

China Manufacturing 2025

中国制造2025大众读本

丛书总主编 褚君浩
丛书副总主编 王喜文 朱运海

高档数控机床 和机器人

杨正泽 李向东 编著

这是一套工业技术科普读物
相比于知识性科普读物
它更有助于养成的是
读者的产业思维和经营意识

如果说
知识科普读物有助于读者蓄知广智
那么
工业技术科普读物则助力于读者行远多识



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

China Manufacturing 2025

中国制造2025大众读本

丛书总主编 褚君浩

丛书副总主编 王喜文 朱运海

高档数控机床 和机器人

杨正泽 李向东 编著



图书在版编目 (CIP) 数据

高档数控机床和机器人 / 杨正泽, 李向东编著. — 济南: 山东科学技术出版社, 2018.4
(中国制造 2025 大众读本)
ISBN 978-7-5331-9226-6

I . ①高… II . ①杨… ②李… III . ①数控机床—金属加工工业—工业发展—中国 ②机器人—制造业—工业发展—中国 IV . ① F426.4 ② F426.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 004803 号

中国制造 2025 大众读本

高档数控机床和机器人

杨正泽 李向东 编著

主管单位: 山东出版传媒股份有限公司

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路16号

邮编: 250002 电话: (0531) 82098088

网址: www.lkj.com.cn

电子邮件: sdkj@sdpress.com.cn

发行者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路16号

邮编: 250002 电话: (0531) 82098071

印刷者: 山东新华印务有限责任公司

地址: 济南市世纪大道2366号

邮编: 250104 电话: (0531) 82079112

开本: 720 mm × 1020 mm 1/16

印张: 10

字数: 160 千

印数: 1-3000

版次: 2018 年 4 月第 1 版 2018 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5331-9226-6

定价: 48.80 元



褚君浩，丛书总主编，中国科学院院士，中国科学院上海技术物理研究所研究员，华东师范大学教授，九三学社中央科普工作委员会主任，上海市科普作家协会终身名誉理事长。主要从事红外物理、窄禁带半导体以及铁电薄膜的材料器件物理的应用基础研究，发表学术论文 500 余篇，出版《窄禁带半导体物理学》等中英文专著 3 部。获国家自然科学基金 3 次、部委级自然科学奖或科技进步奖 10 次。2012 年获上海“科普杰出人物奖”；2015 年被评为十佳全国优秀科技工作者；2017 年获得首届全国创新争先奖章。



王喜文，丛书副总主编，工学博士，博士后，高级工程师，九三学社中央科技专门委员会委员、中央促进技术创新工作委员会委员。1998 年 8 月起在北京第一机床厂工作过两年，后为日本开发 10 年计算机软件。2009 年 8 月至 2017 年 12 月在工业和信息化部国际经济技术合作中心工作，历任信息部副主任、主任，电子商务研究所所长，中国智造与工业 4.0 研究所所长。



朱运海，丛书副总主编，双博士，博士后，硕士生导师，山东省科学院自动化研究所所长，山东省经济和信息化发展研究院副理事长。致力于智能制造与智慧城市应用技术研究，主持和参与国家重大专项十余项；参与编绘《国家 1:100 万地貌图图集》1 部，参与编译《地理学方法》译著 1 部；授权软件著作权 2 项，发表学术论文 30 余篇，获省科技进步三等奖 1 项。

科学指导

陈学庚（中国工程院院士，农业机械设计制造专家）

俞建勇（中国工程院院士，纺织材料专家）

施仲衡（中国工程院院士，地下铁道专家）

钱 锋（中国工程院院士，工业过程智能控制专家）

甄永苏（中国工程院院士，微生物与生物技术药学、肿瘤药理学
领域专家）

编著委员会

主 任

褚君浩（中国科学院院士，九三学社中央科普工作委员会主任）

副主任

孟安明（中国科学院院士，九三学社中央科技专门委员会主任）

白宗文（山东科学技术出版社副社长）

成 员（按姓名笔画排序）

王东伟 王吉星 王传栋 王喜文 王旖旎 石 忠 朱运海

汤华波 贲 强 李正宝 李向东 杨正泽 邹 迎 沈 江

尚书旗 周忠海 周思凡 郑 佳 段崇刚 徐 曼 凌沛学

丛书序言

科学技术的进步和普及是社会进步的重要内在动力。《中国制造 2025 大众读本》丛书生动解读和传播中国制造强国建设第一个十年纲领性文件《中国制造 2025》及其技术路线图提及的科学技术，是一套值得大众阅读的科普好书。

