

我国工业机器人领域技术热点及发展趋势分析

——基于 CiteSpace 文献专利融合分析

魏红芹 吴 瑞

(东华大学旭日工商管理学院,上海 200000)

摘要: 工业机器人是国家现代化工业技术实力的重要体现,也是国际科技竞争的关键战略领域。获取相关的技术发展动态数据并进行深入分析对于及时识别该领域存在的挑战和机会,具有重要意义。以工业机器人领域的最新期刊文献以及专利数据为样本进行数据融合分析,综合运用文献计量方法以及可视化工具,构建我国工业机器人领域创新知识图谱从科学和技术多维度展开分析。研究表明,我国工业机器人领域研究和总体呈现快速增长趋势,但同时也存在研究合作规模较小、知识和技术转化率较低等问题,未来通过加强跨地区交流、促进产学研合作、改善技术结构等策略不断推动该领域新的发展。

关键词: 工业机器人; 技术创新; 知识图谱; 数据融合; 专利分析

中图分类号: G353.1; TP242.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)02-0156-09

工业机器人是智能制造的重要载体和平台,同时也是人工智能、云计算、大数据等新一代数字技术在制造环节应用的前提和基础,随着人工智能的不断发展,工业机器人在制造业的应用越来越广泛,逐步成为制造业高质量发展的内在动力。但从我国目前工业机器人的发展情况来看,虽然我国有大量企业和研究人员从事工业机器人的生产和研发活动,但大多数机器人关键核心技术仍然严重依赖进口,缺乏相应的国际竞争力,这将对我国制造业转型升级以及综合国力的提高带来巨大的困难^[1]。因此,如何充分利用现有条件对工业机器人进行技术创新以突破发展过程中的瓶颈问题逐渐成为人们所关注的热点话题。

国内目前关于工业机器人研究较多的是基于领域专利数据进行统计,从而对我国当下工业机器人的技术发展情况进行分析^[2-4],而很少有学者对工业机器人领域期刊文献数据进行分析,针对该领域科学研究现状的探讨较少。此外,目前的研究大多数是针对工业机器人某个方面的应用^[5-6]和发展情况进行分析^[7-8],较少从整体上研究工业机器人领域的研究情况和技术发展情况。考虑到现代科学与

技术之间的结合越来越紧密,互动性发展越来越迅速,在进行工业机器人领域技术创新分析时,以期期刊文献和专利数据为基础,综合考虑科学和技术两个维度,通过数据融合分析和挖掘,研究工业机器人领域当下的研究情况和趋势,为目标领域技术发展规划以及企业技术发展战略制定提供相应依据。同时,针对当下研究中存在的数据量大、数据来源广泛、数据结构复杂多样导致的数据信息未能充分利用等问题,采用基于知识图谱的数据分析方法,通过对数据之间的关系进行更加深入的研究及可视化分析,客观、清晰地展现我国工业机器人领域的研究现状、发展趋势及前沿状况等信息,充分弥补了传统的简单数量分析方法的不足,为工业机器人领域技术创新提供更加全面、更加可靠的依据。

1 研究设计

1.1 研究思路

期刊文献是学者们进行学术理论研究的重要成果展现形式,专利数据则是技术创新水平的重要指标和载体^[9]。在进行我国工业机器人领域技术创新态势研究时,综合应用中国工业机器人专利库和

收稿日期: 2023-10-17

基金项目: 东华大学人文社会科学繁荣基金项目(108-10-0108076)

作者简介: 魏红芹(1972—),女,河南郑州人,副教授,博士,硕士研究生导师,研究方向为知识管理、智能决策;通信作者吴瑞(1998—),女,安徽黄山人,硕士研究生,研究方向为知识管理、智能决策。

期刊论文两类数据源,首先基于 Python 和 CiteSpace 等多种数据分析和可视化工具构造领域创新知识图谱,然后分别从相关学科理论研究和科技发展两个视角,对我国工业机器人领域研究热点、主题变迁、研究主体、合作网络等方面展开分析,综合多维度发现该领域发展当前存在的核心问题,进而提出相应的决策建议,为准确把握我国当下工业机器人领域的发展现状、推动领域技术创新发展提供新的思路和方向。

1.2 数据获取

1.2.1 期刊文献获取

本研究中的期刊文献数据来源于中国知网(China National Knowledge Infrastructure, CNKI)数据库,采用的检索方式为专业检索。通过查阅工业机器人相关文献以及专业定义,选择检索条件为“SU=工业机器人 OR SU=机械手 OR SU=机械臂”,同时选择“同义词扩展”,检索时间截至 2023 年 3 月 21 日,由于中国知网单次文献导出数量限制,采用 Python 程序进行数据的批量导出,共检索得到 26 342 条数据。为了保证研究的准确性和代表性,通过数据清洗,剔除新闻报道、会议文献、通知启事等非研究型文献,最终得到 16 135 条数据。数据导出格式选择“Refworks”以便后续用 CiteSpace 软件进行可视化分析。

1.2.2 专利文献获取

选择国家知识产权局专利检索平台进行国内工业机器人相关专利数据的检索与收集。在检索前,首先通过对工业机器人领域主要的国际专利分类号(International Patent Classification, IPC)进行分析和研究,得到工业机器人领域技术关键词,同时结合国际机器人联合会(International Federation of Robotics, IFR)的分类方法、工业机器人领域相关文献、技术手册及专家意见,确定检索条件为:“KW=[(工业机器人 OR 机械手 OR 机械臂)AND (关节 OR 坐标 OR 焊接 OR 搬运 OR 并联 OR 分拣 OR 装配 OR 打包 OR 拆包 OR 包装 OR 卸 OR 切割 OR 打磨 OR 抛光 OR 喷涂)]”^[10-11],属性选取中国专利,检索时间截至 2023 年 3 月 21 日共得到 18 221 条记录。经过数据清洗,删除重复专利、合并同族专利,最终得到 16 006 条有效专利数据。

