

基于专利分析的稀土永磁材料产业发展研究

申 璐

(国家开发银行宁波市分行, 浙江 宁波 315040)

摘要:通过检索并分析全球稀土永磁材料相关专利,发现自 20 世纪 90 年代以来中国逐步成为第一大专利申请国。目前中国在烧结磁体的处理工艺和提升矫顽力、降低成本方面积累了一定的技术优势。但整体存在企业研发能力薄弱、原始积累不足、专利布局能力不强以及专利价值亟待提升等问题。基于此提出了技术创新与专利布局同步发力、发挥产业集聚协同优势以及完善知识产权服务体系等建议,为保障中国稀土产业高质量发展提供参考。

关键词:专利;稀土永磁;产业发展

中图分类号:F124.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)05-0087-05

在稀土的全部下游应用中,稀土永磁材料是门类最大的一支,占据整个稀土下游应用的 40% 以上^[1]。以钕铁硼为代表的稀土永磁材料具有优异的综合磁性能,制成的电机产品符合节能降耗及轻薄微小的技术发展趋势,广泛应用在电子器件以及风力发电、新能源汽车等机械电气领域,推动了一批高端装备不断向小型化和高效化升级。

尽管中国是稀土资源大国,但长期以来中国稀土产业无序发展,稀土资源保有量及保障年限不断下降,低端产品占比较大,稀土资源在全球竞争中并未发挥应有的作用,加快稀土新材料和高端应用产业发展势在必行。

专利作为技术信息的有效载体,蕴藏了全球 90% 以上的最新技术信息^[2]。通过对专利数据的挖掘和分析,能够有效地获得技术和产业整体情况、发展态势和竞争格局相关的情报信息。通过检索全球稀土永磁材料的相关专利,基于专利分析对全球和中国稀土永磁产业整体发展情况、发展特点与存在的问题进行深入研究,并提出了相应的发展建议,为推动中国稀土产业实现高质量发展提供参考。

1 全球稀土永磁产业发展总体情况

1.1 稀土永磁材料技术发展历程

20 世纪 60 年代末,飞利浦和 GE 公司率先开展了 M5R 体系稀土永磁材料研究,其代表产品为 SmCo5。钐系永磁的诞生具有划时代的意义,由于具有较好的剩磁和矫顽力特性,成为第一个能够商

业化使用的稀土永磁材料。

随后通用汽车、布朗博瑞、东电化、日立金属、住友特种金属等企业先后进入这一领域,在 M5R 体系的基础上进一步开发出了 M17R2 体系(代表产品 Sm2Co17)稀土永磁。1977 年,日本东电化公司 Ojima 等通过对 M17R2 体系材料成分的优化设计,找到了含有 Zr、Cu 元素的成分配方,该成分下的永磁体实现了磁性能跨越式增长,使得该材料体系又被称作第二代钕钴永磁材料。

由于金属元素 Co 价格昂贵且有毒,对 Fe 系新型稀土永磁的探索成为全球关注的热点。1982 年,日本住友特殊金属公司的佐川真人发现了新的 R-Fe-B 永磁体系并申请了相关专利,在全世界范围内引领了第三代稀土永磁的研究热潮。到 20 世纪 90 年代末,通过成分设计和工艺探索,钕铁硼体系稀土永磁的性能不断提升,综合磁能积由 80 年代初的 20 MGoe 提升至 50MGoe,成为迄今为止综合磁性能最好的永磁材料。

进入 21 世纪以来,围绕进一步提升磁能积、提高磁体矫顽力和居里温度、降低重稀土用量和整体成本等目标,先后开发出了晶界扩散、磁体纳米化、双相复合、间隙型化合物磁体等技术,推动着稀土永磁技术不断前进。