习近平总书记在 2016 年“科技三会”上指出：“科技创新、科学普及是实现创新发展的两翼，要把科学普及放在与科技创新同等重要的位置。没有全民科学素质普遍提高，就难以建立起宏大的高素质创新大军，难以实现科技成果快速转化。”本丛书编写的目的就在于通过科学普及，让大众都能消化吸收和运用扩展“中国制造 2025”的科技内涵，从而能够在实现创新型国家建设中更好地发挥才智。

目前，我们已经有一些科普网站从事科学传播工作，也有很多普及科学的广播和电视节目、报刊和图书，其内容或是对科学趣味性的发掘，或是对科学之美的展现，或是对读者阅读兴趣的引领，主要是科学知识的普及与传播，侧重于全民科学知识的积累。这为提高全民科学素养奠定了扎实的基础。与此同时，如何进一步传播从知识到技术的转化，以促进产业和经济发展，是需要广大科技工作者尤其是致力于科学普及创作的科技工作者深入思考并身体力行的。

就图书领域来说，由上海市科普作家协会组织编撰、由我担任总主编的国家出版基金项目《战略性新兴产业科普读本》（8 卷本，上海科学技术文献出版社 2014 年出版），已经试着打破传统科普读物那种纯粹以知识普及为主的固有模式，将科普与国家政策、产业发展、科技创新以及社会发展大势紧密融合，从而帮助人们形成产业意识并投入其中，吹响人们“科技行动”的

号角。

但是,当时并未意识到科普与国家政策、产业发展等的结合将会开创一个全新的科普读物门类——工业技术科普读物。这次,由九三学社中央科普工作委员会和科技专门委员会成员组织编撰、山东科学技术出版社出版的《中国制造2025大众读本》丛书,从国家政策的顶层设计、产业的发展轨迹和科学技术的知识内涵等方面,对我国制造强国建设的第一个十年纲领性文件《中国制造2025》及其技术路线图进行了多方位、全视角、普及化的解读,是对工业技术科普读物内涵的又一次深入发掘,标志着我国原创科普图书创作的一种新模式、新品种、新门类的诞生,将为广大科普爱好者奉上全新的知识盛宴。

工业技术科普的最大亮点,是打破了传统科普读物纯粹的知识普及为主的固有模式,将科普与国家政策、产业发展、科技创新以及社会发展大势紧密融合,体现了科普创作服务于国民经济建设的宗旨,可作为领导干部和公务员的决策参考、可为企业家和相关产业科研人员提供研发启迪、可使学生及普通读者获得具有现实应用意义的新知。^①

中国制造2025具有鲜明的时代特征。“互联网+”时代,信息技术与各项实体技术深度融合,工业行业的重重围墙不断被突破,“互联网+”以巨大的资源聚合力和创新驱动推动着全球工业格局重塑。“互联网+”以其特有的跨界融合、资源聚合和整合传播力,深刻地改变了人们理解和体验现代科技文明的方式和习惯。以“开放、共享、协作、参与”的互联网精神扎实开展工业技术科普,切实构筑我国工业强国建设的公民科学素质根基,迫在眉睫。^②

中国制造2025的核心是创新驱动。习近平总书记多次对中国制造转型升级做出重要论述。李克强总理从政府层面扎实推进中国制造2025,努力推动形成我国经济发展的新动能。2017年6月12日新华社发表标题为《习近平

① 佚名.科普爱好者的“盛宴”“战略性新兴产业科普读本”丛书亮相[NOL].人民网-上海频道 [2014-08-12]. <http://sh.people.com.cn/n/2014/0812/c134768-21965506.html>

② 张义忠.“互联网+”时代亟须工业科普[N].中国科学报,2015-09-28.

