

产业技术结构与“卡脖子”技术特征 ——以高端数控机床为例

梁帅¹, 高继平²

1. 中国科协创新战略研究院, 北京 100038

2. 中国科学技术信息研究所, 北京 100038

摘要 为探讨中国“卡脖子”技术形成的原因,以高端数控机床为例,从微观视角分析了“卡脖子”技术结构和产业特征。研究发现中国高端数控机床产业的专利分布呈现科学界和产业界分化现象,技术集成度、复杂度不高并且专利价值较低,竞争能力较弱;高校院所以数控技术为主,技术体系呈现链式结构;领军企业以机床制造为主,技术体系呈现离散型结构。而日本数控机床产业体系以领军企业为主,并且专利呈现较高的技术集中度、关联度,整体技术体系呈现多技术核心的网络结构,数控和制造技术结合度高,具有较强的竞争能力。建议从技术生态体系构建、“卡脖子”技术分类攻关机制、改革评价方式等方面加强现代化产业链锻造,提高安全可靠能力。

关键词 卡脖子技术;技术特征;专利计量;数控机床

中美贸易摩擦暴露中国在关键产业技术领域的技术短板,“卡脖子”技术成为影响中国产业国际竞争力甚至国家安全的重要因素。2020年以来,美国将先进制造、人工智能等视为未来产业的重要领域,并加强对华裔科学家、国际合作的审查。2021年5月28日,习近平总书记在中国科学院、中国工程院院士大会和中国科协第十次全国代表大会上的讲话中强调要坚决打赢关键核心技术攻坚战,其中弄通“卡脖子”技术的基础理论和技术原理

是重要内容之一。在推动高水平科技自立自强的目标下,为应对中美“科技脱钩”的潜在影响,中国亟需加快“卡脖子”技术的支持和突破,助力打造现代化产业链,实现供应链的自主可控、安全可靠。《科技日报》于2018年4月19日推出专栏报道了制约中国工业发展的一系列“卡脖子”技术^[1]。针对“卡脖子”技术困境,许多院士均指出基础研究的重要性,如饶子和院士指出要突破“卡脖子”技术需要筑牢“科学地基”^[2]。尽管在“十三五”期间,中国在

收稿日期:2021-04-08;修回日期:2021-06-07

基金项目:中国科协创新战略研究院院长青年基金项目(2020YZJJ-005)

作者简介:梁帅,助理研究员,研究方向为技术预见、科学计量学与科技政策,电子信箱:liangshuai@cast.org.cn

引用格式:梁帅,高继平. 产业技术结构与“卡脖子”技术特征——以高端数控机床为例[J]. 科技导报, 2021, 39(24): 75-83; doi: 10.3981/j.

issn.1000-7857.2021.24.009

部分重点科技领域实现了点的突破甚至实现“并跑”“领跑”，但是部分领域依旧处于产业链中低端，还存在被“卡脖子”的风险。深入分析“卡脖子”技术，需要对关键产业的技术结构体系开展微观剖析，也需要对“卡脖子”技术的发展进行历史研究、案例研究、比较研究等。

1 “卡脖子”技术分析的理论基础

2018年,《科技日报》在“核心技术靠化缘是要不来的”文章中将“卡脖子”技术归纳为3类:一是集中但不限于国防和国家安全领域的硬约束,难以购买;二是聚焦于经济性和便利性的软约束,短期内忍受畸高价格;三是介于软硬之间,随着各种不确定性而随时被限制^[3]。“卡脖子”技术是在特定时期出现,表现为国家间科技竞争的工具,但“卡脖子”技术也并非一成不变而是随着产业领域特点、竞争对手实力、技术研发突破、市场博弈合作、政治经济竞合关系等不断演变的,具有高价值属性,也具有战略性、动态性和相对性。综合看,“卡脖子”技术作为一项产业关键技术,内在因素受到科学、产业、技术自身复杂度等影响,外在因素则有政治、经济、技术等多重因素影响,但本质是基于科技实力,技术因素则是基础性因素。

