

美国服务机器人产业创新 ——来自 iRobot 的经验与启示

王迎春, 沈应龙

(上海市科学学研究所, 上海 200235)

摘要:通过对全球服务机器人领军企业 iRobot 发展情况和相关经验的梳理, 研究分析了美国服务机器人产业创新的特征和支撑条件。iRobot 具有良好的创业氛围、成果转化机制和坚实的技术积累, 其创业和管理团队结构合理、资源整合力强; iRobot 推进机器人技术民用产业化成功的关键是适宜的产品战略; 此外, 政府的支持保证了 iRobot 的生存和发展。iRobot 发展的经验带给我们的启示是: 具有长期高度不确定性的新兴技术产业发展是一个复杂的过程, 需要实现对政府、企业和科研院所等资源的有效整合, 需要政府提供科研投入和应用市场的双重支持, 需要促进先进技术与现实需求的结合, 而企业的创意设计和对市场切入口的选择至关重要。

关键词: 美国; iRobot 公司; 服务机器人; 产业创新

中图分类号: F471.266; TP242.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2014.04.011

机器人技术是生机电一体化的高复杂技术。随着新一轮科技革命和产业变革的兴起, 机器人作为重要的新兴产业受到各界的高度关注。机器人按照应用领域和技术特点分为工业机器人和服务机器人, 两者具有不同的产业特征和规律。服务机器人是指除从事工业生产以外的一大类半自主或全自主工作的机器人, 分为专用和家用两种。专用服务机器人包括军事、公共安全、勘探、航空及医疗等领域的机器人, 通常也称为特种机器人, 这种机器人已经成为维护国家安全和进行特种作业的重要工具; 家用服务机器人主要指家政及娱乐机器人, 主要包括养老助残、教育培训、智能玩具等方面的机器人, 它是人类未来生活的重要伙伴。微软创始人比尔·盖茨指出, 机器人将与 30 年前的个人电脑一样迈入家家户户, 彻底改变人类的生活方式。^[1]我国的机器人产业还相对落后, 近几年进入高速发展阶段, 但还面临各种瓶颈和困难。

企业是产业发展的主体, 梳理总结发达国家优

秀企业的发展历程和经验, 对于促进我国产业和技术发展具有重要参考价值 and 借鉴意义。本文以全球服务机器人领军企业 iRobot 为例, 研究分析美国服务机器人产业发展与创新的特征和支撑条件, 并总结提出可供我国参考的相关启示。

1 iRobot 基本情况

iRobot 创立于 1990 年, 是目前美国机器人产业发展最为成功的企业, 是世界领先的服务机器人企业, 也是纳斯达克机器人第一股, 无论是从技术水平、从业历史还是从产业化程度来看, iRobot 都是全球服务机器人发展的领军企业。目前, iRobot 在家用机器人、军用机器人、航空机器人、医疗机器人、教育机器人等各领域形成了丰富的产品体系, 并取得了很好的销售业绩。单是家用清洁机器人一个品种, iRobot 2011 年全球销量就已经破 600 万台, 2013 年销量达到 1 000 万台, 是机器人史上民用消费机器人最好的成绩。目前, iRobot 产品

第一作者简介: 王迎春(1983—), 男, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为产业技术创新、创新管理。

收稿日期: 2014-02-26

已经销售到全球 50 多个国家和地区，家庭服务机器人销量超过 10 万，军用和安保机器人销量超过 5 000。2013 年，iRobot 公司创造了约 4.87 亿美元的收益，并雇用了超过 500 位包括机械、电气和软件等领域在内的机器人行业顶尖人才。^[2]

iRobot 卓越的产品设计理念和产业化成就，得到业界的高度评价。2009 年，Robot 吸尘机器人登陆机器人名人堂（由美国卡内基梅隆大学于 2003 年发起，旨在表彰机器人领域的杰出成果）；2012 年，iRobot 公司的移动战术机器人 PackBot 也进入机器人名人堂。2012 年，iRobot 的迷你洗地机器人 Scooba 230，获全球工业设计顶级奖项之一的德国红点设计大奖（Red Dot Design Award）。2011 年，iRobot 与亚马逊、苹果、西门子、GOOGLE、IBM 等国际领军企业共同入选麻省理工科技评论（MIT Technology Review）“年度全球最具创新力企业 50 强”。^[3]

