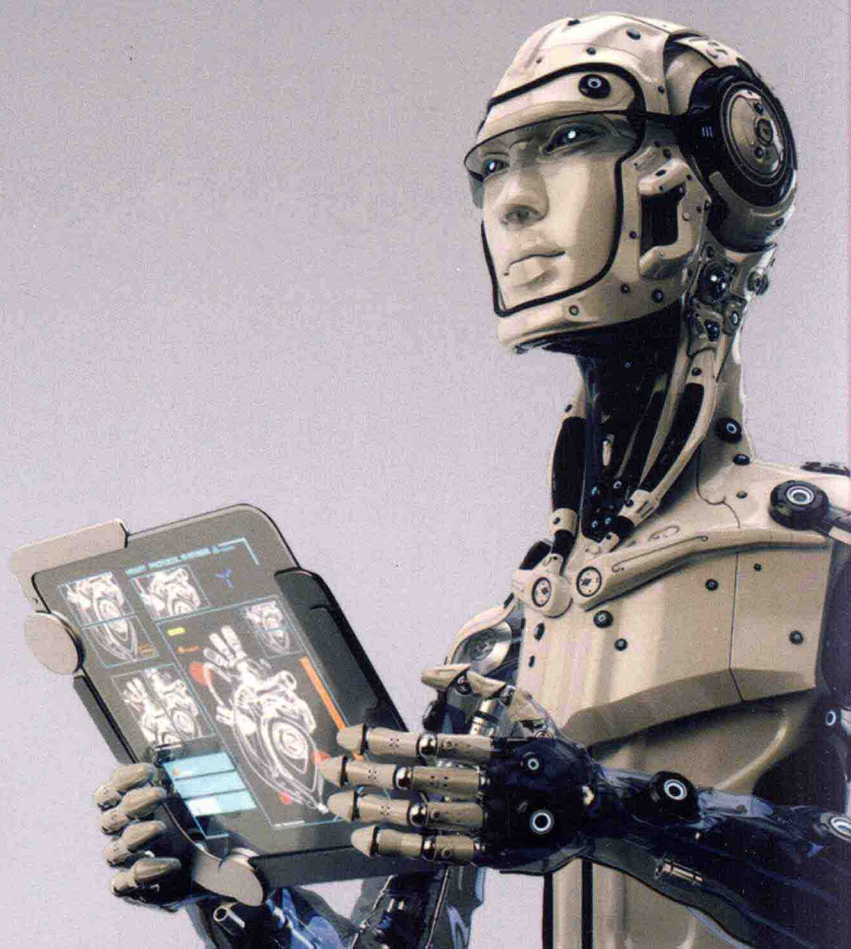


TOWARDS THE ROBOT ERA- CHINA'S CHOICE

迈向**机器人时代**的 **中国选择**

中国电子学会 / 著



迈向机器人时代的中国选择

中国电子学会 著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

迈向机器人时代的中国选择 / 中国电子学会著 .
—北京：中国科学技术出版社，2015.6
ISBN 978-7-5046-6930-8
I. ①迈… II. ①中… III. ①机器人技术—研究
IV. ①TP24

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 115840 号

策划编辑	许 慧
责任编辑	韩 颖
装帧设计	中文天地
责任校对	刘洪岩
责任印制	张建农

出 版	中国科学技术出版社
发 行	科学普及出版社发行部
地 址	北京市海淀区中关村南大街16号
邮 编	100081
发行电话	010-62103130
传 真	010-62179148
网 址	http://www.cspbooks.com.cn

开 本	787mm × 1092mm 1/16
字 数	120千字
印 张	6.25
版 次	2015年6月第1版
印 次	2015年6月第1次印刷
印 刷	北京长宁印刷有限公司
书 号	ISBN 978-7-5046-6930-8 / TP·395
定 价	30.00元

(凡购买本社图书，如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责调换)

《迈向机器人时代的中国选择》

指导委员会

主 任 王春法

副主任 郑南宁 王田苗 黄 强 任福君 徐晓兰

成 员 (以姓氏拼音为序)

陈宝国 陈殿生 陈卫东 韩建达 侯增广

刘成良 刘 涛 孙立宁 王飞跃 王 桓

王建宇 王树新 王 伟 熊 蓉 张送根

赵 杰 朱忠军

编辑委员会

主 任 徐晓兰

副主任 王田苗 黄 强 王 桓 陈宝国

成 员 (以姓氏拼音为序)