目前学界对“卡脖子”技术的学理性研究相对较少,夏清华对35项“卡脖子”的技术“卡点”分析发现,中国“卡脖子”技术在基础科学领域主要集中在物理和化学领域,在技术科学方面集中在材料、机械和电子等领域,是基础科学、技术科学和工程科学的结合体,不能机械划分为单一领域^[4]。少数文献聚焦在“卡脖子”技术的甄选和识别方面,如汤志伟等将技术的关键核心、技术垄断、攻克难度、价值链位置等作为甄选“卡脖子”技术的关键要素,并以电子信息产业为例分析发现产业链上游技术价值密度更高,“卡脖子”威胁性更高^[5]。张治河等则认为在技术甄选机制中要充分发挥技术预见、企业主体等积极作用^[6]。还有学者对突破“卡脖子”技术提出对策建议,但是总体看缺少对于“卡脖子”技术结构和特征的学理性和针对性探究。

“卡脖子”技术作为一种产业技术结构中的关键技术,具有技术的一般特性,也具有较强的技术垄断和竞争能力,Trajtenberg^[7]指出专利被引用次数越高,反映了专利涉及的学科知识扩散越广泛,其经济价值和技术价值也就越高。企业竞争过程中,产业核心专利由于具有被引频次高、专利家族数大、专利权利项数多等特点而容易引起侵权纠纷^[8]。除此之外,专利宽度(垄断程度)通过提高保护范围、提高权利数量而获得利润和质量优势,从而增加专利价值^[9-10]。技术体系中的关键技术短板是“卡脖子”技术的重要来源,如光刻机需要顶级的镜头、光源、机械精度等关键技术,涉及到材料、制造、数学等多个技术或领域^[11],所以解剖和比较“卡脖子”技术结构需要从产业、企业和技术等不同层面开展。由于专利是最重要的技术信息源,也是表征技术创新活动的重要载体,包含了世界90%~95%的科技信息,也包括了市场、技术、法律方面的信息。所以,本研究以专利作为分析“卡脖子”技术的重要工具,通过对产业技术结构的专利技术特征进行深入比较、案例分析,深入认识“卡脖子”技术特征及形成原因。

2 高端数控机床的产业技术结构

2.1 案例选择及数据说明

对“卡脖子”技术进行案例研究,有利于深入分析,以小见大。选择数控机床技术作为分析对象主要有以下原因,一是高端数控机床属于第二类“卡脖子”技术,即“聚焦于经济性和便利性的软约束,短期内忍受畸高价格”,由于长期被德国、日本、美国垄断而付出高额价格。二是在《国家中长期科技发展规划纲要(2006—2020年)》中,“重点领域及其优先主题”“重大专项”“前沿技术”中均部署高端数控机床与基础制造技术研究,近年来虽实现多点突破,自主化率不断提升,但是高端领域依旧竞争力不强。三是先进制造能力是打造具有国际竞争力的产业链的基础,目前大多数“卡脖子”技术产品的先进制造都占据其所在产业链核心基础地位,如芯片制造等。另外,中国工程院《2020年中国制造

强国发展指数报告》显示,美国以 169 分遥遥领先于 3 个制造业强国,属于第一阵列;德国、日本稳居第二阵列,中国以 111 分与韩国、法国和英国处于第三阵列^[2]。

鉴于日本是该领域的世界领先国家,通过专利计量的理论和方法来比较分析中国、日本的高端数控机床产业技术特征差异。检索式确定以数控的、计算机控制的、自动的机床为基本检索策略,将检索式确定为:(TS = (“machine tool” OR lathe) AND TS = (“numeric* control” OR “computer control” OR “digital control” OR “automatic control” OR autocontrol)) OR (IP=(B23B* OR B23P* OR B23Q* OR B24B*) AND TS = (“numeric* control” OR “computer control” OR “digital control” OR “automatic control” OR autocontrol)) OR (TS=(“numerical control machine” OR “NC machine” OR “Computer* Numerical Control machine” OR “Digital Control Machine”)) OR (TS = (“machine tool” OR lathe) AND IP=G05B*)。通过在德温特专利数

据库进行检索,共有 46202 件专利(家族)。数据库更新时间为 2020 年 1 月 3 日,检索时间为 2020 年 1 月 5 日。鉴于专利的最长保护时间为 20 年,以 2000—2019 年提交的专利作为文献计量和分析样本。2000—2019 年,全球共有数控机床专利 40831 件,占数据库收录专利(1973—2019 年)的比例为 88.4%。