重新定义中国制造》的评论员文章，再次将世界的目光吸引到“中国制造”上来^③。文章中归纳出，中国制造，当以创新为灵魂，当以品质为生命，当以人才为根本。现在，在比较挑剔的外国消费者眼里，中国产品的质量也已今非昔比，但我们也应清醒地认识到，中国制造走以质取胜的发展道路仅仅开了个头，人们还多用老眼光来看“中国造”。改变人们的“老眼光”，既要立足于行，使“质量第一”成为从企业到消费者普遍参与的社会行动；也要大力宣传，展现我们在制造业方面“强”的部分，激发人们的自豪和认同。横向对比，“德国制造”之所以长盛不衰，与其拥有大量一流技术工人、发达的职业技术教育分不开。从我国现实看，制约中国制造转型升级的一个瓶颈就是人才短板。建设制造强国，需要培养和造就一支数量充足、结构合理、素质优良、充满活力的制造业人才队伍，为实现中国制造“三步走”战略目标奠定坚实人才基础。相比技术的研发、产品的创新，这一过程更加需要定力和耐心，也更加呼唤企业界、教育界和政府部门等各方的共同努力，其基础在于改变人们对于制造业“傻大笨粗”的老印象、从事制造业“低人一等”的老观念，吸引更多的优秀人才到制造行业中创新创业，就业乐业。《中国制造 2025 大众读本》的策划，正是基于这个信念，从“工业技术普及”的角度，采用科普图书生动活泼的笔触，为产业现状、工业技术倾注各领域专业人士的情感，用带有温度的呈现形式展现出我国制造业的现状和未来。内容架构上，从纵向（历史）的角度展现各领域产业行业的传承与发展，从横向（国际）的角度展现各领域产业行业所取得的成绩以及与世界先进水平的差距。

《中国制造 2025 大众读本》丛书，与国家政策、产业发展、科技创新以及社会发展大势紧密融合，体现科普创作服务国民经济建设的宗旨。丛书共分十册，总论《中国制造 2025 曙光：智能·绿色·融合·创新》结合 2015 年国务院印发的《中国制造 2025》文本，全面剖析我国制造业的新阶段、新形势和新环境，准确分析面临的挑战和任务。其余九册分别围绕新一代信息技术产业、高档数控机床和机器人、航空航天装备、海洋工程装备及高技术

^③ 辛识平. 习近平重新定义中国制造 [N]. 新华社 [2017-06-12]. http://news.xinhuanet.com/2017-06/12/c_1121130716.htm

船舶、先进轨道交通装备、节能与新能源汽车、农机装备、新材料、生物医药与高性能医疗器械等《中国制造 2025》要突破发展的九大重点领域（《中国制造 2025》提及的是十大领域，其中电力装备对应的分册暂不出版）进行科普解读，系统介绍每个领域产业行业的发展历程、发展路径、技术方向、发展目标以及和社会经济发展的关联。编写中，突出“掌握规律—技术发明—产业应用”的发展脉络和思想，体现所涉及技术、产品知识产权的“自主”和“创新”。内容选取，参照又不拘泥于国家制造强国建设战略咨询委员会发布的《〈中国制造 2025〉重点领域技术路线图》，既阐明我国制造业“大而不强”的现状态势以及“从大变强”的意愿和做法，帮助读者“认清家底儿”，又重点展现我们在制造业方面“强且领跑”的部分，激发读者的认同和自信。

本丛书编写团队，由我担任总主编，工信部中国智造与工业 4.0 研究所原所长王喜文博士和山东省科学院自动化研究所所长朱运海博士具体协调组织，作者以九三学社中央科技委委员为主，既有工信部、科技部下属科研院所以及山东省科学院的青年才俊，又有北京市交通委、中国中车的技术大拿，还有中国科协的首席科学传播专家，更有泰山学者、山东省科学技术最高奖获得者，他们的专业性和对于科技传播和科普创作的热忱，决定了本丛书是一套既有科技含量又有温度的工业技术科普读物。

希望本书有益于深化大众对《中国制造 2025》的全面认识。

褚君浩

（中国科学院院士，中国科学院上海技术物理研究所研究员，
华东师范大学教授，九三学社中央科普工作委员会主任 褚君浩）

序 言

作为当前机械加工、流水线生产的主要设备，数控机床和机器人技术的发展已经成为国内工业产业的发展标志。数控机床是制造装备业的工作母机，是先进的生产技术和军工现代化的战略装备。习近平主席指出，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。

