

磁浮列车超导磁体技术专利布局分析

杨 姝¹ 王树宾² 杜洪军¹ 王淑敏³

(1. 中车长春轨道客车股份有限公司科技管理部, 130062, 长春; 2. 中车长春轨道客车股份有限公司国家轨道客车工程研究中心, 130062, 长春; 3. 北京集慧智佳知识产权管理咨询股份有限公司, 100080, 北京)

摘 要 **[目的]** 超导磁体是超导电动磁浮列车的核心, 日本、德国、韩国等国对超导磁体的研发已开展了很多年。为促进我国超导电动磁浮列车的进一步研发, 有必要对全球范围内超导磁体专利的地域分布、专利权人分布等进行研究。**[方法]** 以 2001—2022 年 Derwent Innovation Index (德温特专利情报数据库) 和 incoPat 专利数据库检索得到的专利数据为依托, 对超导磁体技术相关数据进行了统计。分析了 2001—2022 年超导磁体专利的年申请数发展情况、超导磁体专利的地域分布情况及超导磁体专利权人拥有的专利数情况。将超导磁体技术细分为 13 个技术分支, 进一步对各技术分支中主要国家、主要专利权人拥有的专利数进行了分析。最后对我国的机构和企业 in 超导磁体专利布局上提出了相关建议。**[结果及结论]** 超导磁体技术呈现多国共发展的趋势。我国已成为了超导磁体技术专利的布局重心, 但国外企业在专利数和核心技术分支 (冷却系统、电流引线、磁体整体结构等) 研发上仍具有一定优势。我国企业应根据国外企业的专利布局策略, 针对性地制定专利布局策略。

关键词 磁浮列车; 超导磁体; 专利布局

中图分类号 TM26⁺5: U266.4

DOI:10.16037/j.1007-869x.2025.02.002

Analysis of Patent Layout for Maglev Train Superconducting Magnet Technology

YANG Shu¹, WANG Shubin², DU Hongjun¹, WANG Shumin³

(1. Science and Technology Management Department, CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China; 2. National Engineering Research Center of Railway Vehicles, CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., 130062, Changchun, China; 3. Iptalent Consulting Co., Ltd., 100080, Beijing, China)

Abstract **[Objective]** Superconducting magnet is the core of superconducting electric maglev trains, and countries such as Japan, Germany, and South Korea have conducted years of research and development in this area. To promote further research and development of superconducting electric maglev trains in China, it is necessary to study the global distribution of patents related to superconducting magnets, including the

geographical distribution and patent holders. **[Method]** Based on patent data retrieved from the Derwent Innovation Index (2001 – 2022) and incoPat patent database, relevant data on superconducting magnet technology are statistically analyzed, including the annual number of patent applications from 2001 to 2022, the geographical distribution of these patents, and the number of patents held by various patent holders. Superconducting magnet technology is further divided into 13 technical subcategories, and an analysis of the main countries and leading patent holders for each subcategory is conducted. Finally, recommendations are provided for Chinese institutions and enterprises on patent layout strategies for superconducting magnets. **[Result & Conclusion]** The development of superconducting magnet technology demonstrates a trend of multi-country progression. China has already become a focal point for patent layout in superconducting magnet technology, although foreign enterprises still hold certain advantages in patent numbers and core technological subcategories (e. g., cooling systems, current leads, overall magnet structure). Chinese enterprises should develop their own strategies targeting the patent layout strategies of foreign enterprises.

Key words maglev train; superconducting magnet; patent layout

1922 年, 德国人赫尔曼·肯佩尔 (Hermann Kemper) 提出了电磁浮原理。20 世纪 60 年代, 德国、日本、美国分别开始研制磁浮铁路。20 世纪 70 年代, 英国、加拿大、前苏联也加入了磁浮铁路的研究行列。但随着时间的推移, 美国、前苏联、加拿大、英国等国先后放弃了对磁浮铁路的研究。20 世纪 80 年代, 我国和韩国加入了磁浮铁路的研究行列。

磁浮是一项具有突破意义的技术, 也是未来轨道交通领域的发展重心。高速磁浮列车是介于轮轨高速列车 (最高运行速度为 350 km/h) 及飞机 (最高运行速度为 800 ~ 1 000 km/h) 之间的一种高速、安全、无污染的交通工具。磁浮列车通过磁力 (磁吸力或磁斥力) 推动, 可实现无接触式悬浮, 克