2 iRobot 发展的经验分析

2.1 科研机构良好的创业氛围、成果转化机制和坚实的技术积累为公司创业成长提供了重要基础

iRobot 是研究人员创业的典型案列，公司由美国麻省理工学院（MIT）的计算机科学与人工智能实验室（CSAIL）教授罗德尼·布鲁克斯（Rondy Brooks）及其学生科林·安格尔（Colin Angle）和海伦·格雷纳（Helen Greiner）创立。CSAIL 是麻省理工最大的实验室，也是全球最重要的信息技术研究中心之一。CSAIL 研究主要集中在能够长期改善人们生活和工作的人工智能和下一代信息技术等领域，是一个综合性的跨学科的研究室，包括：人工智能、系统、机器学习、计算方法、电气工程等。这些都为机器人技术的发展打下了良好的基础。iRobot 早期的机器人，如，Genghis，就是直接源于 MIT CSAIL 的成果。

CSAIL 的产学研合作和成果转化非常出色，已经先后孵化（实验室成员创建）出了 100 多家企业，包括：3Com、Lotus Development Corporation、RSA Data Security、Akamai、iRobot、Meraki、ITA Software 和 Vertica 等著名公司。实验室设有专门的产业合作计划（Industry

Affiliate Program），为企业和研究人员、学生合作提供专门的机会，促进新技术和新思想向市场转化。^[4]CSAIL 对成员创业持鼓励态度，iRobot 就是以 CSAIL 提供的创业基金为基础得以创立的。

2.2 结构合理、资源整合力强的创业和管理团队是 iRobot 成功的重要支撑

iRobot 公司创办人均均为机器人研究领域的优秀专家，如，罗德尼·布鲁克斯作为人工智能方面的权威，是美国国家工程院院士，负责 iRobot 公司科技创新、软件研发等；科林·安格尔作为公司的 CEO，是机器人产业化的开路先锋，负责公司的决策和发展方向的制定。

iRobot 公司管理层与作为支持者和用户的美国军方有着良好的合作关系，如，海伦·格雷纳在美国太空总署的喷射推进实验室发展中起到重要作用，并身兼国防工业协会（NDIA）的董事一职；科林·安格尔为美国太空总署设计了行为模式导向的漫游系统，于 1997 年带领太空船探索火星。^[5]最近几年，在 iRobot 的管理层出现两位曾任美国军方高级官员的董事兼高级顾问：Paul J. Kern 将军在退役前曾就职于美国陆军装备司令部，担任军方采办、后勤和技术方面的助理秘书长，现持股 0.3%；Jacques S. Gansler 博士曾在马里兰大学领导学校的公共政策和民营企业中心，并在美国政府担任过负责采办、技术和后勤的国防部副部长，现持股 0.2%。^[6]两位都是美军装备发展和技术军转民方面的专家，这对 iRobot 的发展无疑具有重要作用。

2.3 政府支持科技型小企业的科研项目，保证了 iRobot 的生存与发展

在 20 世纪 90 年代，虽然机器人的未来对人类社会的长期发展非常重要，但是，由于技术门槛高，在较长的时间内其市场不成熟，具有非常高的风险性。对机器人这类项目，在早期，一般性的风险投资者往往不愿意投资。事实上，为 iRobot 提供资金持续支持的并没有其他的创投资本，而是美国的小企业创新研究计划（Small Business Innovation Research and Development Program），特别是通过国防部高级研究计划局（DARPA）进行的支持。小企业研究计划是美国国会 1982 年通过的最大一项研发项目计划，该计划规定，凡联盟部门研发经费

