

美国马萨诸塞州机器人产业创新系统研究

王开阳, 徐峰

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

摘要: 美国马萨诸塞州形成了具有本地特色且构成完备的机器人产业创新系统, 其技术创新和产业效益全球领先。该创新系统包含了三个子系统, 在政策子系统中充分利用了联邦和州层面的一系列战略和政策部署; 在创新主体子系统中包含了世界知名研究型大学以及一批独具特色中小型企业; 在创新扩散子系统中包含了专业服务机构和活跃的风险投资。总结该州经验可得, 我国未来应当抢先部署前沿机器人技术、充实机器人人才队伍和完备相关服务机构等。

关键词: 马萨诸塞州; 机器人; 产业创新系统; 机制研究

中图分类号: G323 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2021.02.004

机器人是人工智能技术应用的重要载体, 是新一代人工智能技术引领的“第四次工业革命”的重要支柱, 能够极大地提高全社会智能化水平和生产能力。主要科技创新国家纷纷将机器人技术作为近年来的发展重点。其中, 与日本、欧洲等机器人发展领先国家或区域相比, 美国机器人产业在机器人专利布局、领军企业数量上并不抢眼, 但是在机器人科技研发和创新创业等方面具有较大优势^[1], 特别是在服务机器人、军用机器人等专门领域^[2]优势明显, 展现出一种特有的机器人发展模式。而值得注意的是, 美国马萨诸塞州作为美国机器人产业发展的优势区域之一, 在缺乏诸如亚马逊、Facebook等领先信息技术企业的前提下, 构建了具有强烈本地特色的产业创新系统。

我国机器人产业发展与美国情况类似, 与日本、欧洲相比发明专利和企业数量并不占优, 同时我国大部分地方仍然缺少先进信息技术企业, 马萨诸塞州机器人产业的发展经验具有重要的参考借鉴价值。本研究梳理分析马萨诸塞州机器人产业集群特征, 由此提炼出马萨诸塞州机器人产业创新系统构建经验, 并就更好地推动我国机器

人产业发展的提出相关政策建议。

1 马萨诸塞州机器人创新系统的构成

马萨诸塞州机器人创新系统是一个典型的基于产业集群形成的区域创新系统, 在一个相对集中的地理区域内(马萨诸塞州, 或更具体来说在“大波士顿地区”)集聚了大量的企业、大学和中介机构等, 并且在集群内部形成了非常紧密的联系, 持续推动本地区机器人产业创新能力的提升。

关于产业集群创新系统的构成, Cooke等^[3]认为其主要由知识产生, 由扩散子系统、知识治理子系统两部分组成, 同时组成的两部分存在正式或非正式的连接(Link); 解学梅等^[4]提出创新主体子系统、创新支撑子系统(基础设施、科技政策等)和创新环境子系统; 方永恒等^[5]提出其主要由知识产生与扩散子系统、知识应用与开发子系统以及区域政策子系统等构成。

综合已有学者研究, 结合对马萨诸塞州机器人产业发展的分析, 本文将产业创新系统划分为以下几个具体组成部分: 第一, 创新政策子系统, 主要包括美国联邦层面以及州层面对机器人产业实施

第一作者简介: 王开阳(1989—), 男, 助理研究员, 主要研究方向为科技政策、创新战略。

通讯作者简介: 徐峰(1976—), 男, 研究员, 主要研究方向为科技政策、新兴技术发展战略。邮箱: xufeng@istic.ac.cn

收稿日期: 2020-11-29

的总体性战略和各类推动政策。第二, 创新主体子系统, 包括位于集群中的企业创新主体、大学和有关研发机构等, 进行机器人技术突破和创新成果的生产, 并不断形成经济效益。第三, 创新扩散子系统, 主要包括科技服务机构和各类中介机构, 帮助创新成果实现成果转化和应用的对接。