2 我国工业机器人领域发展趋势分析

2.1 总体趋势分析

2.1.1 工业机器人研究热度年度分析

根据获取的数据,统计有关工业机器人领域历

年的期刊文献和专利数量,可以得到工业机器人理论和技术相关研究文献数量截至 2023 年 3 月的变化趋势,如图 1 所示。

由图 1 可知,我国有关工业机器人的研究开始于 1973 年,当时的研究工作主要集中于工业机器人的定义以及分类等初始性阶段,随后的很长一段时间,陆续有少数学者展开相关研究,但数量较少,且仅停留在理论研究上,并没有产出相应的技术研究成果;进入 21 世纪,随着相关技术的发展进步以及国家相关政策的支持,结合当时人口红利处于拐点的经济形势,高成本人力不断推动着“机器换人”计划的发展^[12],我国有关工业机器人的文献和专利均开始呈现稳步增长趋势,特别是 2013 年后呈现爆发式快速增长,疫情后速度适当放缓。

我国工业机器人领域专利申请情况与此呈现相似的趋势,图 2 为相关专利申请数量的年度分布情况。

由图 2 可知,2000—2012 年,我国关于工业机器人领域的专利申请量相较于之前数量有所增加,但仍处于较低水平。2013 年,工信部发布《关于推进工业机器人发展的指导意见》,提出我国工业机器人领域发展目标,工业机器人相关专利申请数量开始大幅度增加,且增长率呈现逐年上升的趋势。2015 年,国务院发布《中国制造 2025》,为我国后续

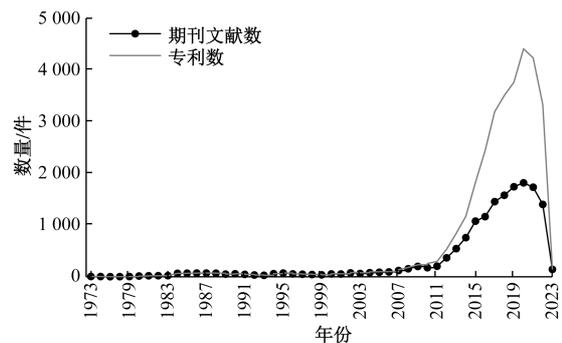


图 1 工业机器人研究热度年度分析

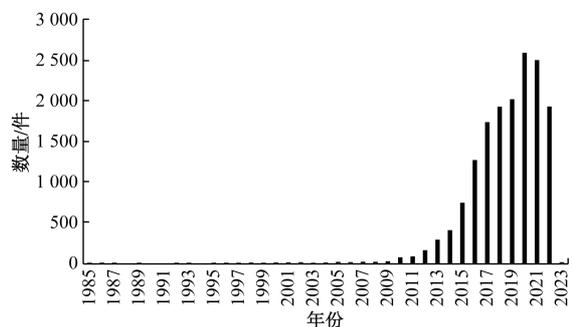


图 2 工业机器人年度专利申请量

工业机器人领域发展指明了方向,加上当时国家还大量出台相关补贴措施,不断刺激工业机器人的研发和应用,使得工业机器人在我国的应用规模越来越广泛。到了 2020 年,随着新冠肺炎疫情的爆发,各行各业对于工业机器人的需求越来越多,我国工业机器人相关专利申请数量到达新的高度。2021—2022 年申请数量虽然有所下降,但从整体上来看,我国工业机器人专利申请从 2013 年之后一直处于高速发展阶段。

2.1.2 工业机器人研究力量分析

1) 工业机器人领域专利申请主体构成

我国工业机器人技术创新主体主要可以分成 6 类,即企业、高校、个人、科研院所、事业单位以及机关团体,各类主体所占比例如图 3 所示。从图中可以看到,企业专利申请数占总专利申请数的 69.87%,是工业机器人领域技术创新最为重要的主体,核心企业有无锡百禾工业机器人有限公司、珠海格力电器股份有限公司等。其次,很多高校,例如华南理工大学、华中科技大学等,由于拥有丰富的人才、技术以及科研资金等优势,也为我国工业机器人技术创新做出了巨大的贡献,相关专利申请数占总申请数的 20.45%。除此之外,个人、科研院所、事业单位及机关团体专利申请数分别占总专利申请数的 6.94%、3%、0.13%及 0.06%。企业作为领域技术创新的主要力量表明我国目前工业机

器人领域技术创新已经不仅仅停留在简单的技术研发阶段,而是能够结合市场需求,将研发成果应用于实际生活,不断提升工业机器人相关产品的针对性和实用性。

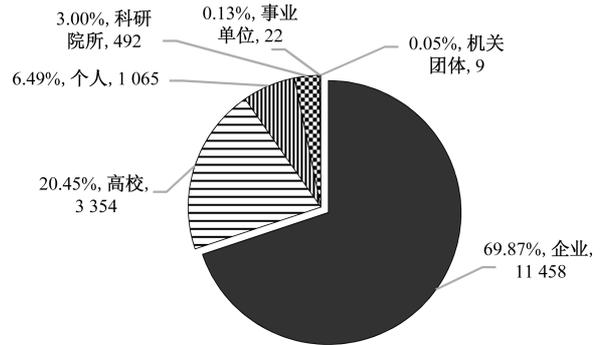


图 3 工业机器人领域专利申请主体类型

2) 工业机器人专利申请主体合作网络

创新主体之间通常会建立起各类合作交流关系,由此构成技术创新合作网络,共同推动领域技术创新发展。图 4 为目前我国工业机器人领域合作网络图,从中可以看出,目前该领域主体之间的合作主要包括企业之间、企业与高校之间以及高校与高校之间三种合作模式。其中,我国工业机器人领域技术创新合作主要以企业和企业之间的合作为主,核心企业有珠海格力电器股份有限公司、珠海格力智能装备有限公司、安徽博皖机器人有限公司