超过1亿美元的，都需把资金按一定比例资助小企业研究。而美国国防部往往是出资的重要来源。1988年，美国国防部用于小企业创新研究计划的经费占到当年该计划经费的58.49%。^[7] 小企业研究计划为iRobot公司的传感器及其他机器人技术研发提供了3000多万美元资金，支持了约33项研究活动。科林·安格尔认为，如果没有政府小企业研究计划的支持，iRobot就成不了机器人领域的领军企业。^[8]

2.4 政府采购为iRobot提供了强大的市场支持

在iRobot发展中，早期由于服务机器人还未在民间市场出现，其主要的用户是政府，特别是军方，这在保证iRobot发展的同时也促进了其技术的成熟化。

从20世纪90年代起，iRobot与美国军方合作了多个项目，开发出多款机器人：1991年，iRobot与美国航空航天管理局合作开发用于月球探索的机器人Genghis；1998年，iRobot赢得美国国防部先进研究计划局（DARPA）的合同，开始研发战争移动机器人——该产品被命名为PackBot；2004年，iRobot又赢得DARPA的小型无人地面车（Small Unmanned Ground Vehicle）研发合同，金额3730万美元，后于2005年增加到5140万美元；2004年4月，iRobot与美国陆军签订合约，针对美国陆军的未来作战系统计划设计了小型自动化的地面运输工具；2008年，iRobot接到DARPA 250万美元的通信中继机器人项目——LANdroids项目，以及同样由DARPA提供的330万美元的可重组外形的柔性机器人研究项目；2010年，iRobot从美国陆军取得1400万美元订单，用以升级PackBot；2011年4月，iRobot与美国海军签订了一份2.3亿美元的四年期合同；2011年9月，美国陆军为iRobot提供了一份6000万美元的五年期合同，订购PackBot机器人；2012年，iRobot赢得DARPA 650万美元进行充气式机械臂研究项目。

2.5 适宜的产品战略是iRobot推进机器人技术民用产业化成功的关键

美国政府的支持使iRobot打下了坚实的技术基础，但要把这些技术转化为被市场广泛接受的产品还需要跨越巨大的鸿沟，而这也是很多拥有技术

的企业不能走远的关键。如果说高技术的创业型企业需要经过创新的魔川、死谷和达尔文之海的话，那么政府的科研项目和采购计划对高风险创业的iRobot起到了巨大的推动作用，帮助它度过了魔川和死谷，而跨越产业化的达尔文之海则主要有赖于iRobot正确的创新战略和努力。iRobot认可“为现实世界制造机器人（Building robots for the real world）”的理念，把创造人类现实生活需要的机器人作为自己的追求，致力于把概念转化为实质产品，用技术和创意开拓机器人的应用领域，为改善人类生活提供支持。科林·安格尔认为，“过度拘泥于拟人化机器人的研究，将会减缓产业的发展。制造机器人，成本的考量是十分重要的；而机器人技术的大跃进将来自于降低结构复杂度的发明。”^[9] 这种发展理念为将机器人引入大众消费市场，促进机器人的商业化应用做出了重要贡献。

经过多年的探索，iRobot在清洁机器人市场打开了缺口，在与美国庄臣公司合作开发大型清洁机器人之后，iRobot组织专门团队开发适用于普通家庭使用的价格经济的清洁机器人。经过5年多的研究，于2002年，iRobot推出了在服务机器人史上具有开创意义的清洁机器人产品Roomba，开启了服务机器人规模化产业化的浪潮，iRobot也进入高速发展阶段。2004年，iRobot推出具有判断脏污程度来进行清扫及自动回充功能的Roomba Discovery；当年，iRobot吸尘机器人系列销售突破100万台；2005年，iRobot发布全球第一台家用洗地机器人Scooba（同年获时代杂志世界最新奇的创新发明奖）。2005年11月iRobot于纳斯达克挂牌上市。

iRobot的市场定位和设计思路也为其他服务机器人企业树立了良好的榜样，很多企业模仿iRobot的理念和产品进入服务机器人领域。

3 iRobot发展趋势及创始人动向

3.1 发展趋势

iRobot的产品充分体现了机器人技术融合智能感知、决策加执行的特点，本着创造实用、真实的机器人，为人类带来不同的生活方式的使命，iRobot未来会在若干重点领域进行智能移动机器人的研发，代替人类从事工作。2012年2月，iRobot公司

