

基于专利分析的 AI 芯片与光刻技术竞争态势分析

王佳怡¹, 翟羽涵¹, 黎诚劼¹, 吕拉昌^{1,2}

(1. 首都师范大学资源环境与旅游学院, 北京 100048;

2. 首都师范大学北京城市创新与发展研究中心, 北京 100048)

摘要: 基于 incoPat 专利索引数据库, 从年份、地域、申请单位以及专利价值度 4 个关键维度对全球 AI 芯片和光刻技术的竞争态势进行研究。结果表明: 1990—2023 年, 全球 AI 芯片和光刻技术专利申请呈逐年上升趋势; 中国 AI 芯片和光刻技术在专利申请和专利发明人来源中占据重要地位, 但在申请单位分布和价值度方面, 尚未跻身前列。中国在专利集中度和核心技术竞争力方面与国际先进水平存在差距, 需加强专利布局和技术创新, 以提升在全球竞争中的地位。

关键词: 芯片; 光刻技术; 专利分析; 竞争态势

中图分类号: G306; K901 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)11-0289-11

随着人工智能、物联网、5G 技术等尖端技术领域的快速发展, 对高性能芯片的需求迅速增长^[1]。智能化应用的普及依赖于强大的并行计算能力, 这推动了对定制处理单元需求的激增^[2]。在此背景下, 人工智能(artificial intelligence, AI)芯片技术迅速崛起。中国作为全球最大的芯片市场之一, 发展 AI 芯片对于提升国家科技实力、促进经济发展和保障国家安全等方面具有重要意义^[3]。然而, 西方国家以所谓的“国家安全”为由, 对中国芯片领域进行了技术封锁与限制, 尤其是美国人工智能国家安全委员会(NSCAI)发布了《最终报告: 人工智能》, 强调中国是美国在人工智能技术竞争中的最大威胁; 并试图限制拥有全球最顶尖光刻机技术的荷兰公司(ASML 公司)和日本公司(尼康、佳能)向中国出口半导体制造设备(特别是 EUV 和 ArF 浸没式光刻设备)的“推定拒绝”政策(presumptive denial)。作为后发国家, 中国在 AI 芯片领域仍然面临着核心技术受制于人的困境, 西方发达国家对中国的技术封锁与科技遏制, 企图冲击中国在全球价值链体系中的原有分工格局和贸易体^[4]。因此, 中国要想摆脱当前困境, 实现高水平科技自立自强, 首先是要加强对全球 AI 芯片和光刻技术发展趋势、技术分布情况以及竞争态势的深入分析, 需要对比中国

与其他国家或地区在技术发展上的差异, 认清自身所处情况, 明确优先发展领域, 具有重要的现实意义。

近年来, 关于人工智能(AI)领域的学术研究日益增多, 特别是聚焦于人工智能产业的发展。许多学者深入探讨了人工智能产业的结构布局、发展现状、核心技术以及专利转化情况^[5-8], 并对未来技术发展趋势进行了前瞻性预测^[9-10]。现有研究中, 针对 AI 芯片发展的分析多采用定性研究方法。尹首一等^[11]对当前人工智能芯片的类别、特点、技术路线和市场环境进行了详细分析, 阐述了 AI 芯片所面临的机遇与挑战, 并对未来发展方向提出了展望。商惠敏^[12]则对中国与国际领先水平在各细分领域的技术差距进行了比较, 进一步提出了中国在 AI 芯片领域的战略布局。尹首一等和商惠敏的研究一致认为, 未来的 AI 芯片将朝着更高灵活性、适应性和低功耗的通用智能芯片方向演进。贾夏利和刘小平^[13]在宏观层面对中美两国人工智能政策进行了梳理与分析, 比较了两国的政策战略及国家层面的发展规划; 在微观层面, 从科研、产业发展、人才支撑、硬件基础、市场应用和数据规模 6 个维度, 定性比较了两国在 AI 芯片领域的现状及各自的竞争优势。姜南等^[14]则专注于 AI 芯片专利领

收稿日期: 2024-12-12

基金项目: 国家自然科学基金(41971201)

作者简介: 王佳怡(2000—), 女, 河南洛阳人, 硕士研究生, 研究方向为创新地理与区域发展; 翟羽涵(2001—), 男, 江苏泰州人, 硕士研究生, 研究方向为创新地理与区域发展; 黎诚劼(2001—), 男, 广东广州人, 硕士研究生, 研究方向为创新地理与区域发展; 通信作者吕拉昌(1963—), 男, 陕西凤翔人, 博士, 教授, 博士研究生导师, 研究方向为创新地理、城市地理与区域发展。

域,运用机器学习算法对专利转化的最优路径进行了预测,探讨了全球主要国家和地区 AI 芯片专利转化成功的关键因素。对于 AI 芯片产业的发展现状的研究显示,中国 AI 芯片专利数量已超越美国,跃居全球第一^[13,15]。然而,在专利质量方面,中国 AI 芯片的专利布局主要集中在商业应用领域^[16],而在核心技术领域仍存在较大差距^[17-19],并且在关键技术上仍然依赖美国^[20-22]。这种依赖不仅制约了中国芯片产业的自主发展,也在某种程度上对国家安全构成潜在威胁^[23]。在芯片制造的核心——光刻技术方面,Mark^[24]从光源、抗蚀剂、防护膜等多个角度分析了光刻技术的挑战,但专利角度的研究相对较少。通过文献检索发现,仅有关于光刻机曝光系统中物镜抛光技术^[25]、光刻胶技术^[26]以及光刻技术的识别^[27]、创新网络评估与优化^[28]、技术演化路径依赖^[29]等方面的专利分析,这些研究未能全面反映光刻技术的发展现状。

综上所述,尽管近年来学者们已对 AI 芯片及光刻技术的发展进行了研究,然而存在以下不足:首先,在 AI 芯片和光刻技术领域,对技术发展和竞争态势的分析忽视了专利在技术方面的重要表征作用;其次,学者们多采用定性比较的研究方法,未能更客观地深入探究全球芯片发展态势,缺乏全球角度的 AI 芯片与光刻技术竞争态势的对比分析,而且从复杂整体性视角出发探索和总结全球 AI 芯片及光刻技术发展规律的研究鲜有涉及。鉴于此,本文基于专利视角,按照由复杂到简单和由整体到局部的顺序,从年份、地域、申请单位以及专利价值度 4 个关键维度定量分析全球 AI 芯片和光刻技术的演变趋势、专利布局格局、技术分布情况以及竞争态势。此外,从全球层面出发,比较分析中国与其他国家在技术发展上的差异,为中国摆脱芯片“核芯”技术受制于人的困境提供相关对策和建议。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