陈学超 匡绍龙 刘 勇 马 良 陶 永

王冲鹄 王国强 杨 光 余张国 朱智源

加快机器人科技和产业创新 迎接即将到来的智能社会浪潮

中国科学技术协会党组书记、常务副主席、书记处第一书记 尚 勇

2014年，习近平总书记在两院院士大会上发表的重要讲话深刻阐述了机器人科技产业创新在当代科技和产业变革中的重要作用，对我国全面提升机器人创新和竞争能力提出了明确要求。为贯彻落实习近平总书记的重要指示精神，中国科协委托中国电子学会，组织国内机器人领域众多专家，对世界机器人科技和产业发展的趋势、主要发达国家的战略部署和我国的现状与发展路径开展了深入研究。本书概要式地呈现了研究工作的主要结论，希望能够对关心机器人技术及其产业发展的读者有所借鉴。

机器人是“制造业皇冠顶端的明珠”，更是衡量国家产业竞争优势的重要标志。自1962年世界上第一台工业机器人上线以来，经过半个多世纪的发展，机器人技术快速演进，在物联网、大数据、云计算、认知科学等的深度融合和推动下，不断形成新的发展形态，智能化的发展方向日益突显，有望成为新一轮产业变革的先锋力量，引发人类生产生活方式的重大变革。

机器人技术及其产业的快速发展为我们展现了日新月异的科技和产



业变革浪潮推动经济社会发展的巨大潜力。纵观当今科技和产业发展态势和主要国家的战略走向，机器人技术及应用已成为必争领域和未来竞争的制高点。无论是美国机器人技术路线图、欧盟“火花”计划，还是德国工业 4.0 计划、日本机器人白皮书等，均折射出各国在新的竞争赛场中抢夺游戏规则主导权和塑造新优势的决心。而从更大的范围看，以机器人技术为代表的信息、制造、能源、材料、认知等科技的融合汇聚创新，正启动一场新的变革浪潮。它带来的变化不仅是制造业形态的重塑以及美、德、日、中、韩、英、法等主要国家主导参与的全球制造业方阵的深刻调整，更将成为人类社会形态的重大变化。依稀可见的是，智能社会作为人类经济社会发展的新形态已露端倪，这成为发育多年的新科技和产业变革叠加兴起而呈现出的主流特征。

智能社会是工业社会与信息社会广泛深度融合、技术全面更新换代、产业系统升级、经济社会结构深刻调整演进而成的新的经济社会发展形态，融合、协同、共享、共治是其鲜明特征。智能社会以新型广义互联网（包括现有信息互联网、制造业互联网、能源互联网、智能交通网、教育医疗等社会互联网的深度融合）为核心，构成智能社会发展的公共基础设施；以大数据和云技术、智能识别和操控、最优配置等技术为主导，以跨学科领域汇聚融合创新为核心动力，以资源全面共享和社会协同互利为特征，既形成一批新的产业又带动传统和新兴产业的全面升级，创造众多新的业态、就业岗位和财富增长点，推进生产生活方式、经济社会结构和治理方式的重大变化。前瞻未来，智能化将成为企业和国家发展层级的重要分水岭。拥有核心优势的平台型企业成为产业全球化竞争的主导者，技术优势、平台效应、规模经济效益成为创新力核心，进而推动智能经济体和传统经济体两大国际竞争阵营的形成。

习近平总书记深刻指出，抓住新一轮科技革命和产业变革的重大机遇，就是要在新赛场建设之初就加入其中，甚至主导一些赛场建设，使我们成为新的竞赛规则的重要制定者、新的竞赛场地的主要主导者。这一重要指示为我们顺应世界经济和社会发展变革的浪潮、迎接竞争挑战指明了方向。为即将到来的智能社会做准备，必须牢牢抓住智能科技创新发展的龙头，以更加广阔的全球视野选择竞争发展的突破口，特别是在融合汇聚技术创新中把握机遇，在智能社会的关键领域和方向谋求更多的领跑地位，形成一批智能产业创新的引领性企业群体。更为重要的是，要顺应创新趋势，加快体制和机制创新的步伐，以企业为主导构建产学研紧密协同的战略联系，建立高效灵活的国家创新治理体系，以全面激发人才的创新创业活力为核心，营造优良的创新生态环境，使我国成为吸引和凝聚全球尖端人才的创新乐园，成为大众创新、万众创业的国度。