2 创新政策子系统: 联邦和州层面机器人相关战略与政策支持

创新政策子系统提供了机器人产业发展的政策环境。它主要通过联邦和马萨诸塞州两个层面实施相关战略和推动政策等。在联邦层面, 美国政府和大学等多方力量不断跟进机器人技术发展进程, 持续更新机器人发展战略和技术路线图, 有力地推动了各领域机器人的研发和应用; 在州层面则设立专门服务机构, 进行产业发展的扶植和相关科技创新服务。

首先, 联邦层面持续强化机器人研发战略部署。美国近年来不断更新和细化机器人发展计划。2011年美国国家科学基金会发布《国家机器人计划》, 关注下一代机器人的开发, 并对基础研究、工业制造和应用整个生命周期的研发活动进行了系统部署。2017年美国国家科学基金会发布《国家机器人计划 2.0》, 对2011年《国家机器人计划》进行了更新, 在关注“下一代机器人开发”的基础上, 进一步聚焦“协作型机器人开发和实际应用”。2017年3月, 美国陆军发布《机器人与自主系统战略》, 提出强化态势感知能力、减轻体力和认知负荷、改善后勤供应和效率、提高机动能力、提供更大保护范围五大能力目标^[6]。

另外, 在美国国家科学基金会的资助下, 美国佐治亚理工学院、卡内基梅隆大学等在2009年、2013年和2016年发布了三版《美国机器人技术路线图》, 明确了医疗保健、工业制造、用户服务、国防与安全、空间探索等多个机器人应用领域的技术路线。每版《路线图》中对每个应用领域都提出了明确的阶段性发展目标。

其次是马萨诸塞州多措并举支持机器人产业发展。马萨诸塞州政府高度重视机器人发展。州政府通过马萨诸塞州技术协作机构(Massachusetts

Technology Collaborative, MassTech) 推动包括机器人技术在内的新兴信息技术的州内发展, 通过发布《马萨诸塞州机器人集群报告》、直接投资机器人项目和研究机构等方式, 全力推动州内机器人产业发展^[7]。同时, 适时引入了亚马逊等世界级企业, 并且在创新研究、人才培养等方面进行深度合作, 得到了包括州长在内的高度评价和支持^[8]。

3 创新主体子系统: 马萨诸塞州机器人企业和科研院所

创新主体子系统是马萨诸塞州机器人产业创新的核心, 它由知名大学、创新企业等组成。按照著名智库机构阿斯彭学会(Aspen Institute)^[9]2017年的评价结果, 马萨诸塞州(主要围绕波士顿地区)已经是美国最为成熟的机器人产业集群, 拥有超过100家公司和3000名机器人专家, 每年吸引数百万美元的风险投资, 拥有多家知名机器人企业(如美国iRobot公司和波士顿动力公司)、机器人领域高学术影响力大学(麻省理工大学和哈佛大学等)以及各种行业合作伙伴(如创新枢纽机构及马萨诸塞州技术领袖委员会), 已经是世界瞩目的机器人创新热点区域。

首先, 拥有众多高水平的机器人研发大学与科研院所。马萨诸塞州拥有极其丰富的高等教育资源, 在本地有麻省理工学院、哈佛大学、伍斯特理工学院等著名高等院校。由上海交通大学发布的软科世界大学排名(Academic Ranking of World Universities, ARWU)显示, 这些高校的电力电子工程、机械、控制科学等机器人相关学科属于世界一流水平, 能够持续提供高水平机器人科研成果。依据Kim^[1]的分析, 麻省理工大学发表的机器人论文拥有世界最高的引文影响力。除了拥有一流的研发能力, 2016年美国智库机构ABI研究^[10]还显示, 在该州大波士顿都市地区拥有的50多所高等院校中, 已经有超过16所开设了机器人相关课程(部分知名院校开设情况见表1), 培养了规模庞大的机器人工程师群体等相关人才队伍, 有力地支撑了当地机器人产业集群的发展。

其次, 以中小规模机器人企业引领优势产业

发展。波士顿商业周刊数据显示^[11]，2018年马萨诸塞州最大的25家机器人企业中，有4家企业为员工数300~1000人的中型企业，21家为员工数300人以下的小型企业（见表2），这与日本和欧洲拥有多家大型优势企业引领行业发展的情况差异较大。中小规模并不意味着实力不济，相反它们在各自领域均有突出建树，如iRobot公司是世界著名的生活服务机器人企业，2018年

