

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

农机装备

尚书旗 王东伟 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

农机装备

尚书旗 王东伟 编著



山东科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

农机装备 / 尚书旗, 王东伟编著. — 济南: 山东科学技术出版社, 2018.4

(中国制造 2025 大众读本)

ISBN 978-7-5331-9231-0

I. ①农… II. ①尚… ②王… III. ①农业机械—制造业—工业发展—中国 IV. ①F426.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 004816 号

中国制造 2025 大众读本

农机装备

尚书旗 王东伟 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: 8.5

字数: 136 千

印数: 1-3000

版次: 2018 年 4 月第 1 版 2018 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5331-9231-0

定价: 38.80 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 负 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、产业行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[N/OL].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

“岁月悠悠，智慧为首。”

“开疆扩土，能力为主。”

“绿色星球，农业为由。”

“科技变迁，机械为关。”

犹记得在上学期看到的一句话：“人和动物的区别：是会不会制造和使用工具”。在那远古的农耕时代，农耕工具的发展，更是反映了不同时期的人类文明。历史的脚步永不停息，伴随历史长河滚滚而来的是人类文明的不断迭代发展，但“民以食为天”仍是亘古不变的主线。

在当代社会，随着政治、经济和科技的发展，农业也被赋予了新的含义，农业不仅需要满足“食”的需求，还需要为其他衍生的行业提供原料来源。在全球化的今天，农业经济互相追逐，农业意义上的“优胜劣汰”正在冲击和打破国家之间的发展差异壁垒。对我国来讲，限于中国的国情，我国如果粮食价格太高，就不如从国外直接进口，如果粮食价格太低，就削弱农户收入。如果价格国内外全放开，势必会影响农户的利益。所以不管是从粮食的全球化角度，还是从国内粮食作物的种植安全角度，粮食作物必然要走高速机械化之路。而其他农业经济作物的效益，更是高度依赖“耕种收”等方面的技术。

近年来，尤其是“十一五”之后，随着社会现代化、信息化、全球化的快速发展，国家对农业发展递进提出了发展现代农业、加快发展现代农业，加快推进农业机械化的要求。明确了通过改进传统耕作方式、推行农业标准

化和推广先进适用农机具，促进农机农艺融合，进而实现耕种收综合机械化水平达到 60% 左右、主要作物生产全程机械化的总体目标。

智能农机，是人类通过科技方法赋予农机以智慧和能力，并按照人类所赋予的智慧，能够拥有自我完成一定农业环节生产能力的农业机械。

从科普的角度来讲，智能农机的智慧体现在三个层面：一是借助传感和检测技术，将农业机械的现况进行必要和可靠的感知，然后通过传送技术来进行本地传送或者网络分发。二是根据获得的各种现况，进行稳定意义下的智能算法处理。三是经过算法处理后，相应控制信号的可靠输出与准确执行。这三个层面直接反映了智能农机的智慧水平。而智能农机的能力体现在一个层面：农业机械的物理性机体架构。该架构直接决定农机的机械和农艺执行能力。

从作业环节的角度来讲，智能农机的智慧体现在三个层面：一是作业模式及其参数在线可调，即机械体不是一成不变的固定连接，而是在一定范围内具有机械在线变形能力，同时机具之间可实现组队作业，并具有一定的配合和协同能力。二是关键参数必须实现精准化控制，即借助科技的力量，机具在农业现实环境下要具有宽泛的环境适应能力。三是必须提高稳定性，降低故障率，并具有一定的故障自我修复能力。智能农机的能力体现在：对各个作业环节的全程和全面覆盖上。

本书恰逢其时，以科普性的语言，将智能农机进行了科学性的梳理，并结合农业工程案例，进行了系统的讲解。尤其是对动力机械、种业装备、耕整地机械、种植机械、田间管理机械、收获机械、农产品后处理机械及农业综合利用机械进行了重点讲解，并对农机生产制造与应用及其零部件配套技术进行一定的讲解。该书编者在现代农业发展的重要时间节点，将智能农机装备给读者进行了系统性的科普。那就让我们在书中领略智能农机的魅力吧。



（中国工程院院士，新疆农垦科学院农机所原所长，研究员 陈学庚）

前 言

本书是智能农业装备科学普及类读物，适用于普通高等学校农业工程类专业学生阅读，也可供有关科研与技术人员参考。特点是重点介绍和总结现有农机智能化现状、智能农机装备发展趋势，以及以智能农业装备为支撑的现代农业的发展方向。作者结合团队成员多年来的农业机械科学研究与应用推广经验，在借鉴国内外智能农业装备最新科技与前瞻性研究成果的基础上，注重农业装备发展历程、研究现状与相关理论知识的有机结合、融会贯通，又考虑了各部分内容之间的相互独立性、完整性和系统性；在重点论述各类智能农业装备涵盖知识的基础上，结合了大量的智能化在农业工程中的应用实例，内容由浅入深、循序渐进、内容全面、层次清晰，便于读者阅读理解，有利于推进智能农业装备的科学普及和研发推广。

本科普读物是青岛农业大学机电工程学院尚书旗教授与王东伟副教授共同编著，在编写过程中，得到了兄弟院校和科研院所的大力支持，也得到了山东省农业机械管理局有关领导的大力支持，在资料收集整理及编著过程中还得到了青岛农业大学机电工程学院教师与研究生的大力帮助，在此一并表示诚挚的谢意！