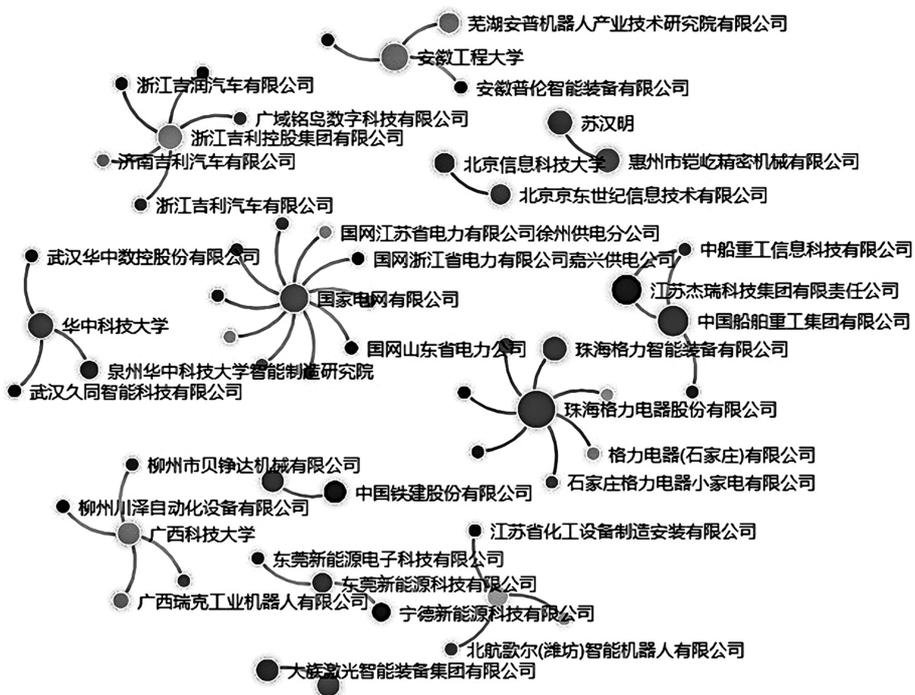


图 4 专利主体合作网络

等。除此之外,高校和企业之间也会开展相应的合作交流,共同推动我国工业机器人领域技术创新,但由于目前我国工业机器人领域相关企业和高校由于专利信息不对称、专利供需对接不畅等原因交流合作相对较少^[13],高校和企业之间的技术创新交流有待进一步加强。

3) 工业机器人领域学术期刊文献作者

针对目标领域期刊文献研究学者的相关数据分析可以从侧面反映该研究群体的基本构成和目标领域学术研究活动开展情况^[14]。截至 2023 年 3 月 21 日,工业机器人领域相关期刊文献共检索获得 16 135 篇,结合普莱斯提出的核心作者计算公式:

$$M = 0.749 \sqrt{N_{\max}} \quad (1)$$

式中: M 为核心作者发表论文数,发量大于 M 的作者为核心作者; N_{\max} 为统计时间内最高产作者的论文数)。带入本文数据可以得出 $M=0.749 \sqrt{24} \approx 3.67$ 。

因此,工业机器人领域发量为 4 篇及以上的作者为该领域的核心作者。统计发现,核心作者共计发文 984 篇,占总文献数的 6.1%,远小于总文献的一半。由此可以看出,目前我国工业机器人领域尚未形成严格意义上的核心作者群体,研究还不够成熟。

为了进一步研究我国工业机器人领域作者合作情况,选取我国工业机器人领域期刊文献数据,利用 CiteSpace 软件绘制领域工业机器人领域研究作者合作图谱,结果如图 5 所示。

由图 5 可知,目前我国工业机器人领域发量最多的学者是田威,共发表工业机器人相关文献 24 篇,其次是张轶、王涛、王伟,均发文 22 篇,温秀兰、廖文和、刘海龙等学者在工业机器人领域也取得了一定的成就,发量均在 10 篇以上。从合作情况来看,发文作者群体呈现“小集中,大分散”的特点,其中以学者田威、廖文和为代表的合作网络之间联系

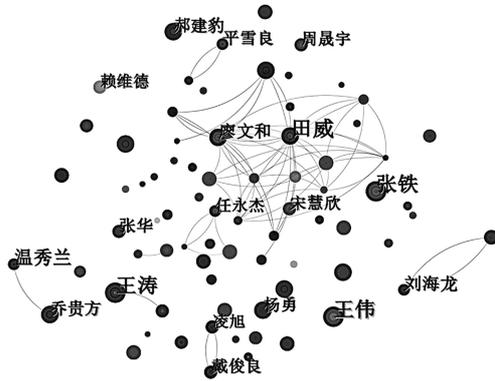


图 5 工业机器人学术领域作者合作网络

紧密,构成我国工业机器人领域最大的合作网络,在工业机器人精度定位、自动化装备等问题上展开多次合作交流。其他学者也多次展开相应合作交流,例如以学者乔贵方和学者温秀兰为代表的研究团体,多次在工业机器人定位、参数标定等方面展开合作研究;以学者张轶为代表的合作团体在工业机器人控制系统、轨迹规划等方面进行多次合作等。从中可以看出,相同地区或者相同学术机构的工业机器人领域学者之间的交流更加紧密,合作频率更高,不同区域学者之间可能由于研究主题和背景不同彼此之间的交流合作较少,学者之间跨区域交流合作有待进一步加强。