2.2 产业技术分布格局

通过对专利权人进行分析,全球范围内专利数量 Top 10 的公司中,日本企业独占 8 席,中国和德国各占 1 席。从专利数量看,日本发那科有限公司(简称发那科公司)专利数量最多,共 1219 件;其次是德国西门子公司共 460 件(表 1)。在全球范围内专利数量 Top 50 的专利权人中,日本共有 29 家企业,其次是中国共有 15 家(9 家高校和 6 家企业),德国和韩国分别有 3 家企业。综合看,中国数控机床领域,虽然具有一定数量的专利,但是缺少具有世界影响力的领军企业。

表 1 数控机床专利的专利权人分布情况

专利权人名称	专利(家族)数量/件	国别
FANUC LTD(发那科有限公司)	1219	日本
SIEMENS AG(西门子股份公司)	460	德国
MITSUBISHI ELECTRIC CORP(三菱电机公司)	458	日本
OKUMA CORP(大隈株式会社)	426	日本
BROTHER KOGYO KK(兄弟工业株式会社)	258	日本
TOSHIBA MACHINE CO LTD(东芝机械有限公司)	215	日本
YASKAWA ELECTRIC CORP(安川电气集团)	200	日本
MORI SEIKI SEISAKUSHO KK(株式会社森精机制作所)	188	日本
UNIV HUAZHONG SCI TECHNOLOGY(华中科技大学)	157	中国
MAKINO MILLING MACHINE CO LTD(牧野机床有限公司)	153	日本

数控机床是一种由程序自动控制的自动化机床,包括机床主体、加工载体、数控装置、伺服驱动等多种技术。遴选中国、日本、德国、韩国 4 个国家代表性专利权人的技术进行比较。国际专利分类号(IPC)按照技术领域从宏观到微观分为部、大组、小组、大类和小类共 5 个级别,以 IPC 小类为主进行比较分析。

1) 发达国家专利权人产业分布以企业为主,注重高附加值的数控技术。日本、德国、韩国是拥

有数控机床专利最多的国家,并且领军专利权人均为企业,中国数控机床专利则在高校院所和企业中均有分布。日本、德国、韩国 3 国企业的数控技术专利主要分布在数控技术领域(表 2),一是 G05B/19(程序控制系统),主要有 G05B19/18(数字控制,即在特殊机床中的自动操作机器)、G05B19/19(以定位或轮廓控制系统为特征的数字控制)、G05B19/404(以补偿的控制装置为特征的开环系统)等,二是基于数控的机床技术,如 B23Q15(刀具

或工件的进给运动,切削速度或位置的自动控制和(调整)。

表2 主要国家代表性专利权人技术分布

国别	专利权人	Top 3 专利号及其数量
日本	发那科公司 FANUC LTD	G05B19/18(490); B23Q15/00(292); G05B19/19(196)
	大隈株式会社 OKUMA CORP	G05B19/404(124); G05B19/18(105)(105); B23Q15/00(103)
德国	西门子 SIEMENS AG	G05B19/18(96); G06F19/00(55); G05B19/19(45)
韩国	斗山集团 DOOSANINFRACORE CO LTD	B23Q15/00(38); G05B19/18(29); B23Q17/00(23)
中国	华中科技大学	G05B19/18(14); G05B19/404(11); B23Q17/00(10)
	深圳创世纪机械有限公司	B23Q11/08(18); B23Q03/155(15); B23Q01/01(14)

2) 中国数控机床产业技术存在分化现象,数控技术和制造技术相割裂。为比较分析中国数控机床专利的产业分布结构,遴选中国、日本两国的专利数量Top 15的专利权人进行比较。鉴于中国专利在高校和企业的分布格局,将日本Top 15企业,中国Top 15高校院所和Top 15企业共3类进行对比(图1)。中国高校院所的技术领域主要在数控技术领域,和日本企业的技术具有较大相似性,IPC集中在程序控制系统,日本主要是以内插为特征的(G05B19/414、G05B19/416等),中国高校院所是以开环系统(G05B19/401、G05B19/406等)。而中国企业作为技术创新主体,则聚焦于机床主体的加工与制造,以零配件技术为主,如B23Q11/08(机床部件防护罩,切削液挡板)、B23Q03/155(使刀具自动插入或卸除的装置)等,与程序控制系统相关的机床技术研发和储备不足。