专利数据来自 incoPat 专利索引数据库。incoPat 数据库中的专利数据采购自世界各国知识产权官方数据和 DWPI 等商业机构,收录了全球 170 个国家、地区和组织 1.7 亿余项专利信息,具有更新速度快、信息准确等优势。以杨武等^[29]、赵程程和常旭华^[30]所提供的专利检索式为基础,对全球 AI 芯片专利数进行检索,在 AI 芯片专利的基础上再检索核心工艺光刻技术的专利数情况。检索式为(TIAB = brain-like chip OR graphics processing

unit OR video processing unit OR data processing unit OR neural-network processing unit OR image processing unit OR tensor processing unit OR field-programmable gate array OR application specific integrated circuit OR complex programmable logic device OR very large scale integrated circuit) AND ((AD=[19900101 to 20231231]));在 AI 芯片专利的基础上深入研究制造核心工艺光刻技术的专利数情况,检索式为(TIAB=(brain-like chip OR graphics processing unit OR video processing unit OR data processing unit OR neural-network processing unit OR image processing unit OR tensor processing unit OR field-programmable gate array OR application specific integrated circuit OR complex programmable logic device OR very large scale integrated circuit) AND (lithograph OR lithography OR microlithograph OR photolithograph OR photolithography OR stepper OR scanner OR step-and-repeat OR step scan OR mask OR photomask OR lensor resist OR photoresist OR duv OR euv OR extreme ultraviolet) AND (AD=[19900101 TO 20231231])).数据范围为全球范围布局的 AI 芯片及光刻技术发明专利授权、实用新型专利和外观专利,专利检索时间跨度为 1990—2023 年,检索时间为 2024 年 5 月 27 日。

1.2 研究方法

按照由复杂到简单和由整体到局部的顺序,通过年度分布、地域分布、专利申请单位分布和专利申请价值度 4 个部分对全球 AI 芯片以及光刻技术的相关专利进行对比分析,以图表的形式展现统计分析结果。

2 全球 AI 芯片专利分析

2.1 年度分布

自 1990 年以来,全球 AI 芯片的专利公开数量总体上呈现稳步增长的趋势,显示出该技术领域的活力和创新潜力。这一趋势不仅反映了全球科研和工业界对 AI 芯片技术的重视,也预示着 AI 芯片将在未来科技和产业中占据重要地位。专利申请量从 1990 年的 581 件增加到 2023 年的 63 000 项,年均增长速率为 15.3%。AI 芯片各个子大类的专利公开数量呈增长态势(图 1),计算与推算类 AI 芯片和电通信技术类 AI 芯片的专利公开数量在大多数年份位居前两位,分别为 337 156、273 294 项,占总量的 33.8%、27.4%,是推动 AI 芯片技术发展的

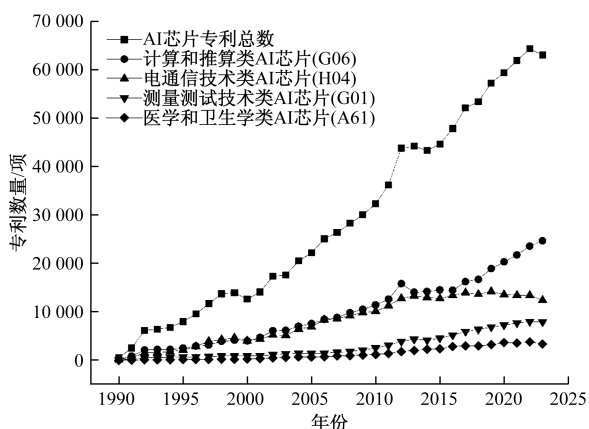


图 1 1990—2023 年 AI 芯片及主要子类全球专利公开数量趋势

主要力量。从 2010 年开始, AI 芯片专利公开数量最多的大类的排名趋于稳定, 主要包括计算和推算类 AI 芯片(G06)、电通信技术类 AI 芯片(H04)、测量测试技术类 AI 芯片(G01)和医学和卫生学类 AI 芯片(A61)。值得注意的是, 医学和卫生学类 AI 芯片虽起步较晚, 但是发展迅速, 近 10 年来申请专利公开数量达共 31 286 项。随着人工智能技术在医疗领域的深度应用, 医学和卫生学类 AI 芯片在疾病诊断、治疗、健康管理等方面展现了巨大的潜力。

2.2 地域分布

根据 1990 年以来主要国家和组织的公开专利数量统计分析(图 2), 可以清晰地呈现 AI 芯片专利市场的布局情况。从国家层面上看, 中国、美国、日本和韩国等国家在 AI 芯片专利市场中占据主导地位, 其专利数量分别占总量的 36.83%、20.99%、19.93%和 11.18%。这些数据不仅反映了各国在 AI 芯片技术研发方面的活跃度和实力, 也揭示了它们在全球科技产业中的竞争地位。中国已成为最

重要的芯片专利申请目的地, 显示了中国在 AI 芯片领域的技术创新能力和市场吸引力。随着国家对科技创新的持续支持和投入, 中国的科研机构和企业 AI 芯片研发方面取得显著进展。与此同时, 作为传统的科技强国, 美国和日本在 AI 芯片专利市场中也保持着强劲的竞争力。这两个国家在芯片技术研发、创新和应用方面积累了丰富的经验, 其专利布局和市场地位依然至关重要。韩国虽然在 AI 芯片专利申请数量上略逊色于中、日、美三国, 但近年来其在科技领域的快速发展和创新能力的提升, 使得其在 AI 芯片市场中也占据了一席之地。从全球角度上看, AI 芯片专利数量集中于东亚地区, 该地区专利总量约占全球的 67.95%。这一趋势不仅反映了东亚地区在市场化、科技产出和知识创新方面的优势, 也预示着该地区在 AI 芯片领域的巨大潜力和广阔市场前景。

AI 芯片专利市场呈现出多元化的特点, 各国和地区在技术研发、创新与应用方面各有优势和特色。随着全球科技产业的快速发展和市场竞争的加剧, AI 芯片领域的技术创新和专利布局成为各国争夺的重点。

基于 AI 芯片专利发明人的主要来源国家分布(图 3), 可以观察到 AI 芯片来源国的研发实力和专利布局情况。首先, 日本在 AI 芯片领域的专利布局尤为突出, 全球 39.84% 的 AI 芯片专利来源于日本, 展示了其在该领域的深厚技术积累和创新能力, 遥遥领先于中国, 体现了日本在 AI 芯片研发方面的绝对优势。中国在 AI 芯片领域的专利数量虽然不及日本, 但仍然占据重要地位。中日两国的专利申请量合计占全球总数的 71.70%, 这一比例足以表明中日两国在 AI 芯片领域的研发实力和市场影响力。韩国和美国分别位居第 3 和第 4, 也是 AI