服传统轮轨结构的摩擦阻碍,因此,磁浮列车具有运行速度快、稳定性高、安全性高、舒适度高等优势。

随着国家对磁浮交通技术发展的大力推进,我国的研发机构和企业对磁浮技术研发的关注度在持续提升。西南交通大学、同济大学、国防科技大学、中铁第四勘察设计院集团有限公司等机构和企业均在积极开展磁浮技术研究,且高度重视该技术的知识产权保护,因此,与磁浮技术相关的知识产权数量逐年增加。

超导磁体是超导电动磁浮列车的核心部件。本文以2001—2022年Derwent Innovation Index(德温特专利情报数据库)和incoPat专利数据库检索得到的专利数据为依托,对超导磁体专利进行检索,分析超导磁体的专利申请趋势,了解超导磁体的专利地域分布,获知超导磁体的技术布局形势,掌握超导磁体领域专利权人的情况,从而辅助我国磁浮研发企业和机构有针对性地制定专利布局策略,提高企业的核心竞争力。

1 超导磁体专利布局情况

超导磁体通常由超导线圈和冷却系统组成。超导线圈通过高电流产生强大的磁场,该磁场与轨道上的电磁铁相互作用,进而实现列车的非接触式悬浮,确保磁浮列车稳定运行。

1.1 超导磁体的专利申请趋势

专利申请趋势在一定程度上反映了技术的发展历程及技术生命周期的具体阶段,并可预测未来一段时间的发展趋势。2001—2022年,超导磁体专利的年申请数如图1所示。

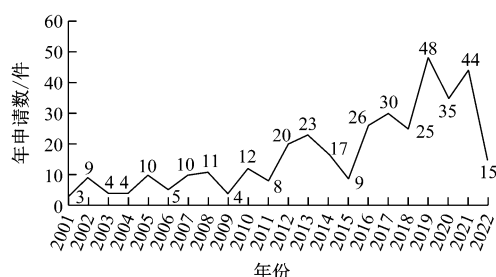


图1 超导磁体专利的年申请数

Fig. 1 Annual number of patent applications for superconducting magnet

如图1所示,超导磁体专利的年申请数呈现波动式增长,2013年、2017年、2019年及2021年为年申请数曲线的峰点。其中:①在2013年及以前,超

导磁体的发展与日本磁浮技术发展密切相关,日本致力于超导磁浮的研发,并于2013年8月再次启动了L0系列新型磁浮列车的试运行,该列车的最高运行速度为500 km/h;②我国在“十三五”“十四五”期间,将发展高速磁浮作为国家重点研发项目,常导和超导研发工作得到迅速发展,相应的超导磁体专利数也随之增加;③2019年和2021年,超导磁体专利的年申请数分别达到了48件和44件,随后年申请数有所回落,这可能与2022年的专利并未完全公开有关。

由图1可以看出,超导磁体相关技术整体呈现较好的发展趋势,并在近几年进入了快速发展阶段。相信随着磁浮列车的快速发展和磁浮试验线商业运营方案的进一步推进,超导磁体技术会越来越趋于成熟。

1.2 超导磁体的专利地域分布

超导磁体的专利地域分布反映了超导磁体技术在不同国家或地区的被关注度。通常只有技术研发较为密集或市场开发潜力较大的地域,专利权人才会重视该国家或地区的专利布局。2001—2022年,主要国家超导磁体专利的地域分布情况为:中国184件,日本79件,美国48件,韩国20件,德国2件,俄罗斯2件,英国1件,奥地利1件,印度1件。

由此可知:中国、日本、美国、韩国、德国、俄罗斯、奥地利、英国、印度等国均为超导磁体技术的目标市场国。其中:①中国的专利申请数最多,其专利申请数约占专利申请总数的49.6%;②日本在超导磁浮列车的研究方面起步较早,并处于持续发展状态,日本在超导磁体技术方向的专利数仅次于中国,其专利申请数约占专利申请总数的21.0%;③美国的专利申请数约占专利申请总数的13.0%;④韩国的专利申请数约占专利申请总数的5.4%;⑤欧洲专利局(以下简称“欧专局”)和WIPO(世界知识产权组织)也有一定数量的超导磁体技术专利申请。