4) 工业机器人领域研究机构合作情况

运用 CiteSpace 软件绘制工业机器人领域研究机构合作网络图^[15](图 6),共得到节点数为 1 100,节点之间的关系数为 124,网络密度为 0.000 2。由图 6 可知,我国工业机器人领域研究机构之间的联系相对较弱,不同机构之间的缺乏相应的交流与合作。

结合表 1 中机构发文情况统计数据可知,工业机器人领域发文最多的机构为华中科技大学,共发文 194 篇,此外哈尔滨工业大学、华南理工大学、广东工业大学、浙江大学等在工业机器人领域发量均大于 100,为我国工业机器人领域技术发展作出了一定的贡献。发量排名前 10 的研究机构大多位于我国中部地区或长三角地区,表明该地区在工业机器人领域研究机构众多,研究成果显著,是我国工业机器人领域技术创新的重要研究区域。

对机构合作网络知识图谱进行分析可以看出,目前我国工业机器人领域发文较多的机构大多数都以机构内部合作为主,仅有少数机构之间展开合作,且同一区域的科研机构联系相对紧密,不同区域之间的交流合作相对较少,机构合作具有一定的地域性,机构之间的跨地区交流有待进一步加强。

表 1 工业机器人领域发量前十的研究机构

机构名称	发量/篇
华中科技大学	194
哈尔滨工业大学	180
华南理工大学	176
广东工业大学	153
浙江大学	142
南京航空航天大学	137
合肥工业大学	117
东北大学	108
上海交通大学	101
天津大学	91

CiteSpace, v. 6.1.R6(64-bit) advanced
 october 31, 2023 at 6:15:17 PM CST
 CNKI: C:\user\user\desktop\data
 Timespan: 1973—2023(Slice Length=1)
 Selection Criteria: g-infex(k=25), LRF=3.0, L/N=10, LBY=5, e=1.0
 Network: N=1 100, E=124(Density=0.000 2)
 Largest CC: 19(1%)
 Nodes Labeled: 1.0%
 Pruning: None

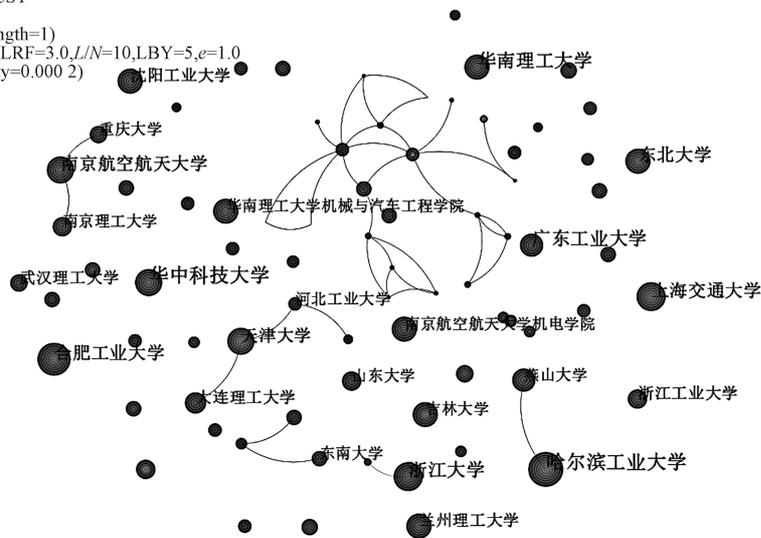


图 6 工业机器人领域研究机构合作网络

2.2 核心技术领域和研究热点分析

2.2.1 工业机器人技术成果构成情况

对我国工业机器人领域检索所得专利按照 IPC 分类号的小类进行统计,根据专利数量选取排名前 10 的技术领域进行排序,如表 2 所示。

表 2 我国工业机器人领域专利 IPC 分类号 TOP10

排名	技术领域	描述	专利数量/篇
1	B25J	机械手;装有操纵装置的容器	6 443
2	B65G	运输或贮存装置,例如装载或倾卸用输送机、车间输送机系统或气动管道输送机	728
3	B23K	钎焊或脱焊;焊接;用钎焊或焊接方法包覆或镀敷;局部加热切割,如火焰切割;用激光束加工	714
4	G09B	教育或演示用具;用于教学或与盲人、聋人或哑人通信的用具;模型;天象仪;地球仪;地图;图表	648
5	B24B	用于磨削或抛光的机床、装置或工艺	531
6	G05B	一般的控制或调节系统;这种系统的功能单元;用于这种系统或单元的监视或测试装置	426
7	B23P	未包含在其他位置的金属加工;组合加工;万能机床	394
8	F16H	传动装置	327
9	B23Q	机床的零件、部件或附件,如仿形装置或控制装置;以特殊零件或部件的结构为特征的通用机床;不针对某一特殊金属加工用途的金属加工机床的组合或联合	255
10	G01B	长度、厚度或类似线性尺寸的计量;角度的计量;面积的计量;不规则的表面或轮廓的计量	250

工业机器人由三个部分构成,即主体、驱动系统以及控制系统^[2]。由表 2 可知,目前我国工业机器人专利申请主要集中在工业机器人本体相关技术领域,如 B25J、B23K、B24B、B23P 等,仅有少数专利申请属于驱动系统(如 F16H)和控制系统(G05B、B65G 等),说明目前我国工业机器人领域技术创新热点主要集中在对机械手、末端执行器以及其他相关部件等本体部分进行改进和创新上,对于控制系统以及驱动系统方面的技术创新相对较为欠缺。