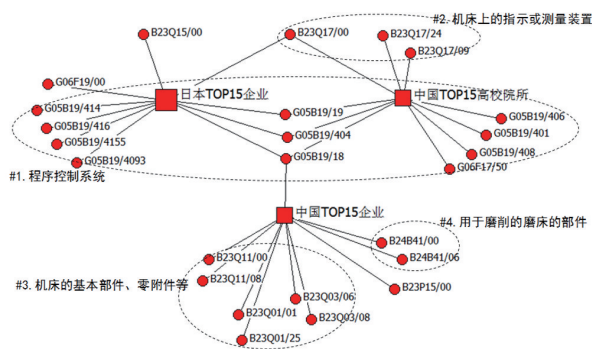


图1 中日产业技术分布结构

2.3 产业技术复杂度

技术范围反映了企业技术专业化和多元化

的战略方向,本研究采用“技术复杂度”对比分析中国、日本数控机床企业的差异。其中,技术复杂度的测量主要借鉴 Ozman^[13]和张古鹏等^[14]使用专利分类号计算专利的宽度和深度,进而判断其技术复杂度的研究方法。以专利的小类(如B23Q)确定技术领域,其中,专利宽度主要指专利所涉及的技术领域个数,专利深度主要指以主分类号判断其所属领域后副分类号的个数。

选取日本和中国的专利数量Top 15的专利权人作为比较对象,其中日本的专利Top 15均为企业,中国的Top 15专利权人中,5家为企业,10家为高校。计算结果如图2所示,圆圈大小代表专利权人的专利数量。从整体看,日本数控机床专利权人的技术复杂度整体领先于中国。日本15家专利权人的平均专利宽度和深度分别为2.27和2;而中国15家专利权人的平均专利宽度和深度分别为1.25和1.42。从专利权人角度看,发那科公司的专利数量最多,同时其专利宽度和专利深度分别为2.77和3.87,也是所有30家专利权人中最高的。中国的专

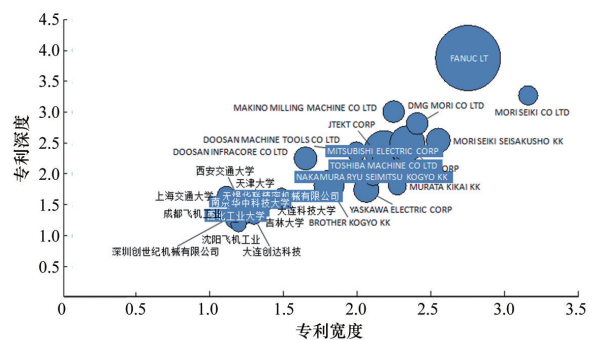


图2 中国、日本两国代表性专利权人的技术复杂度分析

利权人中,上海交通大学的专利深度最大,为1.65;无锡华联精密机械的专利宽度最大,为1.48。中国、日本专利权人的技术比较反映出中国数控机床产业相关技术专利跨学科、跨领域不足,技术复杂度较低,也反映了中国专利权人的技术布局意识和专利战略意识不足,产业技术的国际竞争力不高。

2.4 产业技术竞争力

为从微观角度比较中国、日本数控机床企业的

技术特征差异,选择专利数量基本相同的3家专利权人作为比较对象,分别是日本牧野机床有限公司(以下简称牧野公司)、华中科技大学、深圳创世纪机械有限公司(以下简称创世纪公司),专利数量分别为153、157和111件(表3)。华中科技大学是中国数控机床专利数量最多的高校院所,创世纪公司是国家高新技术企业,数控机床品种齐全,是中国高端智能装备龙头型企业。

表3 中国、日本专利权人的专利引用情况分析

专利权人名称	数量		引用分析			技术范围		保护范围
	专利数量/件	单项专利最高被引次数	专利平均被引次数	引用专利的专利数量/件	每项专利平均引用其他专利数量/件	总技术范围	跨部类专利比例/%	PCT专利数量/件
牧野公司	153	76	3.74	107	9.1	188	66	72
华中科技大学	157	44	3.86	99	3.1	133	10	4
创世纪公司	111	6	0.66	20	1.2	68	2.70	3

注:平均引用专利=引用专利总数量/专利数量;总体技术范围是指囊括的IPC小类的数量。

专利引用是反映技术竞争价值的重要指标。一是从专利被引次数看,牧野公司的单项最高引用76次,远高于中国的专利权人,特别是创世纪公司的专利被引用次数较低,反映中国专利权人的技术竞争力不强。从专利平均被引次数,牧野公司和华中科技大学相差无几,是创世纪公司约5.7倍。二是专利引用其他专利或论文情况,如牧野公司70%(107件)专利引用了其他专利,而创世纪公司仅为18%(20件);中国高校和企业的专利平均引用专利数量分别为3.1和1.2件,远落后于日本企业的9.1件。