营收超过10亿美元；波士顿工程公司（Boston Engineering）专注无人水下航行器和自主水下航行器，其技术产品世界闻名；Brooks Automation公司从事半导体及生命科学行业所需低温、真空条件机器人设备的研发和制造；Hydroid公司专门从事民用和军用水下机器人的研发和制造，与美国海军研究局和美国国防部高级研究计划局（DARPA）都有研发合作关系。

表1 马萨诸塞州知名院校开设部分机器人课程情况

校名	开设课程机构名称	机构研究方向
麻省理工学院	计算机科学与人工智能实验室（CSAIL）	模块化和自重构机器人，自组织机器人的分布式算法和系统等
	机械工程系纽曼生物力学实验室	物理治疗设备的开发
	麻省理工学院媒体实验室	促进技术、多媒体和设计融合的项目
	麻省理工学院海洋研究中心 AUV 实验室	无人海洋机器人的开发和应用
哈佛大学	工程与应用科学学部机器人实验室	微型机器人、模拟计算、动态系统的编排等
	怀斯生物启发工程研究所	用于康复和手术目的的机器人工具以及创新医疗设备等
波士顿大学	智能机电一体化实验室	医疗机器人、结构动力学和移动机器人通信
	神经形态实验室	神经技术在移动机器人平台上的应用
	安德森实验室	机器人的自主控制

来源：R&D tax^[12]。

表2 马萨诸塞州部分知名机器人企业

企业名称	主营业务	本地员工人数 (占总员工数比例)	成立年份
Brooks Automation	半导体机器人、生命科学机器人和集成系统	620 (31%)	1978
iRobot Corp	生活服务机器人	589 (64%)	1990
Symbotic	物流配送机器人软硬件	357 (42%)	2007
QinetiQ North America	军事和安防机器人	300 (5%)	1956
Hydroid Inc	水下机器人	163 (92%)	2001
Rethink Robotics	制造业、研究和教育机器人	120 (86%)	2008
HighResBiosolutions	用于生物制药研究的机器人实验室自动化系统	110 (79%)	2004
Endeavor Robotics	防务测试、公共安全机器人	107 (94%)	2016
Jibo Inc	社交机器人	88 (94%)	2012
Boston Engineering	水下机器人、无人驾驶	76 (100%)	1995
Corindus Vascular Robotics Inc	用于冠状动脉和外周介入的血管机器人系统	74 (69%)	2002

续表

企业名称	主营业务	本地员工人数 (占总员工数比例)	成立年份
nuTonomy	自动驾驶软件	66 (47%)	2013
Locus Robotics	仓储机器人	60 (100%)	2015
6 River Systems	仓储机器人	52 (90%)	2015
CyPhy Works	军用及民用空中机器人平台	50 (91%)	2008
Optimus Ride Inc	自动驾驶技术	44 (100%)	2015
Piaggio Fast Forward	移动搬运机器人	40 (100%)	2015
Neurala Inc	机器人相关的人工智能技术	39 (99%)	2006
RightHand Robotics	电子商务机器人	30 (100%)	2014
Barrett Technology LLC	先进的医疗设备机械手	28 (100%)	1988
Humatics Corp	微定位与定位技术	27 (55%)	2015
Soft Robotics	食品加工与电子商务机器人	21 (98%)	2013
Artaic LLC	瓷砖拼装	18 (82%)	2007
Ava Robotics	视频协作机器人、自主移动机器人	15 (65%)	2017
Veo Robotics Inc	工业自动化的感知和智能系统	15 (94%)	2016

来源: 波士顿商业期刊^[12]。

4 创新扩散子系统: 马萨诸塞州机器人科研服务和中介机构

创新扩散子系统是成果转化、企业培育的重要力量, 包含企业人相关服务机构和风险投资等。创新扩散子系统的发达程度一定程度上决定了创新主体子系统的成果能否顺利转化, 是值得高度关注的重要系统构成。