2.2.2 工业机器人研究热点

基于目标领域研究文献关键词的分析研究可以在一定程度上能够帮助快速了解领域的研究热点和研究趋势,为目标领域技术创新提供方向^[16]。选取我国工业机器人领域期刊文献为数据,通过对文献关键词的出现频次、中心性及共现关系进行分析,了解当下我国工业机器人领域研究的重点领域,同时采用聚类分析的方法,对目标领域的研究主题进行划分,具体方法如下。

1) 期刊文献关键词共现

工业机器人研究文献的关键词除了“机器人”“制造业”等的相关基础概念,还包括技术和应用两大类相关词汇,前者聚焦于以“轨迹规划”“离线编程”“误差补偿”为代表的工业机器人相关技术研究,后者聚焦于以“智能制造”“机器视觉”“图像处理”为代表的工业机器人相关应用研究。运用 CiteSpace 软件绘制工业机器人领域关键词共现知识图谱,如图 7 所示。

CiteSpace,v.6.1.R6(64-bit) advanced
 october 31,2023 at 6:33:20 PM CST
 CNKI:C:\user\user\desktop\CN\data
 Timespan:1973—2023(Slice Length=1)
 Selection Criteria:g-infex($k=25$),LRF=3.0, $L/N=10$,LBY=5, $e=1.0$
 Network: $N=1\ 392$, $E=4\ 454$ (Density=0.004 6)
 Largest CC:965(69%)
 Nodes Labeled:1.0%
 Pruning:None

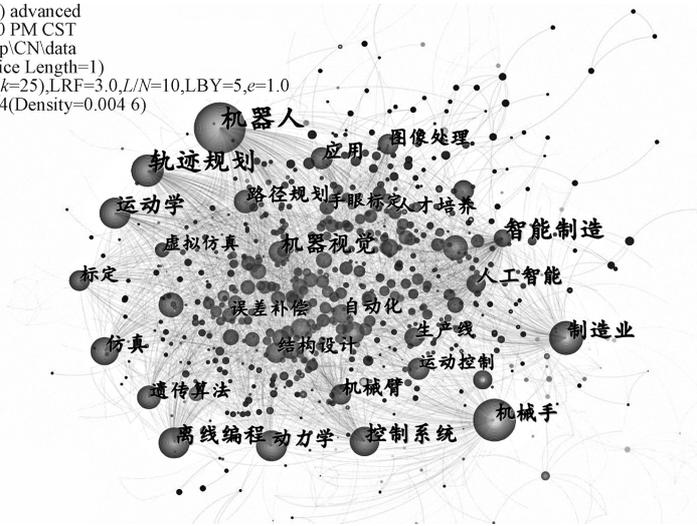


图7 我国工业机器人研究关键词共现图谱

同时,根据关键词计算结果,表3中列出频次排名前10的关键词,并计算其中心性。将中心度大于0.1确定为研究热点的标准值,可以看出:高频关键词中“机器人”“制造业”“人工智能”的中心性较高,是我国工业机器人研究的关键节点,相关研究的即时性更新对于工业机器人领域发展具有显著影响;关键词共现图谱中,大的节点旁边散落着很多与其相关的小节点,各个节点之间的连线相对较多,说明我国工业机器人研究热点相对较为密集,且不断由核心研究内容逐步衍生出新的研究热点和内容。

2) 期刊文献关键词聚类

为了进一步研究我国工业机器人领域的研究热点以及彼此之间的联系,在对期刊文献关键词进

表3 我国工业机器人研究热点关键词

序号	关键词	频次	中心度	最早出现年份
1	机器人	1 101	0.34	1989
2	轨迹规划	851	0.04	1990
3	智能制造	600	0.05	2012
4	机器人视觉	426	0.03	2009
5	运动学	365	0.03	2002
6	制造业	266	0.12	1979
7	控制系统	266	0.03	2003
8	离线编程	248	0.05	1987
9	人工智能	243	0.11	1980
10	应用	241	0.03	1997

行共现分析的基础上对我国工业机器人领域期刊文献的关键词进行聚类分析,得到图8。通常情况下,聚类的模块值(Q)大于0.3则可以认为该聚类结

CiteSpace,v.6.1.R6(64-bit) advanced
 october 31,2023 at 10:26:34 PM CST
 CNKI:C:\user\user\desktop\CN\data
 Timespan:1973—2023(Slice Length=1)
 Selection Criteria:g-infex($k=25$),LRF=3.0, $L/N=10$,LBY=5, $e=1.0$
 Network: $N=1\ 392$, $E=4\ 454$ (Density=0.004 6)
 Largest CC:965(69%)
 Nodes Labeled:1.0%
 Pruning:None
 modularity $Q=0.547\ 2$
 weighted mean silhouette $S=0.809\ 9$
 harmonic mean(Q,S)= $0.653\ 2$