1.2 全球稀土永磁材料产业发展情况

图 1 是稀土永磁材料全球专利申请时序图,自 20 世纪 60 年代末第一代钕钴体系专利申请以来,全球稀土永磁材料技术在 80 年代逐步兴起并经历

收稿日期:2022-10-13

作者简介:申璐(1988—),男,河南新乡人,国家开发银行宁波市分行,高级工程师,工学博士,研究方向为产业发展、风险管理。

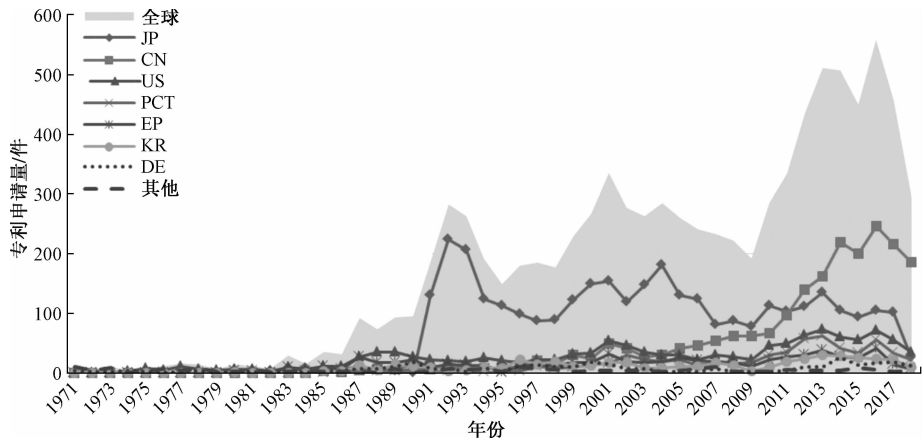


图 1 1971—2017 年全球稀土永磁材料专利申请量

3 个专利申请高潮,分别为 20 世纪 80 年代末 90 年代初、2001—2005 年以及 2011—2016 年,平均每 10 年经历一次专利申请高峰。

中国、日本和美国为稀土永磁相关技术的主要专利申请国,20 世纪 90 年代以来,三国的专利申请量分别占全部专利申请量的 26%、40%和 12%。日本自 20 世纪 70 年代起不断发力并主导了第一和第二次专利申请高潮,但进入 21 世纪以后专利申请量呈现整体下滑趋势;中国自 2000 年以后专利申请量不断提高,并在 2011 年后大幅跃升成为全球第一大专利申请国。从申请人来看,全球稀土永磁材料专利呈现高度集中态势,前十大专利申请人均为日本企业,东电化和日立金属两家公司各自占到全球专利申请量的 10%左右。

专利主体-专利数量二维关系图可以有效描绘技术领域发展情况,提供产业演进路径的更多细节信息,是评估技术生命周期的重要方法之一^[3]。从图 2 来看,1987 年以前,稀土永磁材料产业在全球范围内处于上升期,专利数量和申请人数双双增加。1987—2010 年的 20 余年间,全球专利申请数量和申请主体数量呈现减少-增加-减少-再增加的多重螺旋结构(1990—1995 年专利申请数量总体收缩较快,而专利申请人先略增后减少;1996—2001 年专利申请人基本稳定,专利申请数量再次略有增加,2002—2009 年专利申请量和申请人数呈现先减后增的 U 型变化),这一无规则的多重螺旋表明行业整体进入深度调整期。

20 世纪 90 年代以来,稀土产业在全球范围内发生转移并引发产业结构调整。一方面随着国内突破稀土“串级萃取”技术^[4],使得稀土生产成本大幅降低,全球稀土产业中心不断向国内转移,中国成为全球第一大稀土生产国;另一方面,全球金融