专利的技术范围和保护范围反映技术的经济价值。技术范围是指专利申请所包括的IPC分类数量。第一,技术范围是指该企业拥有的所有专利中的所有IPC,以专利小组为标准,牧野公司共包括188个IPC小组,而华中科技大学仅有133个,创世纪公司仅有68个。第二,跨部类专利是指该条专利技术涉及到2个部类的技术,牧野公司中66%的专利是跨部类技术,说明企业重视跨领域、多学科、复杂性的集成性技术,从而具有较高技术竞争

能力。例如,牧野公司的德温特专利索引入藏号为GA2011B11674的专利族,技术范围包括B23Q15/00、G05B19/18、G05B09/02、G05B11/00、G06F21/31等共9个IPC小类,体现该件专利在“部”中涉及到G(物理)和B(作业或运输)领域,在“小组”涉及B23Q(机床零部件或附件)、G05B(控制或调节系统)和G06F(电数字数据处理)共3个技术领域。

中国数控机床专利的跨部类数量较少,例如以电控为主的华中科技大学的跨部类专利比例约为10%,企业则仅为2.7%。除此之外,国内专利技术范围较窄,华中科技大学和创世纪公司的数控机床专利中,分别有63.7%和67.6%的专利仅有1个专利分类号,这也说明中国创新主体的专利技术范围小,仅聚焦于数控机床的单方面技术,集成性不够。专利保护范围之间的差异,反映了技术的市场价值差异较大。牧野公司的PCT专利数量分别为72件,占比47%,而中国高校和企业的差距明显,两家专利权人分别为4件和3件。

2.5 专利权人技术结构特征

技术主题通常以IPC、关键词等为标示,其中

控制不足的产业链结构,造成中国数控机床主要集中于中低端市场。最后是专利的“技术集成度”较低。从专利结构比较看,中国数控机床跨部类专利数量少、技术范围窄、技术复杂度较低,以及离散型或者链式的技术布局,都表现在中国数控机床专利囊括的技术特征少、性能窄,技术产品的市场竞争力不强,高端市场的进口受限就会产生被“卡脖子”情况。

第二,产业界和科学界存在技术割裂状态,产学研合作存在结构性问题。高校聚焦数控技术,企业重视机床技术,反映出中国以高校为代表的科学界和以企业为代表的产业界在数控机床领域的专利技术存在分化现象,即科学资助和产业研发之间存在隔阂,这也造成中国存在科技成果转化难的问题。一是企业作为技术创新和市场竞争的主体,但是企业掌握高附加值、竞争力的数控技术较少。也就是说,产业界和科学界还较少以对方作为自己在生产知识时的合作伙伴、参考对象或竞争对手,呈现出产学研相互隔离、各成体系的局面,如美国企业以大学专利为参考或竞争对象偏好是中国企业的3.6倍,美国大学以企业专利为参考或竞争对象偏好是中国大学的2.8倍,美国研究机构以企业专利为参考或竞争对象偏好是中国研究机构的2.6倍^[17]。二是以企业为技术创新主体的地位还不明显,产学研合作强度存在降低倾向。光刻机是在英特尔公司、荷兰阿斯麦尔公司等产业领先企业资助,联合美国国家实验室共同推进核心专利申请实现的^[18];中国近几年平均每个高校收到的企事业单位委托经费、校企合作专利申请量等都呈现下降趋势,也反映中国产学研合作存在弱化趋势^[19]。

第三,基础研究对“卡脖子”技术发展的支撑引领不足。“卡脖子”技术是基础科学、技术科学和工程科学的结合体,产业链上游技术体现出较高基础性^[5-6]。根据2018年科技论文引证报告数据显示,世界整体篇均被引用次数为12.61次/篇,中国为10次/篇,日本为12.26次/篇;在工程领域,中国工程技术学科的论文总量占全球22%,总被引次数居世界第2位,但篇均被引用次数却仅为7.23次^[20],反映了中国工程领域中科学论文质量较低,前瞻性、创

新性等不足。根据2018年《日本科研能力现状和问题》显示,日本引用论文的专利家族数量位居全球第2,其物理学和材料科学的论文大约50%都被日本专利引用。对比看出,日本的科学论文,特别是材料、物理等领域的基础研究对技术科学、工程科学的支撑能力较强。