宣布对业务部门进行战略调整，划分为家用机器人、军用机器人和新技术机器人等3个研发部门，使公司的业务即相对聚焦于原有优势领域，又面向未来潜在的高成长方向。

在家用机器人方面，iRobot 不断推出新产品，持续革新人类的清洁方式。目前，iRobot 已经形成了由吸尘机器人、洗地机器人、擦地机器人、泳池清洁机器人、檐槽清洁机器人，构建成了完整的家庭室内外清洁产品线。在立足自主研发的同时，iRobot 公司还不断通过兼并与合作等形式丰富自己的产品线，完善并拓展自己在服务机器人前沿市场的布局。2012年9月，iRobot 公司以7600万美元收购专门生产地板清洁机器人的公司 Evolution Robotics。Evolution Robotics 公司的 NorthStar 北极星室内导航系统内置 GPS 信号标记，可帮助擦地机器人定位和绘制区域情况图，更加清楚遇到的障碍物。iRobot 公司除兼并与合作外，其产品的智能化和自我管理功能也在不断提升，未来会更多融入物联网和人工智能等相关技术。iRobot 由清洁领域的家用机器人进入智能家居行业，比一般的智能化家电更为突出的特点是自主的移动和执行，由于 iRobot 的产品已经具有了平台化的特点，未来会在智能家居领域有更加精彩的表现，可能会引领智能家居的新方向。

在新兴机器人方面，iRobot 重点推出的是远程呈现（telepresence）机器人，力图丰富人类的交互方式。iRobot 的 Ava 系列产品已经开始在远程办公和远程医疗领域探索应用，该产品可以通过 iPad 或 Android 平板电脑进行操作，集成了 3D、声纳和激光等技术，可以在真实复杂的环境中自主移动和产生交互行为。基于该产品，2011年，iRobot 宣布投资 600 万美元来加强与远程医疗解决方案提供商 InTouch Health 的合作。同时，iRobot 还通过与思科的合作，在远程办公领域推广该产品。iRobot 还计划通过为 Ava 增加操作手等方式，在未来为人类提供更多的现实服务。

根据企业和形势的发展，iRobot 也不断调整完善自身的产业战略和商业模式，正从产品制造走向产业生态的塑造。由于产品的智能化水平不断提升，iRobot 的发展越来越显现出 IT 产业的特点。2007年，iRobot 针对有志于研究机器人的爱好者、

学生、开发者推出 Create[®] 程式设计机器人，爱好者们可藉此自行改造、设计个性化的程序。2009年，iRobot 建立了 SPARK 年轻人教育机构，面向对机器人感兴趣的年轻人，激励和激发他们的创新能力。iRobot 正在努力搭建开放式的创新平台，采用开源软件作为产品的控制系统，并欢迎对其产品进行第三方开发和商业化，这种模式有些类似于苹果的模式——通过塑造一个共生的创新系统来实现产品的发展。

3.2 创始人动向

随着事业的发展，iRobot 公司的创始团队也开始有不同的发展道路，并把独特的产品设计理念向不同领域延伸。三位创始人中，除科林·安格尔继续留任 iRobot 的 CEO 外，罗德尼·布鲁克斯和海伦·格雷纳于 2008 年先后退出。罗德尼·布鲁克斯创建了 Rethink Robotics 公司，旨在开发更安全、更便宜，也即更友好的机器人，该公司已获得 Bezos Expeditions 投资公司的 700 万美元投资；海伦·格雷纳创建了 CyPhy Works 公司，主要从事无人机（即飞行机器人）的开发与应用。