三百年前人类社会从农业文明向工业社会的过渡，对世界发展产生了前所未有的影响。从工业社会向信息社会的跃迁，更是不断释放经济社会发展的巨大空间。新一轮科技和产业变革的叠加兴起，正推动人类社会向智能化的新形态演进，其速度将大大超越前几次社会形态的演进进程，其对人类社会影响程度也将前所未有，难以估量。适应这一变革的挑战，成为世界各国的共同命题。我国的政治制度、发展阶段、科技创新基础等对智能社会的创新发展具有独特优势。抓住未来 10 年智能社会发展的战略窗口期，加速换挡，在这一轮深刻调整中迎头赶上，向新的发展平台跃迁，不仅是实现创新驱动发展的必由之路，也将为实现中华民族伟大复兴中国梦提供强大动力。

是为序。

目录

CONTENTS

一 机器人发展概述 / 001

(一) 概述 / 001

(二) 发展重要性 / 002

1. 发展机器人产业是新时期增强我国综合国力的重大工程 / 002
2. 发展机器人产业是转型期推进制造强国战略的重要动力 / 002
3. 发展机器人产业是推动新兴产业融合创新发展的重要支撑 / 003
4. 发展机器人产业是国内装备制造业“走出去”的战略部署 / 003

(三) 相关概念 / 003

1. 机器人定义 / 003
2. 机器人分类 / 004

参考文献 / 005

二 全球机器人技术与产业发展现状 / 006

(一) 发展历程 / 006

1. 现实需求催生样机，科技发展支撑研究 / 006
2. 美国研发最早展开，日本紧跟后来居上 / 006



3. 技术产业发展迅速，制造领域应用广泛 / 007

(二) 技术现状 / 007

1. 无人系统备受关注，仿生领域已成重点 / 007

2. 医疗康复渐成热点，家用服务逐步成真 / 008

(三) 产业现状 / 009

1. 全球市场快速增长，工业应用独占鳌头 / 009

2. 工业应用逐步拓展，服务应用渐成热点 / 010

3. 跨国企业优势明显，大型企业发展全面 / 012

4. 互联网企业频发力，机器人技术助发展 / 012

(四) 竞争格局 / 013

1. 美国：着眼核心技术产业化，重在军事制造等领域 / 016

2. 欧盟：科技创新应对挑战，成果应用促进发展 / 016

3. 德国：政府推动相关应用，行业发展领先世界 / 017

4. 日本：找准发展重点领域，着力推广行业应用 / 017

5. 韩国：制定顶层发展路线，主导智能机器产业 / 018

6. 以色列：持续聚焦军事应用，一直引领无人技术 / 018

(五) 经验分析 / 018

1. 国家推动是新兴产业发展必备要素 / 018

2. 因地制宜选择机器人行业发展模式 / 019

3. 引进消化吸收再创新快速占领市场 / 019

4. 零部件与整机企业协同研发核心技术 / 019

参考文献 / 020

三 我国机器人技术与产业发展现状 / 024

(一) 发展历程 / 024

1. 研究工作起步较晚, 科技攻关助推发展 / 024
2. 技术研发相继展开, 行业发展有待深化 / 025

(二) 技术现状 / 026

1. 总体水平有待提高, 产品技术相对落后 / 026
2. 工业领域任重道远, 核心技术受制于人 / 026
3. 企业创新成效显著, 工业领域进步较快 / 028
4. 服务领域新品迭出, 跟踪研发尚占主流 / 029
5. 特种领域优势初显, 部分技术全球领先 / 030
6. 标准研究起步较早, 专利申请逐年递增 / 031

(三) 产业现状 / 031

1. 产业发展备受重视, 政策力度依然不足 / 031
2. 行业运行势头良好, 使用密度仍然偏低 / 032
3. 产业链条初步形成, 发展生态有待优化 / 033
4. 汽车行业需求旺盛, 其他行业潜力巨大 / 034
5. 国外品牌加紧布局, 工业领域产能激增 / 036
6. 从业企业迅速增加, 人才资源结构失衡 / 036
7. 产业园区遍地开花, 同质竞争较为明显 / 037
8. 资本市场风云涌动, 并购整合助推发展 / 038