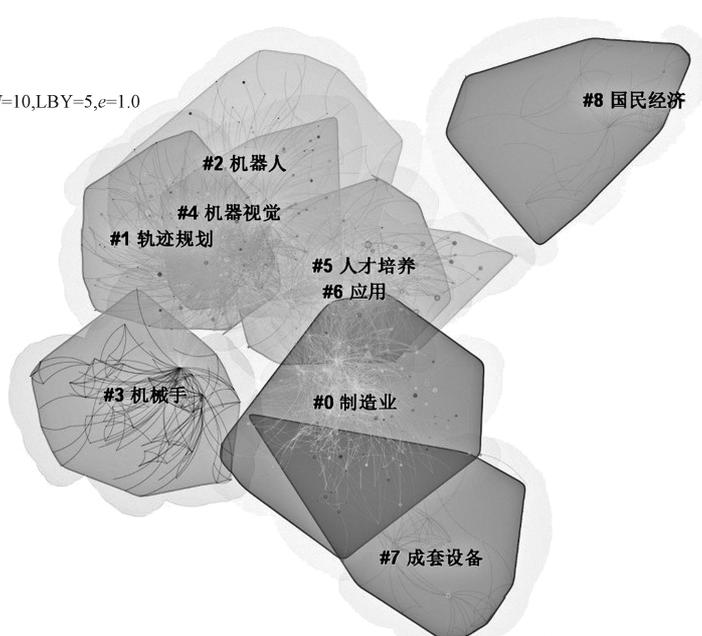


图8 我国工业机器人研究关键词聚类图谱

构显著;聚类的平局轮廓值(S)大于0.5表明聚类合理,平均轮廓值大于0.7表明聚类是令人信服的。对于我国工业机器人领域期刊文献关键词聚类而言,聚类 $Q=0.5472$, $S=0.8099$,说明本聚类合理且具有较高的说服力。由图8可知,我国工业机器人领域关键词形成了#0制造业、#1轨迹规划、#2机器人、#3机械手、#4机器视觉、#5人才培养、#6应用、#7成套设备、#8国民经济共9个聚类群体,且聚类群体的规模随着聚类编号的变大而减小,聚类编号越小,聚类的规模越大,所包含的关键词也就越多。

综合上述分析可以看出,目前我国工业机器人领域研究的热点主题主要可以分为以下三类。

(1)工业机器人相关技术研究。当前我国学者在路径规划、虚拟仿真、离线编程等工业机器人相关技术上积极展开研究,并取得相应的成果。例如,杨永等^[17]设计了一种基于激光传感器的工业机器人动态抓取系统,用于解决大、重箱体在随传送带运输过程中的抓取作业问题;吴萍和田亮^[18]提出基于均值学习策略果蝇算法(MLS-FOA)的机器人轨迹规划方法,在满足位置、速度、加速度等约束条件的同时,使得运动曲线更为平滑,提升了工业机器人的运动效率等。

(2)工业机器人应用研究。例如,林欣和李春顶^[19]通过对国内外劳动力就业变化情况进行结构分解,分析了国内外机器人应用对中国产生的就业效应;谷均怡等^[20]以国际机器人联盟数据和中国海关数据为基础,具体分析了工业机器人应用对中国城市制造业出口升级的影响;魏嘉辉等^[21]通过行业分类方法,以城市面板数据为基础,检验了工业机器人应用对中国服务业结构升级的影响等。

(3)工业机器人创新发展趋势研究。例如,夏海洵^[22]总结了当下工业机器人的发展情况,分析了人工智能时代工业机器人的技术,并对人工智能时代工业机器人的发展趋势进行展望;傅翠晓和李航祺^[23]结合时代发展背景和相关政策,分析了新时期新的产业环境下工业机器人产业竞争格局与创新发展趋势;宋启良等^[24]通过对国内外工业机器人的发展进行对比,对我国机器人在各个领域的应用情况进行了分析和总结等。

2.3 研究前沿分析

关键词突变分析可以在一定程度上能够反映目标领域在不同时间所关注学术重点的变化,从而帮助识别阶段性前沿研究领域^[25]。突变词指的是

在某一时间段内出现频次迅速增加的关键词,图9描述的是1973年至今我国工业机器人领域研究的突变词更替情况。

从时间序列来看,我国工业机器人领域最早的突变词“机械手”出现在1973年,之后的10年里,一直未出现其他突变词,其间我国工业机器人相关研究进展缓慢。直到1983年,第二个突变词“传感器”开始出现。根据图9,可以大致将我国工业机器人研究主题变化分为三个阶段。

(1)第一阶段:1973—2006年,为萌芽阶段。突变词还有“产业化”“机器人”“动力学”“虚拟样机”“运动学”“工作空间”“仿真”,重点关注工业机器人运动和仿真有关内容。

(2)第二阶段:2012年—2018年,为深入探索阶段。突变词主要有“中国制造”“工博会”“制造业”“伺服电机”“零部件”“金属加工”“智能装备”“手眼标定”等。该阶段随着科技的不断进步以及人们对于工业机器人以及相关技术的了解不断增加,工业机器人相关部件以及特定的技术逐渐成为人们研究的热点问题,工业机器人相关产品层出不穷,应用的领域也越来越广泛。

(3)第三阶段:2019年至今,为自主化、智能化发展阶段。主要的突变关键词有“产教融合”“数字孪生”“故障诊断”“深度学习”“替代效应”“人工智能”等,该阶段致力于进一步推进工业机器人应用研究和智能化、专业化发展。从突变强度来看,“机器人”突变率最高,达到64.78,随后依次为“机械手”“运动学”“中国制造”等,这说明随着工业机器人技术的不断发展以及国家相关政策的支持,我国工业机器人运动和仿真研究成为工业机器人研究的核心热点。

从影响周期来看,关键词“机械手”的影响时间最长(1973—2013年),关键词“机器人”“产业化”“传感器”等突变的时间均超过20年,这表明我国工业机器人领域很长一段时期内都致力于研究不同类型的工业机器人以及机器人产业化有关内容,是我国工业机器人研究的重要内容。此外,“产教融合”“数字孪生”“故障诊断”“深度学习”“替代效应”“人工智能”等关键词从2020年左右开始兴起,至今仍然保持相应的研究热度,是当下工业机器人领域研究的核心问题和热点话题,有待进一步展开研究。