但这些技术和产品并不为广大普通民众特别是大中小学生所了解。为了让广大人民群众了解《中国制造 2025》的真实内涵，支持中国制造，成就中国制造，造就大批新时代的科技接班人，褚君浩院士牵头组织编写了这套丛书。本册编著杨正泽先生具有多年教学和科研经验，李向东先生从事机器人研究和科普教育很多年，本书也是两位专家多年成果的积累和总结。本书的初衷是试图将只有专家才能掌握的东西，撒播到生产第一线的从业者中间，播撒到千千万万的青少年的心里。因为任何技术只有掌握的人多了，才有可能产生出更多的原始创新。让原来只有少数人搞的技术成果、技术创新，变成一个在全国人民心中的一个共同愿望，一个共同理想，一个共同的中国梦。

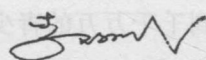
也许有人会提出，那不是所有的人都能称为科学家和学者了吗？并不是这样。科研活动也需要分层次的，它需要科研带头人，但属于工艺和技术层面的实践活动，却需要许许多多跨行业人的积极参与。特别是那些常年在一线工作和劳动的默默无闻的基层工作者们，他们只要了解了从业的技术，掌握了较实用的技术知识，用心琢磨和思考，搞出比专家教授强的技术革新并非没有可能。从这方面来看，编写这套科普丛书意义很大。

《高档数控机床和机器人》大众读本不能同量子理论的论文相提并论，也不能与航空航天技术宏伟蓝图相比较。但我们坚信，要让我们这样一个

制造业大国在国际舞台上向制造业强国迈进，未来没有一大批合格的，数以百万计的，热爱钻研技术的工人、工程师、专家、教授是不可想象的。现阶段，国家需求最紧迫的就是高精尖的加工基础工业和大量以代替人进行繁重和危险劳动的机器人的应用。编写一套适合大众理解中国智能制造的科普丛书，就相当于把中国的未来科技的发展和战略深入人心，有利于凝聚人心、共谋大计、协同发展。

科普的要求是把复杂的问题简单地说出来，把高精尖的技术、原理用通俗的语言表达出来。这也是我们看到这部丛书最真实的感受。我也希望将来我们自己编著技术书籍时不再是晦涩难懂、枯燥乏味的说教面孔，而是语言通俗、图文并茂、内容实用、阅读轻松的画册，但又不能失其专业性。当然，要把科学技术书籍编写得让大多数人能轻松地学习和阅读，又能让专业技术人员 and 专家手不释卷，这是一个很难的事情。但我们还是希望这样的精品丛书能更多地展现在读者面前。

我期待这本书能给广大数控爱好者和机器人迷们带来更多的营养和知识。也希望这本书能在广大青少年中间埋下科技的种子，为我们培养优秀的科技人才和科技爱好者做出贡献。



(山东大学机器人研究中心主任、“十三五”国家重点研发计划“智能机器人重点专项”论证专家 **李贻斌**)

前 言

在我国新旧动能转换的浪潮中，科技的发展和 innovation 是千千万万科技工作者的日夜坚守的承诺。建设引领世界制造业发展的制造强国，已成为我们的国家战略，《中国制造 2025》则是这个战略中的第一个十年纲领。在这个纲领性文件及其重点领域技术路线图的指引下，怎样看清楚前进的方向，确立自己的科技发展方向，不仅是科技工作者的事情，还要让广大人民群众参与到这个宏伟的事业中来。本书主要讲了这个宏伟蓝图的一个方面——高端数控和机器人的发展理解。为了便于读者的理解，没有刻意展现烦琐复杂的公式，而是循着技术发展的脉络，从技术的发展历史娓娓道来。读好这本书，就能理解国家规划这个方向的重要性，同时也有利于读者对高端数控和机器人的理解。我们编著这本书的初衷，是期望广大读者能在人生的路途中，点燃科技的薪火，照亮明天的旅程。

本书包含了高端数控和机器人的发展历史、产品实物、组成分类、定义理解、幽默比喻、国家战略解读等多层面、多角度，深入浅出地阐述了这方面的知识、技术和战略。我们避开生硬简单的说教，于简练的语言中引发出核心的技术发展，旨在让读者容易理解技术发展的必要性，我国发展数控和机器人的紧迫性，在科技发展中建立自信和方向。本书编著依国家战略为蓝本，建议相关行业的读者在阅读本书时，可以参考国家关于这方面颁布的指导方针和战略规划；希望非相关行业的广大读者用心品读，相信每一个人会受益匪浅。