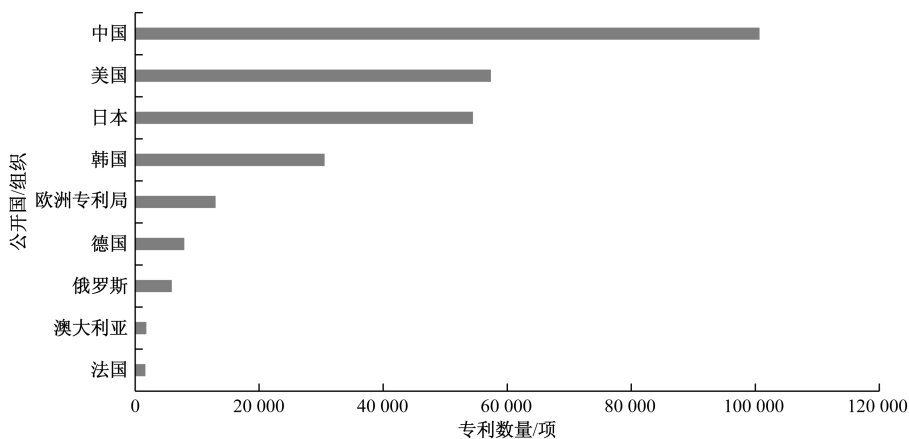


图 2 AI 芯片类专利主要公开国/组织持有数量分布

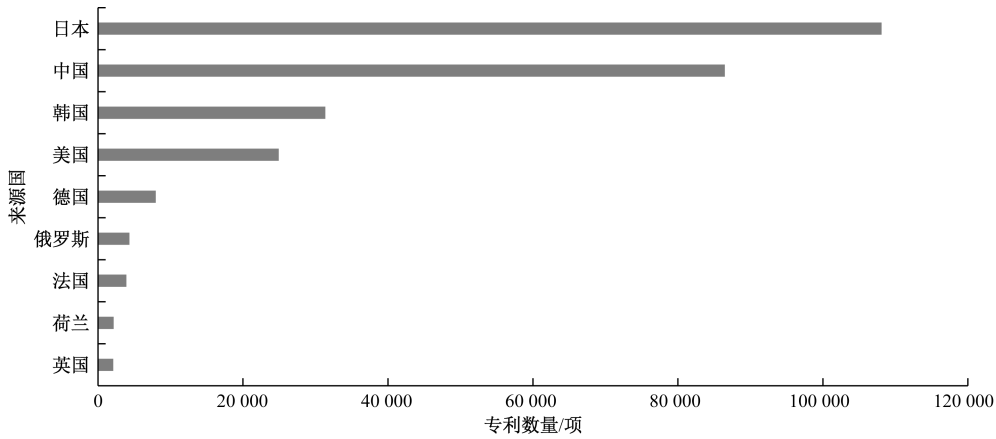


图 3 AI 芯片类专利主要申请来源国空间分布

芯片领域专利主要产出国。通过与各国家/组织专利公开量数据对比可以发现,中国在 AI 芯片领域相较于日本具有一定的市场优势,这可能与中国庞大的市场规模、产业环境和政策支持密切相关。与此同时,日本的众多研究机构和企业积极参与 AI 芯片研发,虽然技术优势明显,但本地市场化略显不足。

通过对全球 AI 芯片主要子大类专利的主要申请来源国进行技术构成分析(图 4),可以清晰地看到各国在 AI 芯片领域的研发重点。首先,计算推算技术类(G06)和电通信技术类(H04)芯片是全球 AI 芯片研发的两大核心领域。这表明,当前 AI 技术发展的主要趋势是提升计算能力和推动通信技术创新,这两项技术成为推动 AI 芯片发展的关键。而计算推算技术类(G06)和测量测试技术类(G01)则是俄罗斯研究的次重心。具体到各国,日本在计算推算技术类和电通信技术类芯片的专利申请量

上均占据了显著的优势。日本在计算推算技术类芯片领域的专利申请量达到了该技术领域主要申请来源国总量的 49.17%,而在电通信技术类芯片领域的专利申请量占据了 50.87%的比例。这一数据充分说明了日本在 AI 芯片领域的强大研发实力和技术创新能力,使其成为这两大核心技术的全球主要技术来源地。中国在 AI 芯片主要子大类专利总量上位列第二,其中推算技术类(G06)和电通信技术类(H04)芯片分别占该技术领域的比例为 21.64%、22.50%,不论是总量还是在推算技术类(G06)和电通信技术类(H04)芯片领域内占比均与日本存在较大差距。此外,韩国和美国等国家在计算推算技术类和电通信技术类芯片领域的专利申请量也占有一定的比例。

各国在 AI 芯片领域的研发重点和技术方向可能有所不同。因此,除了关注专利申请量的多寡,还需要深入分析各国在 AI 芯片技术上的创新点、

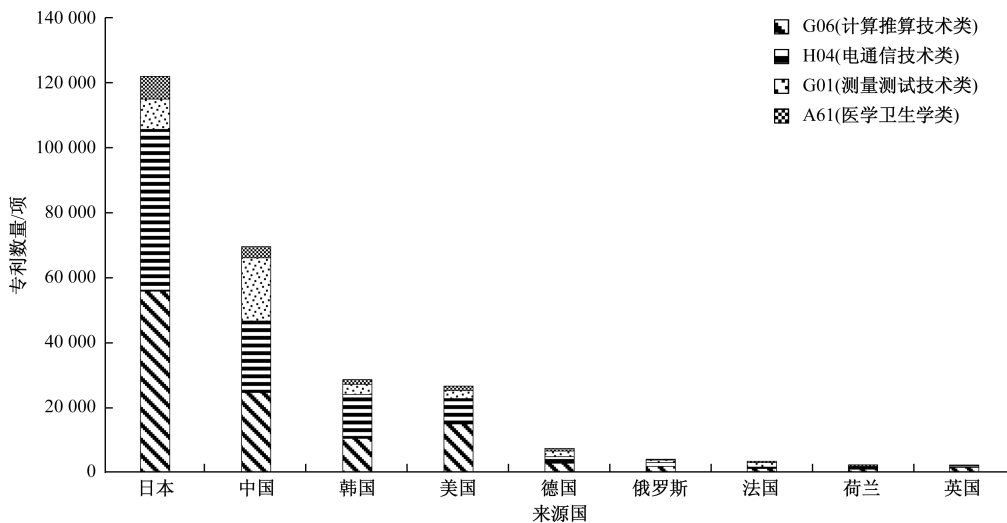


图 4 数量前 4 名子大类 AI 芯片类专利申请来源国持有数量分布

应用场景以及市场前景等方面。这将有助于更加全面地了解全球 AI 芯片技术的发展趋势和竞争格局。

2.3 专利申请单位分布

分析全球 AI 芯片领域的专利申请单位分布情况可以揭示该技术领域的领军者。专利数量是反映技术领域领军者的一个关键指标,通过全球 AI 芯片领域的专利申请情况,可以识别出该领域的主要优势机构(图 5)。全球 AI 芯片领域专利申请量排名前 10 的单位主要集中在日本和韩国,这些单位的专利申请主要集中在本国,很少在其他国家或地区进行布局。日本有 8 家机构进入前 10 名,其中佳能公司以 10 415 项专利位列第 1,索尼公司以 5 769 项专利位列第 2。这显示了日本在 AI 芯片技术领域拥有深厚的专利基础,并投入了大量资源进行研发,取得了显著的技术突破和专利成果。相比之下,韩国也有两家机构进入前 10,分别是三星和乐金公司,其专利数量分别为 4 189 项和 2 121 项,分别位列全球第 3 和第 7。这表明韩国在 AI 芯片领域的专利布局较为活跃,其电子产业在国际市场上具有重要地位,并在 AI 芯片领域取得了一定的优势。值得注意的是,全球 AI 芯片领域排名前 10 的专利申请单位中没有中国的机构,中国在专利集中度和高价值专利布局方面仍需进一步提升。中国需要加大研发投入和创新力度,以便在未来更好地竞争和领导 AI 芯片技术的发展趋势。