首先, 马萨诸塞州机器人产业集群拥有多种类型的机器人专业服务机构, 为当地机器人企业和产业发展提供专业化的创新服务, 有效地支撑了产业的集聚和发展。其中, 最具有代表性的是创新枢纽性机构“马萨诸塞州技术领袖委员会”(Mass Technology Leadership Council), 它是马萨诸塞州最大的机器人创新组织, 能够联系本地的企业和大学, 通过举办会议、开展人才中介服务等方式推动马萨诸塞州机器人领域的科技创新合作。马萨诸塞州技术领袖委员会合作的 8 家企业入选了《机器人商业评论》(RBR) 发布的 RBR50 榜单^[13],

取得了较为良好的效果。另外还有以非营利组织 MassRobotics 为代表的机器人研发服务机构, 这些机构可以提供基础开发、原型设计、产品测试和商业化所需的各项技术服务, 有效地支撑了本地机器人企业的创新活动。

其次, 马萨诸塞州机器人产业获得了高额企业融资。根据《机器人商业评论》数据, 马萨诸塞州截至 2019 年 9 月的风险投资额度超过 12 亿美元^[14]。另外在企业并购类型中, 西门子医疗和 Corindus Vascular Robotics 的企业并购价值超过 11 亿美元。高频率、高额度的风险投资有效地支撑了机器人前沿技术开发和新企业培育, 不断为马萨诸塞州机器人产业集群增添发展动力。部分具有代表性的融资情况如表 3 所示。

表 3 部分机器人企业接受风投情况

企业名称	产品功能	融资额度
Pickle Robots	包裹运输	370 万美元

续表

企业名称	产品功能	融资额度
XYZ Robotics	货物分拣和拆码	800 万美元
Activ Surgical	自动外科手术	1.3 亿美元
Ori Living	自动化家居	2 亿美元
Locus Robotics	机器人视觉	2.6 亿美元
Humatics	货物分拣	2.8 亿美元

来源：机器人商业评论。

5 对我国机器人产业发展的启示

当前，我国机器人产业正在蓬勃发展，已经形成了长三角、珠三角等产业集群，但不容忽视的是，我国机器人产业仍存在着核心技术缺乏、人才需求未能满足、产业低水平无序竞争、创新体系不完善等问题。通过对马萨诸塞州机器人产业创新系统的典型特征的分析，结合我国机器人产业发展现状，提出如下几点启示。

一是在机器人创新热点区域引导先进技术攻关。借鉴马萨诸塞州经验，应当在类似的科教资源集聚、企业研发实力较强区域，如京津冀、长三角和珠三角等地区进行创新链条完善和效率提升。要以我国机器人发展的实际问题为牵引，着力提升机器人关键零部件制造水平，瞄准机器人核心元器件、基础材料和软件等技术短板强化攻关，尽快摆脱机器人关键核心技术受制于人的局面。同时，要着眼于机器人技术发展的前沿领域，抢抓智能机器人等新兴领域的制高点。

二是围绕产业发展需求加强机器人创新人才队伍建设。从我国机器人产业发展的实际需求出发，在强化机器人高端研发人才培养引进的同时，加快构建多层次的应用型人才培养体系。要鼓励高等院校设立机器人相关课程，以机器人产业发展需求为导向，实现自动化、机械、软件工程等多学科协同，探索“校企合作、工学结合”的人才培养模式，培育复合型创新人才。要着眼于应对市场高速增长的技师人才，鼓励企业创办“企业大学”，培养熟练操作、维护保障设备的机器人技师队伍，支撑机器人产品的大范围应用。

三是围绕企业创新需求构建专业化创新服务体系。专业创新服务机构能够助力企业的研发和生产，完善机器人产业创新体系。要充分发挥行业协会、学会、产业联盟等第三方机构作用，推动机器人产业上下游合作，集聚创新资源，强化产业协同创新能力。适时加强科技风险投资机构对机器人技术的关注，鼓励已有成熟制造业企业对机器人企业的收购合并等。要推动构建机器人综合服务体系，通过搭建机器人公共服务平台、支持创办专业化创新服务机构等方式，提供专业化的高质量创新服务。■