第四,工程科技人才缺乏是制约制造业发展的重要因素。人工智能、5G、工业互联网等为代表的新兴技术决定了未来产业竞争能力。华中数控董事长陈吉红表示,知名高校的理工科高材生,奔向人工智能、互联网、云计算等新兴高科技产业,很多去了华为、BAT(百度、阿里巴巴、腾讯)等公司,数控机床行业被视为夕阳产业而吸引力较低^[21]。除此之外,中国高层次科技人才还存在一定程度人才流失,根据美国《2018科学和工程指标》数据显示,2015年,居留在美国拥有科学与工程(STEM)博士学位的外籍人员中,中国位居第1位,占比22.4%;其次是印度为16.2%,而日本仅为1.9%^[22],中国的STEM美国留学生的滞留比例最高,是科技人才的最大流失国。

4 结论

“卡脖子”技术短板的解决涉及科学、技术和工程,也涉及人才、政策和国际竞争等因素。随着中国更多科技领域从“跟跑”进入“并跑”“领跑”,在触及发达国家垄断利润的情况下还会遇到“卡脖子”情况。“十四五”时期,为推动实现高水平科技自立自强,需要持续做好产业技术短板的识别和预测,在关键产业领域前瞻部署一批重大科学计划和科学工程,跨界组织、系统推进关键核心研发和产业转化,打造未来产业竞争优势。

一是以产业领军型企业为核心构筑技术生态体系。支持技术先进、规模和影响力较大企业,形成具有产业带动、辐射型的大型企业,提高对产业链中下游引领能力。支持“专精特新”中小制造企业、科技型企业、独角兽企业、隐形冠军企业等提高基础研究投入、主导建立校企实验室,积极嵌入到全球价值链、国内高端价值链等关键位置。制定国

有企业国产化采购计划,通过政府采购、项目支持、税收补贴、投融资对接等方式,推进关键国产技术的体系化、标准化应用,利用国内超大市场优势推动国际国内标准制定,推动人工智能、5G、工业互联网和机器人等产业转型发展,构筑全球可参与、安全可控的技术生态体系。

二是科学统筹分类部署“卡脖子”技术攻关机制。开展技术预见,前瞻研判潜在“卡脖子”技术及其国际竞争态势,协助产业链重要企业优化技术分布格局,部署专利战略。进一步探索完善市场经济下的新型举国体制,激发民营企业、科技企业等各类企业、社会公众、金融界人士等参与新型举国体制的实施机制。对中国关键产业进行产业链安全评估、技术评估,对价格畸高,缺少产业话语权定价权的,发挥领军企业、超大市场规模优势推动技术标准制定。对于容易受到政治经济竞合关系影响的,在重点产业机构建立“卡脖子”技术信息收集、评估、持续跟踪和情报反馈机制。对于需要长期性基础性的技术研发,要久久为功,防止一拥而上,造成资源浪费。

三是以新型人才评价机制为抓手夯实人才基础。落实“三评”改革,完善工程科技人才培养和职业发展体系,引导工程领域的高层次人才流向制造业企业、制造服务业行业,提升制造业的可持续研发能力。严格落实好企业专利申请规范的相关政策,严打专利数量灌水,禁止专利申请量与评价考核挂钩,引导申请高质量发明专利,提高国际竞争力。落实关于全面加强基础科学研究的若干意见等,加强对数学、物理等重点基础学科的支持,提高创新源头的供给能力。

参考文献(References)