进一步分析全球 AI 芯片领域排名前 10 的主要申请单位的申请国/组织分布(图 6),可以发现这些机构在日本、美国和韩国的专利布局数量明显多

于其他国家或组织。其中,日本的专利申请数量最多,这与其在全球 AI 芯片领域前 10 的专利申请单位中占据 8 席的情况相一致。日本的申请单位主要将专利布局集中在本国、美国、欧洲专利局、韩国和德国。值得注意的是,全球 AI 芯片领域排名前 10 的主要申请单位均未在中国进行专利授权。这可能是因为这些申请单位尚未将中国市场视为其战略重点,或者反映了某些国家对中国在 AI 芯片技术上的担忧和限制。可能试图通过限制专利授权来防止中国掌握关键技术。

综上所述,全球 AI 芯片领域的专利布局呈现出以日本为主导、美国和韩国为重要参与者的格局。同时,各国在该领域的竞争日趋激烈,专利布局的多元化趋势日益明显。对于中国企业来说,要在全球 AI 芯片领域取得突破和领先地位,需要加强技术创新和专利申请布局,以应对日益激烈的国际竞争。

2.4 专利申请价值度

专利价值度是通过分析技术稳定性、技术先进性和保护范围等 20 多个参数,对专利进行综合评价得出的指标。研究申请单位的专利价值度评分分布,可以宏观了解其专利质量,从而客观评价其在专利方面的竞争实力。专利价值度的评分范围为 1~10,分数越高,专利价值越大。根据全球 AI 芯片领域的专利申请单位分布情况,选取前 5 名合并同一家单位的不同名称后,分析其专利价值度分值的分布情况(表 1、图 7)。结果显示,日本和韩国的 AI 芯片领域不仅在专利申请数量上领先,而且专利价值度也较高。前 5 名中,日本和韩国分别有

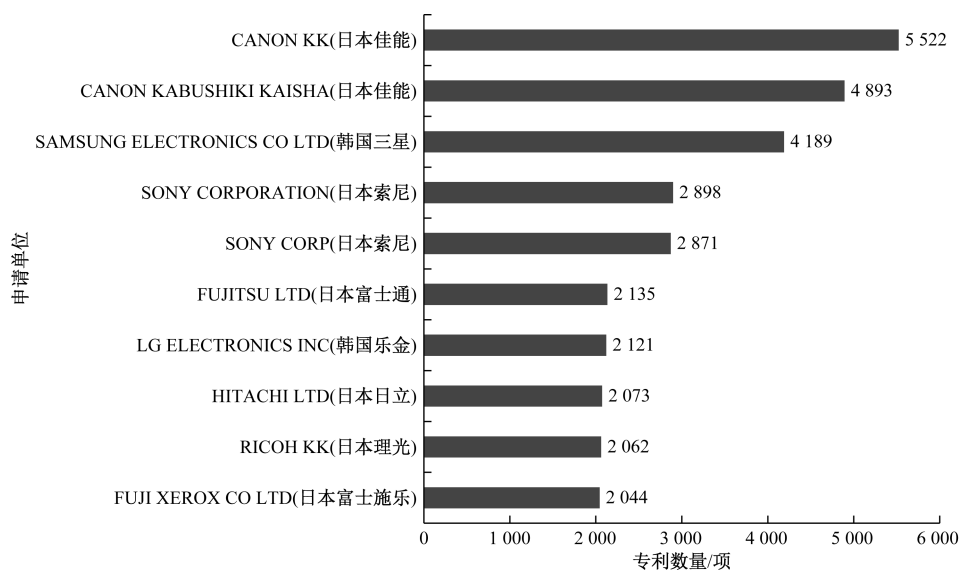


图 5 全球 AI 芯片领域排名前 10 的专利申请单位

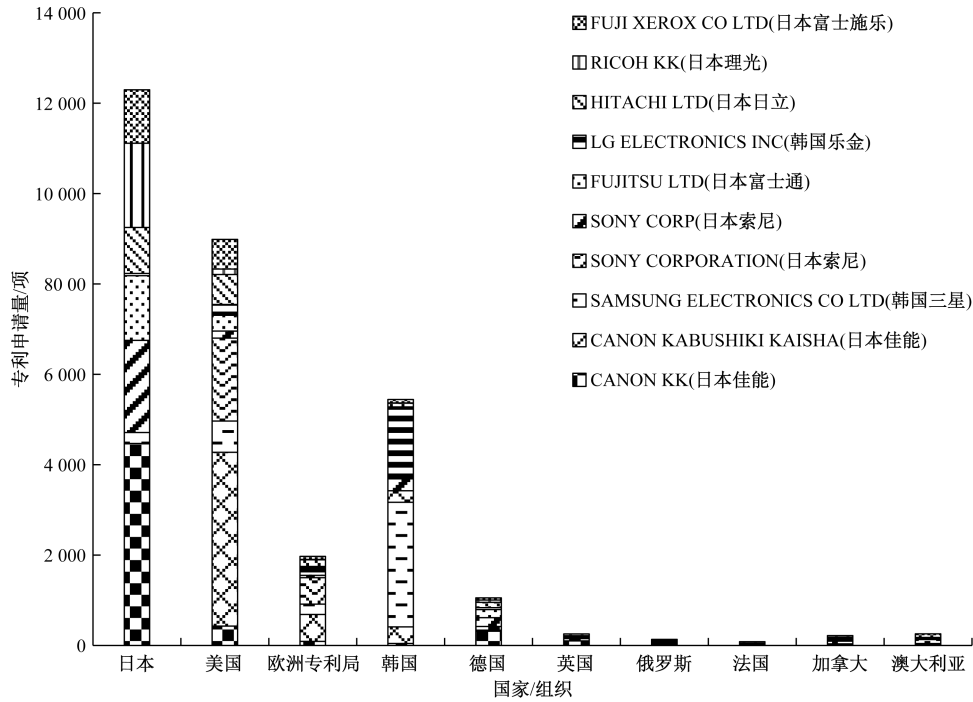


图 6 全球 AI 芯片领域主要申请单位的申请国/组织分布

表 1 AI 芯片专利申请数量及专利价值度排名

专利价值度等级	专利数量/项				
	佳能公司(1)	索尼公司(2)	三星集团(3)	富士通公司(4)	乐金集团(5)
1	2	9	1	0	0
2	1	7	107	1	51
3	25	29	494	18	251
4	80	84	207	29	176
5	56	87	184	23	132
6	274	103	367	193	311
7	740	281	315	285	229
8	1 349	537	360	411	151
9	1 832	835	506	644	170
10	6 056	3 797	1 648	531	650

三家和两家机构入选,其中佳能公司的 AI 芯片专利申请价值度最高。这表明日本和韩国在 AI 芯片领域的专利质量也具有显著优势,进一步巩固了其在全球 AI 芯片领域的领先地位。