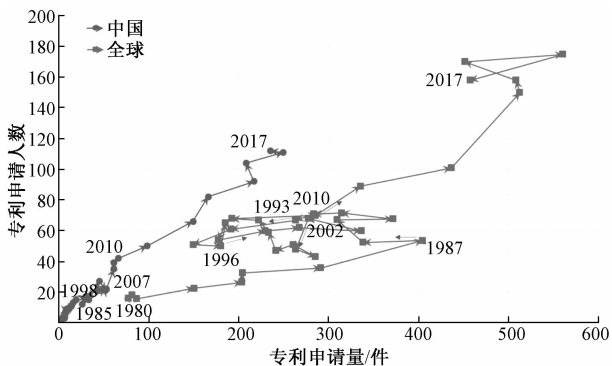


图 2 中国和全球稀土永磁材料技术生命周期曲线

危机后,中国的资源优势 and 低成本劳动力优势使得全球稀土产业进一步向国内转移。全球产业调整转移的同时,国内稀土产业开始逐步成型,技术研发不断积累,企业数量在 2007 年以后快速增长。2010 年以后,国内专利申请量和申请人数均保持高速增长态势,且全球数据曲线基本由国内贡献,表明随着全球产业调整结束,国内成为全球稀土永磁主产地,同时随着下游风力发电、节能电器和新能源汽车等领域需求的增长,稀土永磁材料产业再次快速发展。

2 中国稀土永磁产业发展现状及存在的主要问题

2.1 发展现状

尽管 20 世纪 80 年代初国际上已经研发出了两代钕钴永磁,但由于钴元素价格昂贵,相较于铁氧体永磁尚不具备明显竞争力,中国稀土永磁产业规模尚小。随着第三代钕铁硼永磁的出现,1985 年以后中国稀土永磁企业才开始大量涌现。目前中国已经形成了完整的稀土永磁工业体系,并成为世界最大的生产国。截至 2020 年,中国稀土永磁材料产业总产值约 800 亿元,产量约 19.62 万 t,占全球磁

材产量的 90.25%。

表 1 显示,从品种上看,中国稀土永磁专利主要围绕钕铁硼体系,占全部品种的 80%左右,另有少量钐钴、钕铁氮和其他高丰度稀土永磁体系。从制造工艺来看,专利以烧结工艺为主,黏结工艺其次,热压/热变形方面专利仅占 4.0%左右。

表 1 中国稀土永磁专利结构占比

工艺	占比/%	成分品种	占比/%
烧结	77.8	RE-铁-硼	79.5
黏结	18.2	RE-铁-氮	5.1
热压/热变形	4.0	钐钴	4.2
		高峰期稀土体系	1.1

从技术侧重点来看(图 3),中日两国在磁体的处理工艺方面专利数量大致相同,但日本在成分设计方面的专利远多于中国,微结构设计方面也领先中国。相对而言,成分与微结构设计方面更加基础,也需要更多的原始积累和研发投入,专利相比处理工艺方面具有更强的保护力度。从产品功效来看,国内在提升矫顽力和降低成本方面的专利远多于日本,而在产品耐腐蚀方面的技术积累则弱于日本,表明国内在提升产品性能、降低成本方面取得了较多成绩。对于钕铁硼永磁而言,随着新能源汽车等技术对电机耐高温性能的需求,提升矫顽力成为稀土永磁的重点方向之一;此外,尽管中国是稀土资源大国,但重稀土 Dy、Tb 等元素储量较少,提升高丰度的 Ce、La 等稀土元素在稀土永磁中的应用,开发低成本稀土永磁技术也是未来的重点发展方向之一。中国在这两个方面专利数量领先于日本,表明尽管中国当前技术积累弱于日本,但产业整体朝着较好的方向发展。