目前,中国已成为了超导磁体技术专利的布局重心,美国、日本和韩国的专利布局紧随其后。总体上看,超导磁体技术呈现多国共发展的趋势。

1.3 超导磁体的专利权人分布情况

实时了解业内超导磁浮研发企业/机构的专利布局情况,是超导磁体专利布局分析中不可或缺的一环。超导磁体专利权人拥有的专利数对比如图2所示。

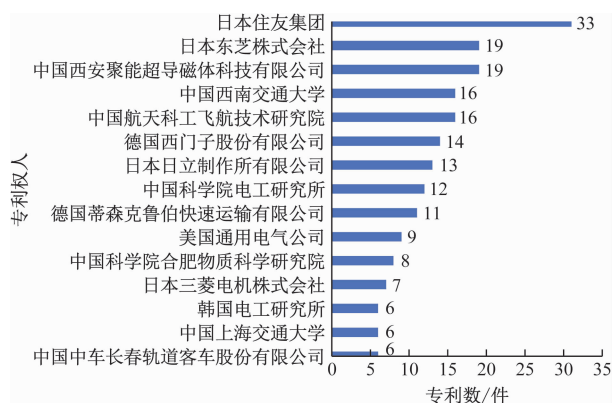


图2 超导磁体专利权人拥有的专利数对比

Fig. 2 Comparison of numbers of patent held by superconducting magnet patent applicants

由图2可知:①超导磁体专利数最多的专利权人是日本住友集团,其专利申请数量达到33件;②其次是日本的东芝株式会社和我国的西安聚能超导磁体科技有限公司,专利申请数量均为19件;③我国超导磁体专利数较多的专利权人有西安聚能超导磁体科技有限公司、西南交通大学及中国航天

科工飞航技术研究院,这3个机构/企业的专利申请数量均小于20件;④德国、韩国等国的企业和研究机构也参与到超导磁体技术的研发中,在超导磁体技术上布局了一定数量的专利。

由图2可以看出,因研发起步较早,日本企业在超导磁浮、超导磁体领域具有较为明显的优势。我国企业虽然对超导磁浮、超导磁体的研究日益重视,但目前的技术研发尚处于起步阶段,各机构/企业应更重视专利的布局,力争在技术上有所突破,并对技术创新进行策略性保护,以提高自身的专利竞争力。

2 超导磁体专利技术分布情况分析

2.1 各主要国家/组织在超导磁体技术发展上的差异性分析

为了清楚地掌握各主要国家/组织超导磁体技术的技术布局情况,本文将超导磁体技术细分为13个分支,对主要国家/组织在各技术分支上获得的专利数进行统计,其结果如表1所示。

表1 主要国家/组织超导磁体各技术分支的专利数统计结果

Tab. 1 Statistics result on patent numbers in various superconducting magnet technological subcategories of major countries and organizations

国家/ 组织	各技术分支的专利数/件												
	超导 线圈	磁体整 体结构	低温 连接	低温 密封	电流 引线	工艺 工装	固氮腔	监控 系统	冷却 系统	线材/ 型材	真空腔	支撑 系统	其他
奥地利	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
德国	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
俄罗斯	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
韩国	0	3	0	1	3	0	0	0	3	0	1	0	9
美国	1	9	2	0	9	0	0	0	9	0	1	2	15
欧专局	0	5	2	0	4	0	0	0	0	0	0	2	6
日本	0	9	5	0	12	0	0	0	19	0	2	4	28
WIPO	0	3	2	0	0	0	2	0	2	0	0	0	5
印度	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
英国	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
中国	10	31	6	0	20	5	0	1	44	1	0	22	44
合计	11	60	17	1	50	5	2	1	79	1	4	30	110

注:“其他”主要包括磁体的设计方法、失超保护装置等技术。

1) 从各技术分支的合计专利数角度分析,磁体整体结构、冷却系统、电流引线和其他这4个分支的专利数最多,属于超导磁体技术专利申请的第一梯队,也是专利布局的重点;支撑系统、低温连接和超

导线圈3个分支布局了一定数量的专利,属于超导磁体技术专利申请的第二梯队;真空腔、固氮腔、低温密封、工艺工装、监控系统等分支的专利布局数相对较少,是专利布局的薄弱点。

2) 我国在磁体整体结构、低温连接、低温密封、电流引线、固氮腔、冷却系统、真空腔、支撑系统等技术分支上均有专利布局。其中,冷却系统、磁体整体结构和其他这 3 个分支在我国超导磁体技术专利数中位居前三位。