3 全球光刻技术专利分析

光刻是一项精密的制造过程,利用特定波长的光进行曝光,通过曝光和显影将光掩膜上的图案转移到光刻胶上。随后,通过刻蚀等工艺将光刻胶上的图案转移到基底上。这一复杂的物理和化学过程是半导体器件和大规模集成电路制造的核心步骤,对于高端芯片等制造行业至关重要。光刻机技术是中国芯片的主要“卡脖子”技术问题^[31]。芯片的制造过程主要受到光刻技术的限制(图 8)。基于芯片专利分析,进一步探讨光刻这一核心技术的专利申请情况。

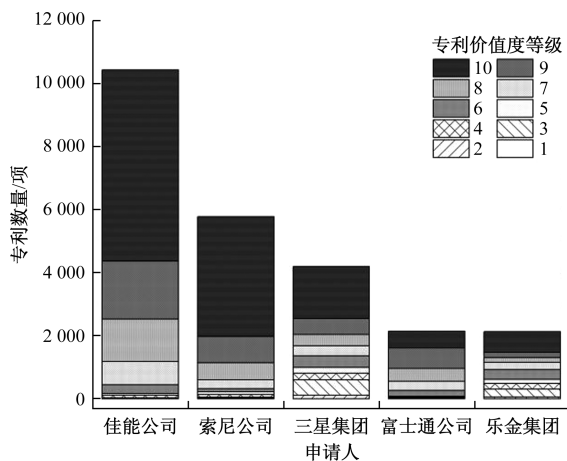


图 7 AI 芯片申请数量及专利价值度排名

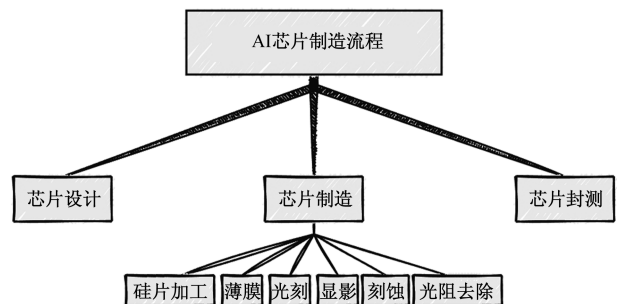


图 8 芯片制造流程

3.1 光刻技术专利年份分析

光刻技术作为 AI 芯片制造中的关键环节,其对芯片性能的提升具有决定性作用。光刻技术的专利公开申请量为 16 037 件,占 AI 芯片申请专利总数量的 1.61%,这一比例虽然看似不高,但考虑到 AI 芯片技术的复杂性和专利申请的严格性,这一数字已经足以说明光刻技术在 AI 芯片领域中的活跃度和重要性。具体来看,计算和推算类 AI 芯片(G06)与电通信技术类 AI 芯片(H04)占光刻技术相关 AI 芯片的 60%(图 9),显示出这两类芯片在光刻技术应用上的广泛性和对技术发展的推动作用。

从时间趋势分析,光刻技术主要子大类专利申请数量呈波动上升态势。这表明随着科技发展和市场需求的扩大,光刻技术在 AI 芯片领域的研究和应用不断深入,同时也面临着复杂性和挑战性,需要持续研发创新来适应市场和技术的变化。

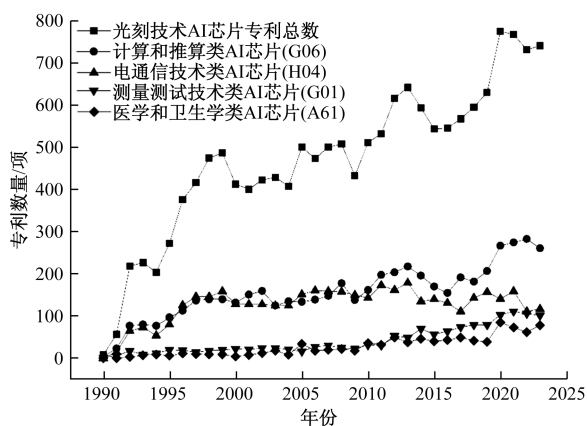


图 9 1990—2023 年 AI 芯片光刻技术及主要子大类全球专利公开数量趋势

3.2 光刻技术地域分析

根据 1990 年以来的统计数据,各国家和地区的公开光刻技术类专利数目呈现出显著的差异(图 10)。日本在该领域的专利申请量位居榜首,占总量的 25.17%,凸显了其深厚的研发底蕴与创新能力的。中国紧随其后,占比 23.24%。美国则以 22.91% 的专利数量位列第 3,显示出在光刻技术领域快速崛起的态势。尽管中国在全球 AI 芯片专利市场中占据一定地位,但在光刻技术这一核心关键领域,仍与日本和美国存在一定差距。中国在光刻技术领域仍需持续加大研发力度,提升自主创新能力,以缩小与国际先进水平的差距,以防被人“卡脖子”。韩国以 15.85% 的专利份额位列第 4。

从全球范围来看,光刻技术专利主要集中于东

亚地区,占比高达 64.26%,与 AI 芯片专利的全球空间分布相契合,但光刻技术专利市场的重心更偏向日本。这可能源于日本在光刻技术领域的早期起步和丰富的技术积累,使其在全球市场中占据重要地位。此外,欧洲专利局(EPO)和世界知识产权组织在推动光刻技术发展方面也发挥了重要作用。这些国际机构为全球范围内的企业和研究机构提供了专利保护和合作平台,促进了光刻技术的传播、应用及国际交流与合作。

从光刻技术专利发明人的来源国家持有数量分布分析(图 11),日本是 AI 芯片光刻技术领域专利最大的技术来源国,专利数量占光刻技术专利总量的 45.82%,在专利数量上具有绝对优势。通过与各国家专利公开量数据对比可以发现,日本不仅积极研发 AI 芯片的光刻技术,而且本地市场化优势逐渐明显。相比于 AI 芯片专利发明人来源国数量分布,中国在光刻技术上的专利数量与日本的差距进一步拉大。

对全球主要子大类 AI 芯片光刻技术专利主要申请来源国家进行技术构成分析(图 12)可知,光刻技术专利申请量排名前 9 的国家大多集中在计算推算技术类(G06)芯片领域,其中日本以 2413 项专利位居榜首,其在计算推算技术类(G06)和电通信技术类(H04)芯片的专利申请量分别占该技术领域总量的 51.20%、67.66%,这凸显了日本在全球光刻