(四) 发展趋势 / 038

1. 工业机器人向智能化、模块化和系统化方向发展 / 038



2. 服务机器人向更轻便、更仿人和更智能方向发展 / 039

3. 工业机器人市场将呈现快速增长态势 / 040

4. 经济型整机市场将是国内企业发力点 / 040

参考文献 / 041

四 我国机器人技术与产业问题分析 / 045

（一）技术瓶颈问题分析 / 045

1. 三大技术瓶颈制约产业发展 / 045

2. 瓶颈成因之一：我国工业基础相对薄弱 / 045

3. 瓶颈成因之二：市场需求发展相对滞后 / 046

4. 瓶颈成因之三：产业链未形成协同发展之势 / 046

5. 瓶颈成因之四：科技创新前瞻性、系统性、持续性不强 / 046

6. 瓶颈成因之五：科技评价体制与产业发展不相适应 / 047

（二）发展机会窗口分析 / 048

1. 颠覆性技术出现前景并不明朗 / 048

2. 人类生产、生活方式或将改变 / 049

3. 机器人产业发展机遇期已然来临 / 049

（三）产业技术路线分析 / 050

1. 减速器 / 050

2. 伺服电机与驱动器 / 051

3. 灵巧操作、感知与智能单元技术 / 051

4. 系统集成设计制造技术 / 052

五 我国机器人技术与产业发展战略 / 053

(一) 发展思路 / 053

1. 加强顶层设计, 确立发展模式 / 053
2. 坚持政府引导, 尊重市场主导 / 054
3. 立足创新驱动, 寻求差异发展 / 054
4. 强化人才建设, 夯实基础研发 / 054
5. 开拓集成应用, 推进协同发展 / 054

(二) 发展目标 / 055

1. 总体目标 / 055
2. 2020 年目标 / 055

(三) 重点领域 / 056

1. 工业机器人 / 056
2. 服务机器人 / 057
3. 特种机器人 / 058

六 我国机器人技术与产业发展建议 / 059

(一) 加强技术路线顶层设计 / 059

1. 成立中央机器人发展领导小组 / 059
2. 发挥专家咨询委员会支撑作用 / 059
3. 制定国家机器人发展技术路线 / 059
4. 出台国家机器人产业发展规划 / 060
5. 科学引导地方机器人产业发展 / 060



(二) 构建多方协同创新体系 / 060

1. 完善国家科研项目运行机制 / 060
2. 将顺高校科研成果转化机制 / 060
3. 成立全国性行业协会或联盟 / 061
4. 构建协同创新产业生态体系 / 061
5. 建立国家机器人技术测试平台 / 061
6. 建立国家机器人人才培养体系 / 061
7. 加强机器人领域国际交流合作 / 061

(三) 加大国家政策扶持力度 / 062

1. 设立产业发展投资基金 / 062
2. 开展税收优惠试点工作 / 062
3. 支持国内品牌推广应用 / 062
4. 鼓励国内企业收购外企 / 063
5. 鼓励社会资本参与发展 / 063

附表 1 全球机器人技术与产业发展历程 / 064

附表 2 全球机器人领域重点企业介绍 / 066

附表 3 我国机器人技术与产业发展历程 / 071

附表 4 国内外机器人产业链各环节发展现状对比 / 073

附表 5 2013 年国内机器人企业竞争力分析 / 075

附 区域创新的典范

——马萨诸塞州机器人产业集群发展概况及分析 / 077



机器人发展概述

（一）概述

进入 21 世纪以来，全球制造业正在向自动化、集成化、智能化、绿色化方向发展。作为智能制造的主力军，工业机器人不断从汽车制造领域向机械、建材、物流、食品乃至航空、航天、船舶制造等领域渗透。智能技术与社会生产、生活相结合，还催生了可从事修理、运输、清洗、保安、救援、监护等工作的服务机器人和特种机器人。“机器人革命”有望成为“第三次工业革命”的一个切入点和重要增长点，将影响全球制造业格局^[1]。国际机器人联合会（International Federation of Robotics, IFR）预测：“机器人革命”将创造数万亿美元的市场，从而带动与机器人相关的新材料功能模块、感知获取与识别、智能控制与导航等关键技术与市场快速发展。

2014 年 6 月 9 日，习近平总书记在两院院士大会的报告中提到，“机器人是‘制造业皇冠顶端的明珠’，其研发、制造、应用是衡量一个国家科技创新和高端制造业水平的重要标志。机器人主要制造商和国家纷纷加紧布局，



抢占技术和市场制高点”。“我们不仅要把我国机器人水平提高上去，而且要尽可能多地占领市场。我们要审时度势、全盘考虑、抓紧谋划、扎实推进”。

为贯彻落实习总书记讲话精神，推动实施创新驱动发展战略，促进我国机器人产业由“跟跑者”向“并行者”、“领跑者”转变，中国科协组织以中国电子学会为牵头单位的多家高校、科研机构、业界企业，对我国机器人技术与产业发展战略进行全面、系统的研究，从而形成本书。