3) 其他国家在部分技术分支上有专利布局,各国的专利布局重心有所差异:美国和日本在冷却系统、电流引线、磁体整体结构和其他这 4 个分支上的专利数较多;韩国仅在其他这 1 个分支上的专利数较多,在冷却系统、电流引线和磁体整体结构等分支上的专利数较少;奥地利、德国、俄罗斯、印度、英

国等国在超导磁体技术上的专利数很少,覆盖面窄。

4) 各国申请人在欧专局申请的与超导磁体相关的专利更侧重于磁体整体结构和其他这 2 个技术分支;各国申请人在 WIPO 申请的与超导磁体相关的专利更侧重于其他这 1 个技术分支。

2.2 专利权人超导技术发展差异性分析

为了更加深入地了解超导磁体领域研发的重点和发展方向,本文从专利权人的角度,分析了超导磁体技术的研发情况及专利布局情况,以了解企业专利布局的策略。主要专利权人在各技术分支上的专利数统计结果如表 2 所示。

表 2 主要专利权人在各技术分支上的专利数统计结果

Tab.2 Statistics result on patent numbers held by the main patent applicants in various technological subcategories

专利权人	各技术分支的专利数/件									
	超导线圈	磁体整体结构	低温连接	电流引线	监控系统	工艺工装	冷却系统	真空腔	支撑系统	其他
日本住友集团	0	6	1	6	0	0	4	1	1	14
中国西安聚能超导磁体科技有限公司	4	2	1	1	0	0	4	0	2	5
日本东芝株式会社	0	3	3	3	0	0	2	0	0	8
中国航天科工飞航技术研究院	0	6	0	0	0	0	5	0	4	1
中国西南交通大学	0	2	1	1	0	0	1	0	4	7
德国西门子股份有限公司	0	2	0	6	0	0	3	0	0	3
日本日立制作所有限公司	0	3	0	1	0	0	2	1	2	4
中国科学院电工研究所	2	0	2	1	0	0	3	0	1	4
德国蒂森克鲁伯快速运输有限公司	0	3	2	1	0	0	1	0	2	2
中国科学院合肥物质科学研究院	0	1	0	2	1	0	3	0	1	0
日本三菱电机株式会社	0	1	0	1	0	0	3	0	0	2
中国中车长春轨道客车股份有限公司	0	0	0	0	0	2	4	0	2	2

1) 对于磁浮、超导磁体研究起步较早的住友、东芝、三菱、日立等日系公司,其专利技术普遍集中在磁体整体结构、电流引线、冷却系统及其他这 4 个分支。

2) 我国的高校、研究机构及企业对超导磁体技术研究的关注点各有不同:西安聚能超导磁体科技有限公司的专利技术分布相对较广,多个技术分支均有涉及;中车长春轨道客车股份有限公司的专利技术主要集中在冷却系统上,在磁体整体结构、电流引线等热门的技术分支上尚处于专利空白状态。

3) 从整体情况看,目前全球范围内,低温连接、真空腔、超导线圈、监控系统及工艺工装等技术分支的专利布局尚较为薄弱。我国企业可以结合自

身发展情况,在这些技术分支上寻找突破,也可根据自身专利布局空白点及领域内的专利布局空白点,规划新的专利布局,以进一步提升专利的保护力度,抢占专利申请先机。

3 结语

目前,我国磁浮交通关键技术正处于飞速发展阶段。部分国外企业已在超导磁体的核心技术(如磁体整体结构、电流引线、冷却系统等)上开展了专利技术布局。我国企业在开展超导磁体技术研发的过程中,须持续跟踪世界领先企业,了解其最新技术研发动态,寻求技术突破,并及时规避专利侵权风险。在此基础上,我国企业应拓展研发思路,

知悉自身的专利竞争实力,学习国外先进企业的专利布局策略,结合我国磁浮技术的发展动态及政策导向,开展海内外的专利布局,为市场开拓打下坚实基础。

此外,我国企业还应着重关注专利组合的协同作用,依照技术上的关联性,围绕申请保护的产品或技术,构建超导磁体核心和外围的专利保护集合。通过叠加和互补等方式,打破单个专利在技术、时间保护上的局限性,形成优质专利组合,进一步扩大专利防护体系,增加专利保护力度。

参考文献

- [1] 张娟,赵春发,冯洋,等.超导磁浮列车电动悬浮导向力学特性研究[J].机械,2020,47(9):25.
ZHANG Juan, ZHAO Chunfa, FENG Yang, et al. Study on mechanical characteristics of the electrodynamic levitation and guidance system for the superconducting maglev train[J]. Machinery, 2020, 47(9): 25.
- [2] 马光同,杨文姣,王志涛,等.超导磁浮交通研究进展[J].