3 结论与建议

综合以上研究工作,提出以下研究结论和决策建议。

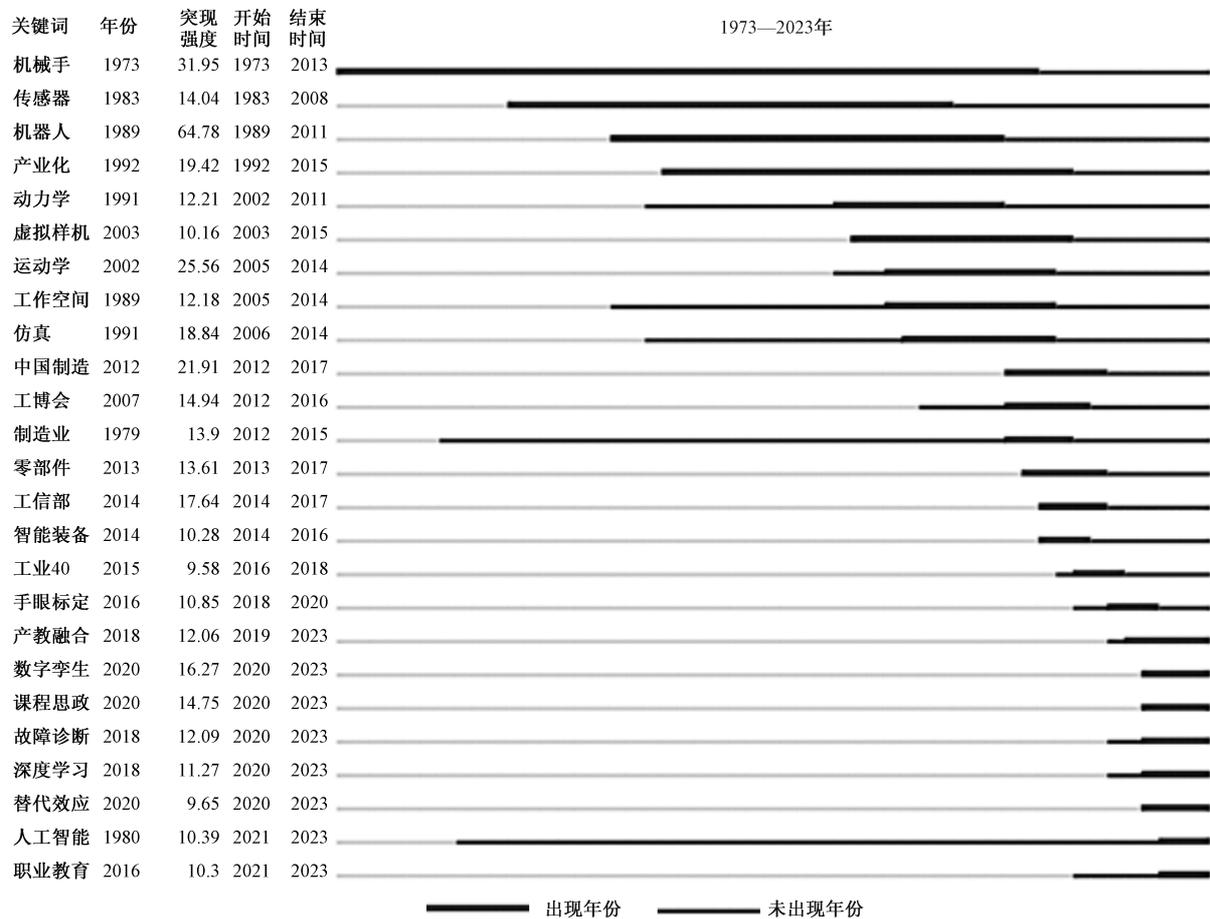


图9 我国工业机器人相关文献的突变词知识图谱

(1)加强不同区域研究机构和研究人员之间的交流与合作,形成具有重大技术攻关能力和影响力的核心研究群体。我国目前关于工业机器人的研究机构和研究人员数量较多,但作者之间的合作规模较小,尚未形成在国际上有着重大影响的核心作者群体。另外,当下我国工业机器人领域无论是文献作者还是专利主体之间的合作都具有明显的区域性,即同一个地区同一片区域内部之间的学者和研究人员之间的交流合作较多,而不同区域学者之间的合作交流相对较少,区域发展不够均衡。因此,为了促进工业机器人领域进一步发展,应该充分发挥不同机构和地区的研究优势,通过政策引导或者活动开展不断加强不同地区之间的合作和交流,凝聚合力形成更具创新性的研究群体,从而取得更有创造力的研究成果。

(2)推动工业机器人领域产学研结合,使学术理论研究和科技成果创新互为助力,共同促进产业发展。作为科技创新的重要组成部分,高校、科研机构以及企业在领域技术创新与发展中发挥着不同的作用,仅仅依靠单方面的力量均具有一定的局

限性。因此,加强高校、科研机构和企业之间的交流与合作,鼓励研究人员在进行工业机器人相关研究时,以产业化和市场化为目标,并积极引导和鼓励高校、科研机构以及金融机构等不同主体组成工业机器人领域产学研联盟,通过开展全方位、多角度的合作,充分发挥各研究主体的优势,加快学术和技术成果的产业转化速度,不断提高我国工业机器人领域的科技创新能力和生产力。

(3)针对关键技术加强攻关布局规划,提高我国在工业机器人领域的国际核心竞争力。从目前的研究文献来看,我国在工业机器人领域发表相关科学论文索引(Science Citation Index,SCI)以及中文社会科学引文索引(Chinese Social Sciences Citation Index,CSSCI)文献数量较少,文献质量相对较低,尚未形成完整的研究体系。另外,我国工业机器人领域技术研究热点主要集中在对机械手、末端执行器以及其他相关部件等本体部分进行改进和创新上,对于伺服电机、减速器等控制系统以及驱动系统方面的技术创新相对较为欠缺。同时,领域内很多关键技术仍然依赖进口,亟须尽快获得突