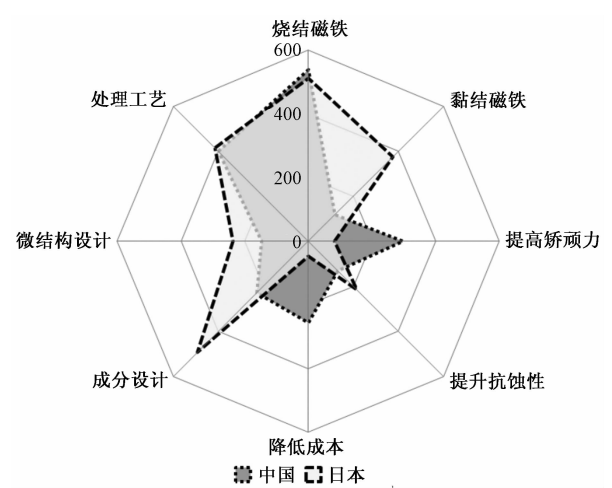


图 3 中日两国稀土永磁技术分布对比

2.2 存在的问题

1)核心专利占比较少,产业整体研发能力薄弱。尽管 2000 年以后中国逐步超越日本成为世界第一大稀土永磁专利申请国,但国内 33.6%的专利为国外企业在华申请。国内平均仅 8.3%的企业拥有专利技术,且在申请的专利中,实用新型专利占比达 8.6%。相比而言,其他国家稀土永磁专利均以发明专利为主,实用新型专利占比几乎可以忽略不计。此外,日本企业在全球范围内申请了大量的同族扩展专利,并围绕核心专利构筑外围工艺、产品、应用相关的庞大专利网络体系。相比而言,中国稀土永磁企业技术积累和专利保护程度均较为薄弱,产业整体研发能力与全球第一大生产国的地位不符。

2)原始创新积累缺乏,产品销售受制于国外巨头。欧美和日本自 20 世纪 60 年代开始研究稀土永磁材料,至今为止经历了近 60 年的研究积累,掌握了钐钴、钕铁硼两大体系稀土永磁的原始核心专利,在材料成分、制备工艺等方面进行了系统的研究和全面的专利布局,仅日本日立金属公司一家就掌握了全球 10%左右的专利。纵观国内企业专利情况,主要围绕材料的制备、处理工艺开展,材料成分、微结构设计方面的专利较少,大多属于跟随改进型研究。材料技术中,成分是关键核心技术,从专利保护力度而言,工艺技术弱于成分技术,实用新型专利弱于发明专利,因而国内专利整体保护强度较弱。由于国内稀土永磁产品受制于国外企业的成分专利限制,大量产能出口受阻,且受专利保护的大多是高端产品,对中国稀土永磁产业的良性发展产生巨大影响。

3)海外技术布局尚未铺开,国际化战略意识不强。由于日本本土市场较小,日本企业在申请专利时高度重视全球化战略,在中国、欧美等目标市场国家均申请了家族专利,海外专利与本土专利同步布局是日本企业的重要特征之一。2000 年以来日本海外专利布局占比高达 48.8%,其中信越化学、丰田汽车、日东电工、昭和电工等企业的海外专利布局数量达到了专利总申请量的 60%以上。相比而言,国内海外专利布局开展较晚,专利布局国家较少,海外专利申请量仅占全部专利的 16.1%。中国第一个海外专利申请于 1993 年(US 5466307 A),此后整个 2000—2010 年仅有零星海外专利申请,2010 年后国内企业陆续开始重视国际化战略,海外专利申请才开始发力。作为全球第一大稀土磁材

生产国和出口国,整体来看国内企业海外技术布局尚未全面铺开,如果不进一步加强国际化战略意识,尽早研究开展海外知识产权布局,则在未来的国际市场竞争中必将处处受制于日本企业。

4)知识产权应用尚不显著,专利价值有待提升。从专利应用角度来看,一方面,专利构成专利权人的技术护城河,在申请区域内具有排他性从而保护申请人的利益;但另一方面,专利作为公开的技术文本,除限制竞争对手,保护自身权益外,还可以通过授权、转让等方式进一步扩大自身利益。以专利许可为例,在检索出的许可记录中,78%是日立金属等日本企业向国内企业的授权,日立公司通过向国内企业专利授权收取高额的专利费用,是专利价值充分发挥的典型案例。相比而言,由于国内企业长期知识产权意识不强,无法形成对抗性或防御性的专利体系,从而导致交叉授权等策略难以运用,专利的组合效应和价值无法得到充分发挥。尽管长期以来中国大力提倡应用知识产权质押担保扩大融资,但就稀土永磁产业而言,应用专利权质押获得融资的比例仅为全部国内申请人申请量的0.3%,提升中国稀土永磁专利价值和应用任重道远。