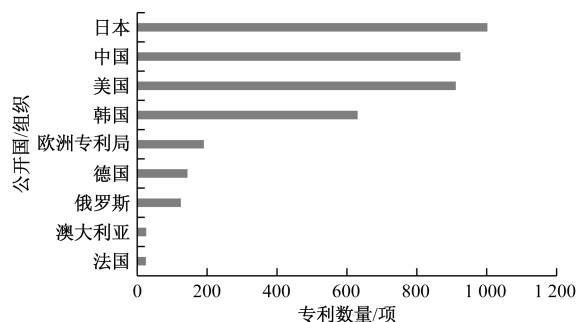


图 10 光刻技术类专利主要公开国/组织持有数量分布

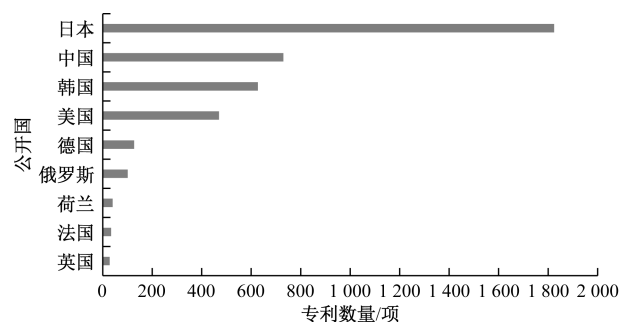


图 11 光刻技术类专利主要申请来源国空间分布

技术价值链中的核心地位。中国以 611 项专利位列第 2,其在计算推算技术类(G06)和电通信技术类(H04)芯片技术领域占比分别为 14.20%、10.24%,与日本仍有较大差距,韩国和美国分别以 524 项和 482 项专利位列第 3 和第 4。从各国关注的技术领域来看,日本、中国、韩国和法国侧重于计算推算技术类(G06)和电通信技术类(H04)芯片;美国、德国和俄罗斯则更关注计算推算技术类(G06)和测量测试技术类(G01)芯片;荷兰的关注点在于计算推算技术类(G06)和电技术全息摄影类(G03)芯片。这些国家的参与丰富了全球光刻技术领域的竞争格局,推动了技术的交流与进步。尽管部分国家的专利数量相对较少,但它们在光刻技术领域仍具有重要的影响力和潜力,或许凭借某项关键核心技术,在全球价值链中占据高端位置。

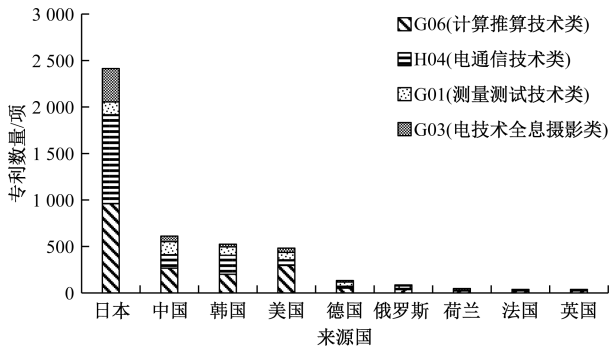


图 12 数量前 4 名子大类 AI 芯片光刻技术类专利主要申请来源国持有数量分布

3.3 光刻技术主要申请单位分析

日本和韩国占据了全球光刻技术专利申请单

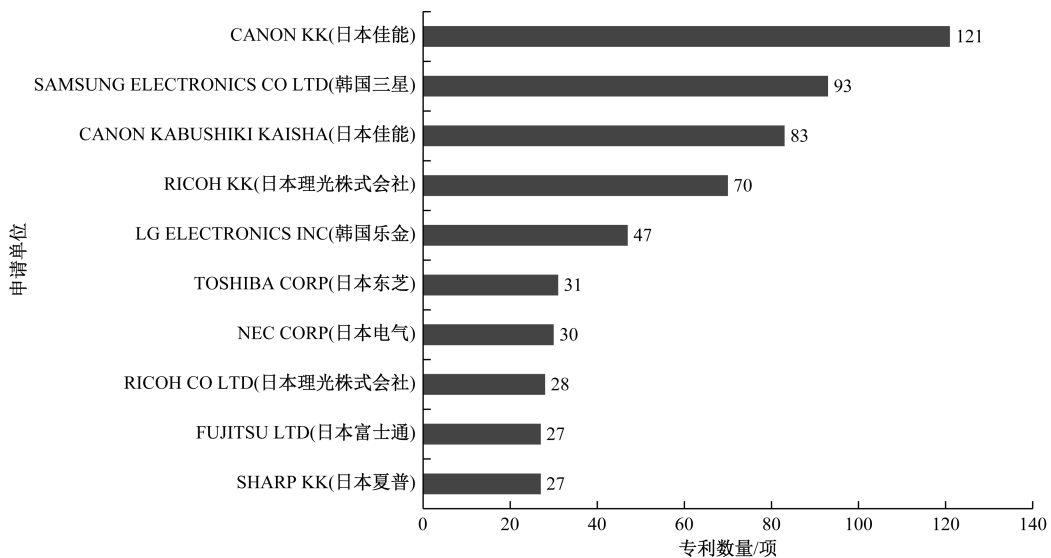


图 13 全球光刻技术排名前 10 的专利申请单位

位前 10 名的席位(图 13),这与上文全球 AI 芯片领域排名前 10 的专利申请单位结果相似,显示出这两个国家在 AI 芯片及其关键核心技术——光刻技术方面的强大实力。光刻技术领域的专利主要集中在少数几家企业中,日本有 8 家机构进入前 10。佳能、理光、东芝、日本电气、富士通和夏普等日本公司共占据了前 10 名中的 7 个席位。佳能公司的专利数量明显领先,表明其在光刻技术领域具有明显的技术优势。韩国有 2 家机构进入前 10,分别是三星和乐金公司,且分别以 93 项和 47 项专利位列第 2 名和第 5 名,显示出韩国在该领域的积极布局和技术竞争力。与 AI 芯片领域类似,中国企业在光刻技术领域同样未能进入前 10,这表明中国在这一关键技术领域仍需加大研发投入和专利布局。

基于全球 AI 光刻技术领域排名前 10 的主要申请单位的申请国/组织分布(图 14),日本在该领域占据主导地位,拥有多家具有影响力的企业。全球 AI 光刻技术领域的专利布局呈现出以日本为主导、美国和韩国为重要参与者的格局。与全球 AI 芯片领域相比,AI 光刻技术领域的专利布局更加集中。这主要是因为光刻技术在 AI 芯片研发过程中是关键核心技术,其技术门槛较高,需要高度的专业性和创新性。因此,掌握关键核心技术的少数单位在该领域拥有较大的话语权,使得专利布局集中于少数几个国家和企业。