智能农业装备及其相关技术内容较多而且发展较快，加之篇幅有限，尽管我们付出了长时间的努力，但因为水平有限，书中难免存在不足和错误之处，恳请读者批评指正。

编著者

2018年1月

目 录

绪 论	1
我国农业机械化发展历程	2
我国农业机械化发展现阶段主要成就	4
国外农业机械化新技术的现状与发展	8
智能农机及其发展	10
智能农机共性技术与通用化配套技术	17
智能农机基础理论研究包含的内容	18
基于北斗系统导航的现代农业机械化技术与平台	22
基于互联网的农机监控与故障诊断技术	25
机械装备中机械部分共性技术与智能技术的结合	26
农机化、智能化、信息化共性技术的应用	27
智能农业动力机械	30
智能农业动力机械概述	31
新型节能环保农用发动机	32
重型智能化拖拉机	33
智能电动拖拉机	35
丘陵山地拖拉机	36
大马力智能农机技术的应用	38
智能种业装备	39
智能种业装备概述	40

育种生产装备	41
种子清选机械与种子分级机械	42
种子干燥机械	44
种子包衣机械与种子丸粒化机械	46
智能耕整地机械	48
智能耕整地机械概述	49
整地机械的主要技术内容	49
智能耕地机械的特点与应用	51
智能整地机械的特点与应用	53
智能保护性耕作	54
发展方向与路径	56
智能种植机械	59
智能种植机械概述	60
主要技术内容	60
智能播种机械的特点与应用	62
智能育苗机械的特点与应用	63
智能移栽机械的特点与应用	63
发展方向与路径	65
智能田间管理生产机械	68
智能田间管理生产机械概述	69
主要技术内容	69
智能施肥机械的特点与应用	71
智能灌溉机械的特点与应用	72
智能植保机械的特点与应用	74
发展方向与路径	75
智能收获机械	77
水稻联合收割机的特点与应用	78
玉米联合收获机的特点与应用	79

花生联合收获机的特点与应用	82
发展方向与路径	85
智能农产品后处理机械	91
智能农产品后处理机械概述	92
主要技术内容	93
农产品后处理机械的特点与应用	93
发展方向与路径	94
智能农业综合利用机械	96
智能农业机械的生产制造与应用	101
智能农机零部件的配套技术	104
电控柴油机	106
转向桥及其悬浮系统	107
农业机械专用传感器	107
农业机械导航及智能化控制作业装置	108
智能控制无级变速器 (CVT)	108
大型拖拉机智能作业电液控制单元	109
高性能传动带	109
高性能打结器	110
静液压驱动装置	110
高性能水声探测仪器	110
展 望	111
附 录	114
附录一 智能农业机械监测与控制功能	115
附录二 IO 统计	117
后 记	119



绪 论

“农业的根本出路在于机械化”，这是毛泽东主席在 1959 年做出的著名论断。时至今日，主要农作物农业机械化水平非常高。中华人民共和国成立以来，农业机械化经过近七十年年的发展，波澜壮阔，极不平凡，在党和政府领导下战胜各种困难挫折，探索前进，开拓创新，取得了多方面的成就和历史性的进步，开创了一条中国特色农业机械化发展道路，实现了由初级发展阶段向中级发展阶段的跨越，为提高我国农业综合生产能力，解放和发展农村生产力，促进农业稳定发展、农民持续增收和我国经济社会持续健康发展做出了重要贡献。

我国农业机械化发展历程

中华人民共和国成立近 70 年来，中国农业机械化发展大体经历了 5 个阶段。

1949—1980 年，创建起步阶段。中央提出了明确的农业机械化发展目标和相应的指导方针、政策。国家在有条件的社、队成立农机站并投资，支持群众性农具改革运动，增加对农机科研教育、鉴定推广、维修供应等系统的投入，基本形成了遍布城乡、比较健全的支持保障体系。我国农机工业从制造新式农机具起步，从无到有逐步发展，先后建立了包括第一拖拉机厂、天津拖拉机厂、常州拖拉机厂等一批大中型企业，奠定了我国农机工业的基础。

1981—1995 年，体制转换阶段。农村实行家庭联产承包责任制后，集体农机站逐步解散，国家对农业机械化和农机工业的直接投入逐渐减少，农机平价柴油供应等优惠政策逐步取消，曾经出现“包产到户，农机无路”的尴尬。1983 年国家开始允许农民自主购买和经营农机，农民逐步成为投资和经营农业机械的主体。为适应农业生产组织方式的重大变革，农机工业开始第一轮大规模结构调整，重点生产了适合当时农村小规模经营的小型农机具、手扶拖拉机、农副产品加工机械、农用运输车等。而大中型拖拉机和配套农具保有量停滞不前，机具配套比失调，田间机械利用率低，农田作业机械化水平提高缓慢。

1996—2003 年，市场引导阶段。20 世纪 90 年代中期以来，农村劳动力开始出现大量转移趋势，农村季节性劳力短缺的趋势不断显现。1996 年，国家有关部委开始组织大规模小麦跨区机收服务，联合收割机利用率和经营效益大幅度提高，探索出了解决小农户生产与农机规模化作业之间矛盾的有效途径，中国特色农业机械化发展道路初步形成。农机工业开始了新一轮产品