尤其值得关注的是罗德尼·布鲁克斯创立的 Rethink Robotics 公司推出的其代表性产品 Baxter。Baxter 融合了服务机器人技术和工业机器人技术，是一种可以与人直接和谐共处的工业机器人。罗德尼·布鲁克斯认为，传统的那种需要专业人士编程，并且需要关在笼子里面工作的工业机器人，其发展方向是错误的，因为它是替代人而不是只帮助人，并不是人类所真正需要的科技产品。使用 Baxter 不需要任何关于机器人的专业知识，因为它的用户界面非常友好，操作者只需要把它的手臂弯曲成相关的动作，Baxter 就可以学会如何工作了，并且可以和人一起工作，不会对人造成伤害。Baxter 的设计思路 and 传统工业机器人有着根本的区别。传统工业机器人的设计是作为流水线上的自动化机器，它需要严格培训的专业工人进行操作。而 Baxter 被设计成人类的助手，操作者不用额外学习知识，直接可以共同工作，且其工作的领域更广。^[9]

从 Baxter 的设计理念和趋势来看，美国长期领先的服务机器人技术和理念正在给工业机器人带来重大影响，美国有可能在未来的中小企业市场领域，实现对欧洲及日本工业机器人的赶超。

4 相关启示

通过对 iRobot 发展经验的梳理, 我们得到如下若干启示。

4.1 政府在具有长期风险的高技术产业发展领域具有重要的促进作用, 这种作用需要政府科研投入和应用市场的双重支持

长期以来, 如何把服务机器人技术转化为具体产品, 并在人类日常生活中得以广泛应用, 实现大规模产业化是该领域面临的主要问题。因为该领域面临技术和市场的双重不成熟问题, 产业发展既需要有对研发项目的持续支持以发展技术, 同时, 需要有一定的产品试用环境和规模应用, 从而使机器人技术不断从实验室走向具体应用, 并在不断的应用中促进技术的完善。政府不能代替企业自身在市场中的选择, 但是, 政府的支持是企业生存发展的重要保证。正如美国著名产业经济学家谢勒所说, “尽管美国没有相配合的产业政策, 但是仍实行带有深刻的正面和负面结果的一套特殊产业政策。”^[10]从 iRobot 发展的历史来看, 美国的政府特别是军方项目和政府采购, 对本国的产业发展起到了巨大的支持和引导作用。美国的军品采购大量交由民营企业的模式, 也有利于高技术向民间领域的转化。这启示我们, 政府必须要在高风险的前瞻技术领域有所作为, 在如机器人的高新技术领域加大研发支持, 并且提供产品应用的领先市场环境, 通过双管齐下促进产业发展。

4.2 高技术成果的转化和产业化是技术先进性和具体应用功能妥协的过程, 创意设计和市场切入的选择十分重要

在很长的一段时间内, 服务机器人产品没有形成大规模的产业化, 直到 iRobot 抓住家庭清扫的细分市场, 推出了相关产品才得以实现。高技术产业发展需要找到科技与现实需求的结合点, 如果说先进技术是 iRobot 发展基础的话, 创意设计则是其成功的关键。iRobot 的成功并不是创造出能够帮助人类实现多种服务的高复杂机器人, 而是针对一种特定功能对技术进行简化, 实现服务机器人产品的实用化和高性价比以满足日常家庭需要。如, Roomba 不但能帮助用户实现清扫功能, 并且具有玩偶的某些特征, 这大大提升了产品的受欢迎

程度。创意设计还体现在对技术、产品与人关系的理解上, 正是本着制造为人类现实需求提供有效帮助的机器人的理念, iRobot 的创始人才能够推出 Roomba、Baxter 等具有卓越表现的产品。技术先进不只是产业发展的必要条件, 更要促进科技与现实需求的结合, 而这种结合往往从某些生活中的细分需求切入, 更易取得成功。正是通过卓越的创意设计和适宜的切入口选择, iRobot 把通过政府支持形成的技术积累, 成功转入民间应用。