3.4 光刻技术专利价值度分析

在 AI 芯片领域中检索与光刻技术相关的专利价值度,标准化申请单位之后,根据表 2 和图 15 分

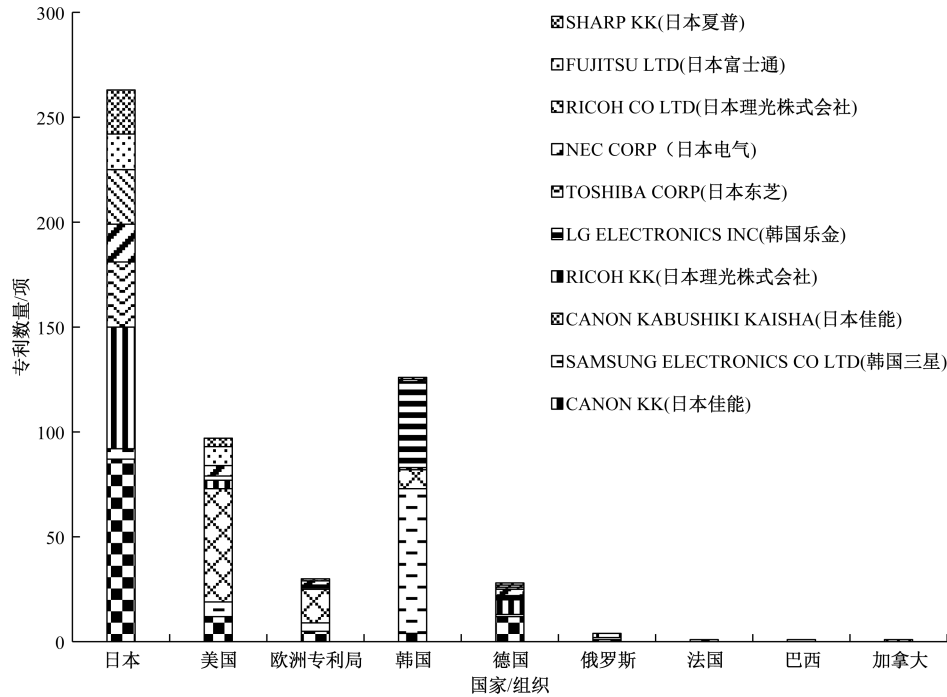


图 14 光刻技术主要申请单位的申请国/组织分布

表 2 AI 芯片光刻技术申请专利数量及专利价值度排名

专利价值度等级	专利数量/项				
	佳能公司(1)	索尼公司(2)	三星集团(3)	富士通公司(4)	乐金集团(5)
1	0	0	0	0	0
2	0	0	1	2	0
3	0	7	28	4	1
4	3	7	4	5	0
5	41	3	7	7	1
6	18	20	12	8	3
7	28	19	5	4	9
8	29	17	8	4	8
9	36	16	11	2	7
10	107	9	17	11	25

析,专利价值度排名前 5 的申请单位分别是佳能公司、理光公司、三星公司、乐金集团、东芝公司。这 5 名申请单位分别隶属于日本和韩国,日本是光刻技术专利申请数量最多、申请价值最高的国家,其中佳能公司有 107 项专利的价值度达到了 10 级,7 级以上专利价值度的专利数目也处于领先地位。韩国企业三星集团和乐金集团作为韩国光刻技术领域的代表企业,其专利价值度也进入了前 5 名。尽管中国在光刻技术专利的数量上取得了一定的进展,但在专利价值度的综合评价中尚未进入前 10 名。这表明中国在光刻技术的质量和水平方面仍需进一步提升,以缩小与日本和韩国等国家的差距。为了在全球 AI 芯片产业链中提升地位,中国需要在关键核心技术上实现突破,提高专利质量和创新水平。

4 结论和讨论

4.1 结论

梳理并选择近 30 多年来 AI 芯片申请数量的年份变化、地域分布、申请单位分布及专利价值度 4 个维度进行分析,然后选取光刻技术这一 AI 芯片领域中的核心部分进行探讨,得到以下结论。

(1)近 30 多年来,全球 AI 芯片专利申请公开数量呈上升态势,其中计算和推算类 AI 芯片、电通信技术类 AI 芯片这类芯片占比很大,测量测试技术类和医学卫生学类芯片发展势头迅猛,成为备受

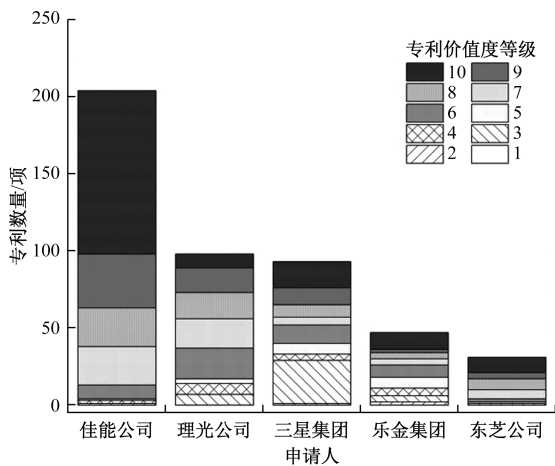


图 15 AI 芯片光刻技术申请专利数量及专利价值度排名

关注的领域。从地域分布来看,中国、美国、日本和韩国是AI芯片专利申请的主要公开国,中国更是位居榜首,成为最重要的芯片专利申请地。在芯片专利发明人的来源国家方面,日本居首位,中国虽然紧随其后,嵌入了全球技术轨道,但与日本仍有明显差距;日本和韩国不仅在专利数量上有一定的优势,同时在专利价值度方面遥遥领先,在这一背景下,中国有必要努力提高专利的价值度,以更好地在全球竞争中脱颖而出。

(2)光刻技术相关专利申请数量在AI芯片专利总量中占比较小,年度申请趋势与AI芯片整体基本一致,主要集中在计算和推算类AI芯片与电通信技术类AI芯片相关领域。日本是最重要的光刻技术专利申请地,中国、美国光刻技术专利市场热度相当,但中国在光刻技术专利发明人来源国家数量方面仍明显落后于日本;日本、中国和韩国在光刻技术上,主要聚焦于计算推算技术和电通信技术类芯片;美国、德国等则更关注计算推算技术类和测量测试技术类芯片。特别是日本和韩国的光刻技术申请单位,除了在本国布局外,还积极在全球主要申请国或地区进行战略部署。相较之下,中国在光刻技术专利价值度的综合评价方面较低,远远不及日本和韩国。

4.2 讨论

AI芯片作为AI时代竞争的战略制高点,谁掌握了AI芯片技术及其背后的生态,谁就掌握了AI时代的主导权^[32]。近30年来,AI芯片专利申请势头迅猛,AI芯片的国产化和自主可控性成为中国人工智能产业实现弯道超车的关键。然而,虽然中国在AI芯片领域的专利申请数量上取得了显著进步,但在专利集中度和全球竞争力方面仍需提升。特别是关键核心技术领域,通过优化专利布局,集中资源支持高价值专利的研发和申请,提高中国在国际专利榜单中的排名。因此,强化核心技术攻关至关重要。围绕基础前沿理论、新型体系架构、算法框架、计算和推算类AI芯片、电通信技术类AI芯片等领域,组织政府、企业、高校和科研机构等多方力量开展协同科技攻关,力争形成一批重大标志性科技成果,并开发出一系列自主可控的核心软硬件产品。尽管专利数量的增长重要,但专利的质量和实际应用价值更为关键。中国应建立完善的专利质量评价体系,鼓励高价值专利的申请和保护,以提升专利的市场应用和技术转化能力,增强AI芯片在实际应用中的竞争力。支持企业做大做强,

提高中国AI芯片的全球竞争力。培育人工智能芯片领域的创新型标杆企业,支持创新型企业在科创板、创业板和新三板上市融资。通过政策扶持和环境优化,吸引国内外优秀企业和科研机构入驻,形成产业集聚效应,打造一批人工智能芯片细分领域的“独角兽”“瞪羚”和“隐形冠军”企业。