参考文献：

- [1] Kim J. 机器人技术研发与专利分析[J]. 科学观察, 2018, 13(5): 57-66.
- [2] Burnstein J. 美国机器人产业的发展及展望[J]. 机器人产业, 2018(5): 20-25.
- [3] Cooke P, Uranga M G, Extbarria G. Regional innovation systems: institutional and organizational dimension[J]. Research Policy, 1997(26): 427-461.
- [4] 解学梅, 曾赛星. 科技产业集群持续创新系统运作机理: 一个协同创新观[J]. 科学学研究, 2008(4): 778, 838-845.
- [5] 方永恒, 梁倩. 基于产业集群的区域创新系统研究[J]. 科技进步与对策, 2011, 28(15): 61-64.
- [6] U.S. Army. U.S. Army training and doctrine command[EB/OL]. [2020-11-19]. https://www.tradoc.army.mil/FrontPageContent/Docs/RAS_Strategy.pdf.
- [7] 冯虎. 美国地方州培育创新经济的经验与做法——以马萨诸塞州技术协作机构为例[J]. 全球科技经济瞭望, 2018, 33(8): 17-25.
- [8] The Robot Report Staff. Amazon Robotics to open Massachusetts innovation hub in 2021[EB/OL]. (2019-11-06)[2020-11-19]. <https://www.therobotreport.com/amazon-robotics-open-massachusetts-innovation-hub/>.
- [9] Aspen Institute. Digital disruption and the transformation of Italian manufacturing[EB/OL]. (2017-10-01)[2020-11-19]. https://www.aspeninstitute.it/system/files/private_files/2017-11/doc/REPORT_Digital_Disruption.pdf.
- [10] ABI research. Mass. Robotics Cluster Report[R/OL]. (2015-

- 01-01)[2020-11-19]. https://0d6ea3a143112fa73580-03f08f5fc1c22419d3b64e44df494fa7.ssl.cf1.rackcdn.com/eblast/ABI%20MassTech%20ABI%20Green_170425.pdf.
- [11] McFadden S. Largest robotics systems companies in Massachusetts[EB/OL]. (2018-03-29)[2020-11-19]. <https://www.bizjournals.com/boston/subscriber-only/2018/03/29/largest-robotics-systems-companies-in.html>.
- [12] Goulding C, Goldman J, Bonafé A. R&D tax credit aspects of Massachusetts robotics cluster[EB/OL]. (2012-06-01)[2020-11-19]. <https://www.rdtaxsavers.com/articles/Massachusetts-Robotics-Cluster>.
- [13] Flanagan M. Top robotics companies list includes 8 MassTLCMembers[EB/OL]. (2019-05-16)[2020-11-19]. <https://www.masstlc.org/top-robotics-companies-list-includes-8-masstlc-members/>.
- [14] RBR Staff. Massachusetts robotics companies surpass \$1B in investments in 2019[EB/OL]. (2019-12-05)[2020-11-19]. <https://www.roboticsbusinessreview.com/news/massachusetts-robotics-companies-surpass-1b-in-investments-in-2019/>.

A Study on Massachusetts Robotics Industrial Innovation System

WANG Kai-yang, XU Feng

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract: The state of Massachusetts has developed a locally distinctive and well-constituted innovation system for the robotics industry that is a global leader in technological innovation and industrial efficiency. The system consists of three subsystems: a policy subsystem that leverages a range of federal and state strategies and policies; an innovation body subsystem that includes world-renowned research universities and distinctive small and medium-sized enterprises; and a diffusion subsystem that includes professional services organizations and active venture capital. To summarize the state's experience, it is clear that in the future, China should be at the forefront of deploying cutting-edge robotics technologies, strengthening its robotics workforce, and completing its related service organizations.

Keywords: Massachusetts; robotics; industrial innovation system; mechanisms study