- [1] 是什么卡了我们的脖子[EB/OL]. [2020-08-17]. http://digitalpaper.stdaily.com/http_www.kjrb.com/kjrb/html/2018-04/19/node_2.htm.
- [2] 饶子和. 筑牢“科学地基”突破“卡脖子”瓶颈[J]. 中国政协, 2019(12): 12.
- [3] 核心技术靠化缘是要不来的[EB/OL] [2020-8-17]. http://digitalpaper.stdaily.com/http_www.kjrb.com/kjrb/html/2018-04/19/content_392662.htm?div=-1.
- [4] 夏清华, 乐毅. “卡脖子”技术究竟属于基础研究还是应用研究[J]. 科技中国, 2020(10): 15-19.
- [5] 汤志伟, 李昱璇, 张龙鹏. 中美贸易摩擦背景下“卡脖子”技术识别方法与突破路径——以电子信息产业为例[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(1): 1-9.
- [6] 张治河, 苗欣苑. “卡脖子”关键核心技术的甄选机制研究[J]. 陕西师范大学学报(哲学社会科学版), 2020, 49(6): 1-15.
- [7] Trajtenberg M. A penny for your quotes: Patent citations and the value of innovations[J]. Rand Journal of Economics, 1990, 21(1): 172-187.
- [8] 马永涛, 张旭, 傅俊英, 等. 核心专利及其识别方法综述[J]. 情报杂志, 2014, 33(5): 38-43.
- [9] Bessen J E. The value of US patents by owner and patent characteristics[J]. SSRN Electronic Journal, 2008, 37(5): 932-945.
- [10] Klemperer P. How broad should the scope of patent protection be[J]. Rand Journal of Economics, 1990, 21(1): 113-130.
- [11] 这些“细节”让中国难望顶级光刻机项背[EB/OL]. [2020-01-31]. http://www.xinhuanet.com/politics/20184/19/c_1122704657.htm.
- [12] 中国工程院. 2020年中国制造强国发展指数报告[R/OL]. [2021-01-31]. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2020/12/450938.shtml>.
- [13] Ozman M. Breadth and depth of main technology fields: An empirical investigation using patent data[EB/OL]. [2021-02-02]. <http://stps.metu.edu.tr/en/working-papers>.
- [14] 张古鹏, 陈向东, 牛欣. 基于专利宽度和深度的技术复杂度分析[J]. 科研管理, 2012, 33(3): 113-120, 135.
- [15] 黄晓斌, 梁辰. 专利技术的关联网络分析——以4G通信技术领域为例[J]. 情报学报, 2015, 34(1): 92-104.
- [16] 刘凤朝, 马荣康, 孙玉涛. 基于专利技术共现网络的纳米技术演化路径研究[J]. 科学学研究, 2012, 30(10): 1500-1508.
- [17] 姜子莹, 封凯栋. 论我国产学研结构性问题的成因, 影响及其解决方案[J]. 中国科技论坛, 2020(7): 3-5.
- [18] 余江, 刘佳丽, 甘泉, 等. 以跨学科大纵深研究策源重大原始创新: 新一代集成电路光刻系统突破的启示[J]. 中国科学院院刊, 2020, 35(1): 112-117.
- [19] 中国科技发展战略研究小组, 中国科学院大学中国创新创业管理研究中心. 中国区域创新能力评价报告2019[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2019: 10-11.
- [20] 中国科学技术信息研究所. 2017年度中国科技论文统计与分析年度研究报告[M]. 北京: 科学技术文献出版

- 社, 2019: 42-43.
- [21] 陈吉红: 中高端数控系统市场潜力大, 和国外竞争须提高产品可靠性[EB/OL]. [2021-03-20]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1693013890764519479&wfr=spider&for=pc>.
- [22] NATIONAL SCIENCE BOARD. Science & Engineering Indicators 2018[EB/OL]. [2020-07-01]. <https://www.nsf.gov/nsb>.

Industrial technology structure and the bottleneck technique: With CNC machine tools as an example

LIANG Shuai¹, GAO Jiping²

1. National Academy of Innovation Strategy, Beijing 100038, China
2. Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038, China

Abstract In order to reveal the characteristics of the bottleneck technique, with CNC machine tools as an example, using the case comparison methods, this paper analyzes the patent technology characteristics from a micro perspective based on the patentometrics. It is found that there is a gap between the scientific community and the industry in China. In general, the technology integration is complex and the patent value is in a low level, with weak competitiveness. The universities focus mainly on the CNC technology, with the technology system in a chain structure. The enterprise is mainly based on the machine tool manufacturing, with the technology system in a discrete structure. Japanese CNC machine tools are dominated by leading enterprises, and their patents show a high degree of technological concentration and relevance, with the overall technology system in a network structure of multiple technology cores, with a high degree of combination between the CNC and the manufacturing technology, and with high competitiveness. Finally, to strengthen the forging of the modern industrial chain and improve the safety and the reliability, it is recommended to build a technology ecosystem, with a bottleneck technique classification mechanism, and to reform the evaluation methods.

Keywords bottleneck technique; technical characteristics; patentometrics; numerical control machine tool ●



(责任编辑 傅雪)