3 相关建议

1)抓紧行业发展机遇,技术创新与专利布局同步发力。尽管欧、美、日等地区企业拥有稀土永磁的原始技术,但发明专利保护期限仅有20年。进入21世纪以后,原始专利的陆续失效为中国稀土永磁发展提供了难逢机遇,国内稀土永磁企业应紧抓这一机遇。一方面加强研发投入和积累,以稀土资源综合利用为切入点,着力突破新型磁体成分、微结构设计和传统磁体性能提升工艺方面的核心技术;另一方面成立知识产权战略部门,深入挖掘研究竞争对手的技术特征和专利布局情况,分析产业链中的专利空白或薄弱环节,加快构建以核心技术为基础、以工艺设备为延伸、以产品应用为外围的全方位专利组合策略和保护体系。通过技术创新与专利布局双翼齐飞同步发力,确保在国际竞争中保持领先地位。

2)加快产业兼并重组,提升产业国际竞争力。政策层面,除加大关停力度减少低端无效产能之外,还应大力支持行业龙头企业兼并重组,提升行业整体资源运营效率和国际竞争力。以日立金属为例,2003年,日立金属收购住友特殊金属公司(收购后更名NEOMAX)并拥有了其全部专利,使得日

立金属成为名副其实的全球第一大稀土永磁生产企业。2018年,日立金属进一步收购日本三德公司(日本著名的稀土高技术公司),不断将产业链向稀土资源上游拓展,增强其稀土原料控制能力和稀土资源综合利用能力。为了摆脱中国作为稀土资源大国但资源综合利用能力不强、产品附加值不高等情况,必须加大支持力度,进一步推动产业兼并重组,支持龙头企业纵向一体化拓展,例如稀土开采、加工企业向下游高附加值材料领域拓展,稀土永磁生产企业向下游高端节能电机领域拓展,不断提高产业集中度,提升产品附加值和企业整体价值水平,提高龙头企业在国际市场的竞争力。

3)发挥产业集聚协同优势,促进产业迈向价值链中高端。产业集群能够促进区域内企业分工合作,减少上下游企业物流和交易成本,促进技术、信息的传播交流,推动集群整体效率提升^[5]。以宁波市为例,宁波不仅是国际著名的钕铁硼生产基地,同时拥有永磁电机相关企业上百家,规模以上装备制造业企业近4000家,为下游高端电机的开发应用提供了广阔的市场。依托这一优势,宁波市形成了较为完备的稀土磁性材料-磁性元器件与电机-高端装备等终端产品的产业链。推动产业集群发展方面,宁波市一是构建以企业为主体、高校院所为支撑的产学研区域协同创新体系,中科院宁波材料所围绕地方经济发展需求设立专门的磁性材料事业部,为区域磁性材料产业发展培育输送高端人才和技术;二是成立服务于区域磁性产业发展的国家磁性材料产业计量测试中心,整合测试设备和资源,制定技术规范和测量标准,为区域相关企业提供从原材料到产品的检测和科技服务;三是成立浙江省磁性材料应用技术制造业创新中心,通过整合区域内现有研发及产业化资源,开展关键共性技术和产业前沿研究,加快技术转移转化和项目前期培育,推动发展高端磁性产业集群。国内稀土永磁产业发展可以借鉴宁波模式,根据各地资源禀赋和区位优势,通过谋划产业集聚推动集群式发展,构建稀土资源-先进材料-高端装备产业链和创新链,提升稀土资源综合利用能力,延伸整体价值链。

4)发挥行业协会作用,强化企业协作互利。尽管全球生产中心已经转移至国内,但国外巨头凭借其在稀土永磁领域的原始成分专利和强大的专利布局网络对竞争对手进行全方位限制。早在1998年,日本住友公司联合美国麦格昆磁公司就其拥有的6件专利在美国提起“337调查”,由于中国企业长