编著者

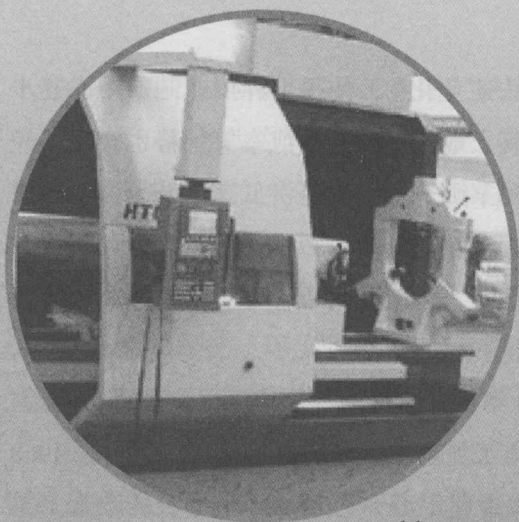
2018 年 1 月

目 录

“再工业化”的呼唤	1
“再工业化”相关概念	2
不同阶段不同内涵	3
制造业重生的内生动力	3
《中国制造 2025》出台	4
高档数控机床和机器人	5
高档数控机床篇	6
制造机器的机器——数控机床	7
数控机床	7
基本组成部分	8
工作原理和流程	10
数控机床的类别	11
数控机床的特点	14
典型的数控机床	15
数控机床的时代需求	22
数控机床的历史	23
我国数控机床的发展概况	25
数控机床的发展趋势	27
高档数控机床：更精密、更高速、更高效	28
何为高档数控机床？	28

发展高档数控机床的迫切性	29
高档数控机床的重要价值	30
发展高档数控机床的阶段性成果	31
发展高档数控机床的挑战	35
数据驱动：数据也能驱动？	36
机器人篇	40
机器人：机器还是人？	41
机器人 = 机器 + 人？	41
机器人的历史	42
机器人的分类	48
世界主要机器人厂商	63
国内厂商介绍	74
机器人发展趋势	87
机器人产业发展概况	90
工业机器人：制造能力的跃升	91
工业机器人的历史	91
工业机器人的组成和分类	93
工业机器人的编程方式	98
FMC 与 FMS	99
工业机器人的应用领域	102
工业机器人的发展趋势	102
工业机器人关键技术	103
工业机器人发展瓶颈	106
工业机器人技术动态	107
服务机器人：人类的仆人？	108
服务机器人的分类	109
服务机器人关键技术	121
服务机器人的标准	123

服务机器人发展趋势.....	125
人工智能：还是机器么？	127
人工智能相关定义	127
人工智能的突破	129
人工智能的发展阶段.....	132
人工智能的人类属性.....	134
人工智能的超人类属性.....	135
人工智能的检测——图灵测试.....	137
人工智能的伦理挑战.....	143



“再工业化”的呼唤

“再工业化”相关概念

近几十年来，欧美国家通过“去工业化”，使得世界工业制造中心逐步向新兴国家转移，而新兴国家凭借其土地成本和人力成本等优势也实现了经济持续高速增长，相比之下，欧美国家则普遍陷入经济低速增长、失业率居高不下的困境。在经历了2008年国际金融危机后，欧美国家重新开始重视工业对于经济发展的重要作用，先后启动“再工业化”进程，希望借此机会再次夺得工业领域的主导权。

“再工业化”最早是20世纪70年代针对德国鲁尔地区、法国洛林地区、美国东北部地区和日本九州地区等重工业基地改造问题提出的。但根据1968年版《韦伯斯特词典》注解，“再工业化”是一种刺激经济增长的政策，尤其是指在政府的帮助下，实现旧工业部门的复兴和现代化，并支持新兴工业部门的增长。

“再工业化”致力于不断吸收和运用高新技术成果，发展先进制造业，避免实体经济与虚拟经济脱节，通过重新审视制造业的价值，逐步形成一种回归实体经济的态势。而“中国制造2025”的推出，就是顺应“再工业化”的呼唤，与德国工业4.0、美国工业互联网等相关政策进行呼应，形成对制造业的重新认知，并最终能够从实体经济方向着眼，推动整个宏观经济健康运行。