（二）发展重要性

机器人时代的到来，将变革现有生产制造模式及人类生活方式，并引发全球军事格局的改变。美国麻省理工学院的埃里克·布莱恩约弗森教授称之为“第二次机器革命”：海量的智能机器和互联互通的智慧大脑结合在一起，将彻底颠覆之前的世界^[2]。

1. 发展机器人产业是新时期增强我国综合国力的重大工程

当前，西方国家均将发展制造业作为提升本国国力、保持竞争优势的重要战略，并着力增强包含个性定制、柔性制造、成本效率、全球资源整合等核心要素的制造业竞争力。作为制造业皇冠顶端的明珠，机器人技术与产业更是受到各国的高度重视。在此背景下，集中力量发展机器人产业，主动占领机器人技术和市场制高点，将彻底改变我国制造业大而不强的局面，有效推动高新技术及相关产业的发展，提升我国的军事实力和综合国力。

2. 发展机器人产业是转型期推进制造强国战略的重要动力

目前，国内人力成本上升、劳动力结构性供给下降以及新兴经济体间竞争加剧、欧美发达国家重新重视制造业等复杂局面正倒逼我国制造业转型升级。机器人具有可提高生产效率、提升产品质量、降低生产成本、避免生产事故、可在恶劣环境工作等优势，已被广泛应用于汽车、电子、机

械、航空、航天等行业中。大力发展机器人产业可 effectively 提高我国制造业的信息化、自动化、智能化水平，加速产业转型升级和两化深度融合，是推动我国由“制造大国”向“制造强国”转变的重要动力。

3. 发展机器人产业是推动新兴产业融合创新发展的重要支撑

机器人涉及减速器、伺服系统、控制器、机电一体化、神经技术、仿生、人工智能等技术，涵盖电子信息技术、新材料、装备制造等战略性新兴产业，是各种先进技术的融合体。大力发展机器人产业既能推动信息技术、新材料、装备制造等领域基础共性技术的创新突破，又可为诸多新兴产业提供广阔应用市场，进而可推动战略性新兴产业的融合创新发展。

4. 发展机器人产业是国内装备制造业“走出去”的战略部署

装备制造业“走出去”是新时期我国“走出去”战略中非常重要的内容，能促进我国出口贸易从低附加值产品向高附加值产品转移，缓解国内资源、就业、产能过剩等多种压力。机器人集多种先进技术于一体，代表未来高端装备业的发展方向。大力发展机器人产业将缩小我国高端装备制造业与世界先进水平的差距，增强我国装备制造业的竞争力，为我国装备制造业“走出去”奠定坚实基础。

（三）相关概念

1. 机器人定义

机器人是一种能够半自主或全自主工作的智能机器，具有感知、决策、执行等基本特征，可以辅助甚至替代人类完成危险、繁重、复杂的工作，提高工作效率与质量，服务人类生活，扩大或延伸人的活动及能力范围。

国际机器人联合会（IFR）初步定义“机器人是一种半自主或全自主工



作的机器，它能完成有益于人类的工作，应用于生产过程称为工业机器人，应用于特殊环境称为专用机器人（特种机器人），应用于家庭或直接服务人类称为（家政）服务机器人”^[3]。

国际标准化组织（ISO）定义“机器人是一种自动的、位置可控的、具有编程能力的多功能机械手，这种机械手具有几个轴，能够借助于可编程序操作处理各种材料、零件、工具和专用装置，以执行各种任务”^[4]。

美国 2013 年 3 月发布的机器人技术路线图，将具有一定智能的可移动、可作业的设备与装备称为机器人，如智能吸尘器（家电）、空中机器人（无人机）、智能割草机（农机）、智能家居（智能建筑与家具）、谷歌移动车辆（无人车）等^[5]。

2. 机器人分类

机器人种类繁多，通常可分为工业机器人、服务机器人和特种机器人三类。

表 1-1 机器人的分类

类别名称	简介
工业机器人	面向工业领域的多关节机械手或多自由度机器人，主要包括焊接机器人、搬运机器人、喷涂机器人、装配机器人、码垛机器人、切割机器人、自动牵引车（AGV）、清洁机器人等
服务机器人	服务于人类的非生产性机器人，主要包括家庭作业机器人、娱乐休闲机器人、残障辅助机器人、住宅安全和监视机器人等
特种机器人	用于特殊环境下的机器人，主要包括场地机器人、专业清洁机器人、医用机器人、物流机器人、检查和维护保养机器人、建筑机器人、水下机器人以及国防、营救和安全应用机器人等

资料来源：中国电子学会整理，2015 年 4 月。