本文仅针对中国在AI芯片及光刻技术领域的一个关键环节进行了专利分析,而专利分析未在申请环节、法律状态信息、引文信息等方面展开更深入的研究。专利分析仅依赖于数据信息,并通过图表呈现,对于光刻技术,也仅仅是AI芯片“核芯”技术中的一部分,未能全面反映整个产业链所面临的问题与风险。因此存在一定的局限性。未来的研究方向可以从专利引证、是否核心专利等更为具体的指标中去挖掘更真实的专利信息,同时从技术、资金、人才等多个维度进一步深入剖析“卡脖子”问题。

参考文献

- [1] 刘云, 闫哲, 程旖婕, 等. 基于专利计量的集成电路制造领域国际技术合作特征研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2018, 39(8): 13-25.
- [2] 朱海涛. AI芯片的应用与发展趋势[J]. 中国安全防范技术与应用, 2019(5): 44-49.
- [3] VISWANATHAN S. AI Chips: new semiconductor era [J]. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, 2020, 7(8): 14687-14694.
- [4] 谭志雄, 韩经纬, 陈德敏, 等. “双循环”新发展格局下我国生产性服务业价值链嵌入与路径优化[J]. 当代金融研究, 2021, 4(S3): 101-108.
- [5] 王雅薇, 周源, 陈璐怡. 我国人工智能产业技术创新路径识别及分析: 基于专利分析法[J]. 科技管理研究, 2019, 39(10): 210-216.
- [6] 陈军, 张韵君, 王健. 基于专利分析的中美人工智能产业发展比较研究[J]. 情报杂志, 2019, 38(1): 41-47.
- [7] 李政刚. 我国人工智能产业发展: 区域布局、技术趋势及对策建议: 以重庆为例[J]. 工业经济论坛, 2017, 4(6): 65-73.
- [8] 朱巍, 陈慧慧, 田思媛, 等. 人工智能: 从科学梦到新蓝海: 人工智能产业发展分析及对策[J]. 科技进步与对策, 2016, 33(21): 66-70.
- [9] FUJII H, MANAGI S. Trends and priority shifts in artificial intelligence technology invention: a global patent analysis[J]. Economic Analysis and Policy, 2018, 58: 60-69.
- [10] MAKRIDAKIS S. The forthcoming artificial intelligence (AI) revolution: its impact on society and firms[J]. Futures, 2017, 90: 46-60.

- [11] 尹首一, 郭珩, 魏少军. 人工智能芯片发展的现状及趋势[J]. 科技导报, 2018, 36(17): 45-51.
- [12] 商惠敏. 人工智能芯片产业技术发展研究[J]. 全球科技经济瞭望, 2021, 36(12): 24-30.
- [13] 贾夏利, 刘小平. 中美人工智能竞争现状对比分析及启示[J]. 世界科技研究与发展, 2022, 44(4): 531-542.
- [14] 姜南, 李逸凡, 刘谦, 等. 专利转化特征精准识别与预测: 以人工智能芯片为例[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(10): 1-10.
- [15] 聂洪光, 范海荣. 基于专利数据的中美人工智能创新能力比较研究[J]. 中国科技论坛, 2020(5): 154-162.
- [16] 王友发, 罗建强, 周献中. 基于专利地图的人工智能研究总体格局、技术热点与未来趋势[J]. 中国科技论坛, 2019(10): 80-89.
- [17] 陶于祥, 吴超楠, 李晶莹, 等. 基于技术生命周期的中美人工智能原始创新能力研究[J]. 中国电子科学研究院学报, 2021, 16(12): 1215-1223.
- [18] 路嘉明. 基于机会窗口的中国 AI 芯片行业追赶研究[J]. 产业经济评论, 2019(1): 59-73.
- [19] RESHETNIKOVA M S, MIKHAYLOV I A. Artificial intelligence development: implications for China [J]. Montenegrin Journal of Economics, 2023, 19(1): 139-152.
- [20] 张勇, 路娟. 美国芯片霸权的内在逻辑与演进机制[J]. 宏观经济管理, 2023(1): 83-90.
- [21] 莫洋, 王耀南, 刘杰, 等. 我国智能机器人核心芯片技术发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2022, 24(4): 62-73.
- [22] 高蕾, 符永铨, 李东升, 等. 我国人工智能核心软硬件发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2021, 23(3): 90-97.
- [23] 王华, 杨曦, 赵婷微, 等. 基于扎根理论的创新生态系统构建研究: 以中国人工智能芯片为例[J]. 科学学研究, 2023, 41(1): 143-155.
- [24] MARK L. EUV 光刻技术的难点分析[J]. 集成电路应用, 2017, 34(11): 47-51.
- [25] 张凯华. 光刻机曝光系统中物镜抛光专利分析[J]. 电子元器件与信息技术, 2020, 4(7): 5-6.
- [26] 冯刚. EUV 光刻胶专利分析及技术热点综述[J]. 现代化工, 2019, 39(7): 11-16.
- [27] 毛荐其, 杜艳婷, 苗成林, 等. 基于专利共类的关键核心技术识别模型构建及应用: 以光刻技术为例[J]. 情报杂志, 2022, 41(11): 48-54.
- [28] 顾浩然, 郭本海, 龙卓茜, 等. 专利合作视角下中国光刻机技术创新网络评估与优化[J]. 工业工程与管理, 2023, 28(4): 17-27.
- [29] 杨武, 陈培, DAVID G. 专利家族视角下技术演化路径依赖研究: 以光刻技术为例[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(23): 1-11.
- [30] 赵程程, 常旭华. 基于专利数据的中国区域智能芯片技术创新图谱研究[J]. 科技管理研究, 2023, 43(5): 175-186.
- [31] 党思宇, 孙晓雅. 专利视角下我国光刻技术发展现状分析[J]. 中国军转民, 2023(24): 118-119.
- [32] 李丽婷. 人工智能芯片技术进展及产业发展研究报告[J]. 厦门科技, 2019(1): 1-9.

Competitive Analysis of AI Chip and Photolithography Technologies Based on Patent Analysis

WANG Jiayi¹, ZHAI Yuhan¹, LI Chengjie¹, LÜ Lachang^{1,2}

(1. College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048, China;

2. Beijing Research Center for Urban Innovation and Development, Capital Normal University, Beijing 100048, China)

Abstract: Based on the incoPat patent index database, a study was conducted on the global competition landscape of AI chips and lithography technology, focusing on four key dimensions: year, region, applicant, and patent value. The results indicate that from 1990 to 2023, patent applications for global AI chips and lithography technologies have been rising annually. China plays a significant role in terms of patent applications and the sources of patent inventors for AI chips and lithography technology. However, in terms of applicant distribution and patent value, it has not yet ranked among the leaders. There is a gap between China and the international advanced level in patent concentration and core technological competitiveness. In order to improve its position in global competition, it is suggested to strengthen its patent strategy and technological innovation.

Keywords: chip; photolithography technology; patent analysis; competitive situation