华南理工大学学报(自然科学版),2019,47(7):68.

MA Guangtong, YANG Wenjiao, WANG Zhitao, et al. Research development of superconducting maglev transportation[J]. Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), 2019, 47(7): 68.

- [3] 杨明皓.600 km/h 高温超导电动磁浮车载 YBCO 超导磁体设计研究[D].北京:北京交通大学,2021.
YANG Minghao. Design and research of YBCO superconducting magnet for 600 km/h high temperature superconducting electric maglev vehicle[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2021.
- [4] 林琳.日本磁悬浮铁路地面线圈[J].国外铁道车辆,2019,56(4):27.
LIN Lin. Ground coil for maglev railway in Japan[J]. Smart Rail Transit, 2019, 56(4): 27.

·收稿日期:2024-08-05 修回日期:2024-09-05 出版日期:2025-02-10
Received:2024-08-05 Revised:2024-09-05 Published:2025-02-10

·通信作者:杨姝,正高级工程师,Yangshu.ck@crrege.cc

·©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(上接第3页)

轨道交通行业智能制造标准体系进行了研究,构建了轨道交通行业智能制造标准体系框架,并提出了实施与推广建议。通过制定完善的标准体系、加强供应链协同、深化智能制造技术应用等措施,推动轨道交通行业智能制造的深入发展。未来,随着智能制造技术的不断成熟和推广应用,轨道交通行业将迎来更为广阔的发展前景。

参考文献

- [1] 张华,李强.智能制造在轨道交通行业的应用与挑战[J].现代制造工程,2019,37(2):1.
ZHANG Hua, LI Qiang. The application and challenges of intelligent manufacturing in the rail transit[J]. Industry Modern Manufacturing Engineering, 2019, 37(2): 1.
- [2] 王磊,赵敏.轨道交通智能制造标准体系构建研究[J].交通科技,2022,44(3):72.
WANG Lei, ZHAO Min. Research on the construction of intelligent manufacturing standard system for rail transit[J]. Transportation Technology, 2022, 44(3): 72.
- [3] 陈刚,刘洋.智能制造背景下轨道交通装备制造业的发展趋势[J].高技术通信,2021,31(1):82.
CHEN Gang, LIU Yang. The development trend of rail transit equipment manufacturing industry under the background of intelligent manufacturing[J]. High Technology Letters, 2021, 31(1): 82.
- [4] 李明,王涛.轨道交通行业智能制造关键技术研究[J].机械

工程学报,2018,54(10):123.

LI Ming, WANG Tao. Key technologies research of intelligent manufacturing in rail transit industry[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2018, 54(10):123.

- [5] 张伟,杨帆.轨道交通行业智能制造标准体系构建策略[J].标准化研究,2022,37(4):56.
ZHANG Wei, YANG Fan. Strategies for constructing intelligent manufacturing standard system in rail transit industry[J]. Standardization Research, 2022, 37(4): 56.
- [6] 黄志勇,王强.轨道交通行业智能制造发展趋势与对策[J].铁道机车车辆,2019,39(3):78.
HUANG Zhiyong, WANG Qiang. Development trends and countermeasures of intelligent manufacturing in rail transit industry[J]. Railway Rolling Stock, 2019, 39(3): 78.
- [7] 刘强,陈晨.轨道交通行业智能制造标准体系构建与实施策略[J].铁道科学与工程学报,2020,17(2):234.
LIU Qiang, CHEN Chen. Construction and implementation strategy of intelligent manufacturing standard system in rail transit industry[J]. Journal of Railway Science and Engineering, 2020, 17(2): 234.

·收稿日期:2024-08-28 修回日期:2024-09-20 出版日期:2025-02-10
Received:2024-08-28 Revised:2024-09-20 Published:2025-02-10

·通信作者:张晓坤,高级工程师,zxkqueen@163.com

·©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license