4.3 高技术创业是一个资源整合的过程, 具有长期高度不确定性的新兴技术产业发展是一个复杂的过程

具有不确定性的高技术创业需要来自各方面的支持。在新技术产业化过程中, 政府、高校科研院所和企业起到不同的作用, 研究机构往往是基础技术的提供者和人才的培养部门, 政府可以是企业的科研支持方和领先用户, 而这些需要, 如鼓励创业的氛围和小企业创新研究计划等制度安排来促进人才和技术等创新资源的流动。企业也可以通过适宜的策略促进对这些资源的整合。iRobot 的创业过程整合了科研院所、政府和市场的各种资源, 其结构合理的管理团队保证了这种资源整合的有效实现。整体来看, 如何创造一种良好的创新生态系统, 促进各种主体在产业发展中起到各自应有的作用至关重要。■

参考文献:

- [1] 新华网. 家家有个机器人 机器人正经历“PC式发展”[EB/OL]. (2007-01-27)[2014-01-08]. http://news.xinhuanet.com/tech/2007-01/27/content_5661532.htm.
- [2] iRobot. About iRobot[EB/OL]. [2014-02-20]. <http://www.irobot.com/us/Company/About.aspx>.
- [3] 科凡达. 品牌荣誉[EB/OL]. [2014-01-08]. <http://www.corobotic.com/honor.html>.
- [4] CSAIL. About CSAIL[EB/OL]. [2014-01-08]. <http://www.csail.mit.edu/about>.
- [5] iRobot 中国. iRobot 公司简介[EB/OL]. (2013-05-19)[2014-01-08]. <http://www.irobotcn.net/51.html>.
- [6] iRobot. Board Members[EB/OL]. [2014-01-08]. http://www.irobot.com/us/Company/About/Board_Members.aspx.
- [7] 刘志明. 美国“小企业创新研究”计划[J]. 国际科技交流,

- 1989(5): 32-33.
- [8] Forge S, Blackman C, Goldberg I, et al. Comparing Innovation Performance in the EU and the USA: Lessons from Three ICT Sub-Sectors[R]. Seville, Spain: Joint Research Centre of the European Commission, 2013: 90.
- [9] 网易公开课. 罗德尼·布鲁克斯: 我们为什么要找机器人帮忙? [DB/OL]. [2014-01-08]. http://v.163.com/movie/2013/11/9/5/M9C2SL6Q2_M9C2SRV95.html.
- [10] 谢勒 F M. 产业结构、战略与公共政策[M]. 张东辉等译. 北京: 经济科学出版社, 2010-07-02.

Innovation of U.S. Service Robot Industry : Experience and Lessons from iRobot

WANG Ying-chun, SHEN Ying-long
(Shanghai Institute for Science of Science, Shanghai 200235)

Abstract: The U.S. company iRobot is a global leader in developing service robots. It has applied robots technologies towards commercial and civil use successfully owing to its good entrepreneurial environment, sophisticated achievement transfer system, and strong technology accumulation. On the other hand, supports from the government ensure survival and development of iRobot. The paper highlights the development and experience of iRobot, and analyzes features and supporting conditions of innovation of U.S. service robot industry, and gives some insights as follows: The development of emerging technology industry with long-time high uncertainty is a very complex process. It needs effective integration of resources from government, enterprises and research institutes. The government should provide a dual-support from both the R&D investment and market demands to push the integration of advanced technology and the practical needs. For the enterprises, choosing right breakthrough points of product ideas and market share is the most important.

Key words: United States; iRobot; service robots; industrial innovation

Issue of Counterfeit Electronic Component in the United States and Its Countermeasures

HU Kai-bo, ZHANG Qian, YANG Zhi-wei

(Electronic Technology Information Research Institute, the Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China, Beijing 100040)

(上接第 26 页) the U.S. government and military, such as establishing legal system to guard against counterfeit electronic components, supporting technologies of anti-counterfeit electronic components, imposing punishment to offenders involved in manufacturing counterfeit electronic components, which is worthwhile to be shared by Chinese counterparts.

Key words: the U.S.; counterfeit electronic component; weapon and equipment; cyberspace security