期缺乏对国际贸易游戏规则的了解,也没有积极应对的意识,涉案的两家中国企业并未应诉,最终美国国际贸易委员会给出“普遍排除令”,使得违反相关专利的钕铁硼产品不得销售到美国^[6]。在此形势下,5家企业通过支付专利费和出口抽成费方式取得了其专利授权。2012年相关专利即将到期前,日立金属又通过其布局的4个工艺专利掀起新一轮的“337调查”,并与应诉的3家中国企业以专利授权和解方式收场^[6]。与此同时,7家未获授权的稀土永磁企业则自发组成“稀土永磁产业技术创新战略联盟”在美发起反击,并在国内也对日立金属提起了反垄断诉讼,最终日立金属的两项美国专利被宣布无效^[7],国内企业组建产业联盟共同抗击国外巨头的方式收效显著。面对如日立公司这样的国际巨头,相比于企业“单兵作战”,协会、联盟等企业联合体加上专业的专家和律师团队才能进行有效抗衡。当前国内企业在面对国际巨头的竞争中,必须加强知识产权合作,协调业内企业合作互利,共同梳理国际专利信息,提出规避建议,降低产品海外专利风险,提高国内企业的知识产权运用和管理水平,从而保障国内企业整体利益最大化。

5)完善知识产权服务体系,提升专利运用水平。由于国内长期知识产权意识淡薄,加上维权诉讼成本较高、效率较低,导致专利运用整体水平不高,专利对创新驱动发展的支撑保障和引导作用尚未充分发挥。为破解这一难题,需要进一步加大大社会知识产权保护意识,完善保障服务体系,多措并举强化知识产权创造、保护、运用,促进知识产权与创新资源、金融资本、产业发展有效融合。一是

进一步提升专利质量。专利质量是专利保障和应用的基础,因此除加大科技投入之外,还应通过专业教育、公共培训等方式培育一批既懂技术又具有较高知识产权技能的人才为企业所用,从源头提升专利质量。二是加大知识产权保障力度。加快推进知识产权保护体系和信用体系建设,加大专利侵权执法力度,建立失信主体联合惩戒机制,支持产业联盟协调解决对产业有重大影响的国际知识产权纠纷。三是构建全方位、多层次的知识产权服务体系。完善公共知识产权信息检索和分析系统,制定可以量化的知识产权估值标准体系,建设地方知识产权运营公共服务平台和交易中心,简化质押融资登记服务和开放许可流程,拓展基于知识产权的融资渠道,推广政银保三方风险共担的知识产权融资模式,破解金融机构对知识产权估值难、处置难、变现难的困局。

参考文献

[1] 胡伯平,饶晓雷,王亦忠. 稀土永磁材料[M]. 北京:冶金工业出版社,2017.

[2] 马天旗. 专利分析:检索、可视化与报告撰写[M]. 北京:知识产权出版社,2019.

[3] 李春燕. 基于专利信息分析的技术生命周期判断方法[J]. 现代情报,2012, 32(2):98-101.

[4] 徐光宪,李标国,严纯华. 串级萃取理论的进展及其在稀土工艺中的应用[J]. 稀土,1985(1):58-69.

[5] 陈柳钦. 产业集群与产业竞争力[J]. 产业经济评论,2005(2):15-23.

[6] 李文龙,王旭. 本专利壁垒制约中国稀土永磁材料出口的实证分析[J]. 稀土,2018(5):151-158.

[7] 赵振军. 稀土:诉讼胜利后的思考[J]. 中国有色金属,2016(7):48-49.

The Development of Rare Earth Permanent Magnet Industry Based on Patent Analysis

SHEN Lu

(China Development Bank Ningbo Branch, Ningbo 315040, Zhejiang, China)

Abstract: By retrieving and analyzing the global rare earth permanent magnet related patents, it is found that since the 90s of the 20th century, China has gradually become the largest patent applicant country. At present, China has accumulated certain technical advantages in magnets sinter process, coercivity improving and cost reduction. However, China has problems such as weak overall research and development capabilities, insufficient core technologies, weak international vision and patent layout capabilities, and urgency in patent value improvement. Based on this, suggestions are put forward such as synchronous development of technological innovation and patent layout, giving full play to the synergistic advantages of industrial agglomeration, and improving the intellectual property service system, so as to provide a reference for ensuring the high-quality development of China's rare earth industry.

Keywords: patent; rare earth permanent magnet; industry development