破。因此,针对工业机器人核心关键技术进行研究布局,构建严密的工业机器人领域研究网络,统筹各界研究力量对于薄弱领域进行重点攻关,助力我国工业机器人技术取得突破性进展,在全球科技竞争中占据领先地位。

参考文献

- [1] 邓仲良, 屈小博. 工业机器人发展与制造业转型升级——基于中国工业机器人使用的调查[J]. 改革, 2021(8): 25-37.
- [2] 吴颖. 基于专利分析的我国工业机器人发展态势研究[J]. 甘肃科技纵横, 2022, 51(7): 65-68.
- [3] 王雪婷. 基于专利分析下的中国工业机器人技术发展现状研究[J]. 科技和产业, 2021, 21(11): 187-192.
- [4] 郭玥. 基于专利分析的工业机器人技术演变与技术预测研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2021.
- [5] 徐一波. 工业机器人在汽车行业的应用前景分析[J]. 南方农机, 2023, 54(21): 52-54.
- [6] 李国静, 林连宗. 基于 RobotStudio 的搬运码垛机器人仿真工作站设计与研究[J]. 软件, 2023, 44(9): 25-27.
- [7] 陈家乐. 工业机器人在钢铁行业智能制造中的应用研究[J]. 冶金管理, 2023(18): 53-55.
- [8] 陈涛. 工业机器人远程监控与故障诊断研究综述[J]. 南方农机, 2023, 54(20): 147-149.
- [9] 赖朝安, 钱娇. 基于专利挖掘的移动医疗产业技术预见[J]. 科研管理, 2018, 39(10): 138-147.
- [10] 陈悦, 谭建国, 王智琦, 等. 专利视角下工业机器人领域的技术机会分析[J]. 科研管理, 2018, 39(4): 144-156.
- [11] 曾莉, 蒋文蹊. 工业机器人全球专利分析[J]. 中国发明与专利, 2020, 17(2): 73-79.
- [12] ACEMOGLU D, RESTREPO P. Artificial Intelligence, Automation and Work [J]. Social Science Electronic Publishing, 2018.
- [13] 吕源, 刘敏榕. 基于专利文本的产学研合作预测研究[J]. 现代情报, 2022, 42(10): 71-78.
- [14] 王海, 王诗华. 1992-2016 年国内知识服务研究脉络分析[J]. 知识管理论坛, 2016(6): 8.
- [15] CHEN C. Searching for intellectual turning points: Progressive knowledge domain visualization[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2004, 101(S1): 5303-5310.
- [16] 范逢春, 袁玲. 国内基层协商民主研究的热点主题与演进趋势——基于 CiteSpace 的知识图谱分析[J]. 理论月刊, 2022(10): 27-40.
- [17] 杨永, 杨进兴, 黄伟龙, 等. 基于激光传感器的工业机器人动态抓取系统设计[J]. 传感器与微系统, 2023, 42(10): 84-87.
- [18] 吴萍, 田亮. 基于均值学习策略果蝇算法的工业机器人轨迹规划[J]. 机械设计, 2023, 40(2): 126-133.
- [19] 林欣, 李春顶. 国内外工业机器人应用对制造业就业的影响分析[J]. 财经研究, 2023, 49(7): 19-33.
- [20] 谷均怡, 赵春明, 李震. 工业机器人应用与中国城市制造业出口升级[J]. 经济与管理研究, 2023, 44(9): 22-42.
- [21] 魏嘉辉, 顾乃华, 郑鹏. 工业机器人应用与服务业结构升级[J]. 软科学, 2022, 36(9): 1-7.
- [22] 夏海洵. 人工智能时代工业机器人的发展趋势探索[J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13(4): 287-288.
- [23] 傅翠晓, 李航祺. 工业机器人产业竞争格局与创新发展趋势[J]. 张江科技评论, 2023(2): 54-57.
- [24] 宋启良, 梁秀兵, 胡振峰, 等. 现代工业机器人的发展、应用及其绿色修复再制造研究现状[J]. 材料保护, 2020, 53(12): 95-100.
- [25] KLEINBERG J. Bursty and Hierarchical Structure in Streams[J]. Data Mining and Knowledge Discovery, 2003, 7(4): 373-397.

Research on Technical Hotspots and Development Trend of China's Industrial Robotics Field: Analysis of Knowledge Mapping Based on Literature Patent Fusion

WEI Hongqin, WU Rui

(Glorious Sun School of Business and Management, Donghua University, Shanghai 200000, China)

Abstract: Industrial robotics is an important embodiment of a country's modern industrial technology strength and a key strategic area for international scientific and technological competition. It is of great significance to obtain and analyze the related technology development data to identify the challenges and opportunities in this field in a timely manner. Taking the latest journal literature and patent data in the field of industrial robotics in China as samples for data fusion analysis, bibliometric methods and visualization tools were comprehensively used to construct a knowledge map of innovation in the field of industrial robotics in China and analyze it from the scientific and technological dimensions. The results show that China's industrial robotics research and development in general shows a rapid growth trend, but there are also problems such as the small scale of research cooperation and the low rate of knowledge and technology transformation, etc. In the future, China needs to promote the new development of this field by strengthening cross-regional exchanges, promoting the cooperation between industry, academia and research, and improving the technological structure and other strategies.

Keywords: industrial robotics; technological innovation; knowledge graph; data fusion; patent analysis