


交通强国系列读本

党的十九大提出建设“制造强国”“交通强国”

中国智造 助推交通强国

中华人民共和国国际科技合作奖获得者倪军教授作序
交通运输部青年科技英才赵光辉◎著

 中国工信出版集团

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

党的十九大提出建设“制造强国”“交通强国”

中国智造 助推交通强国



中华人民共和国国际科技合作奖获得者倪军教授作序

交通运输部青年科技英才赵光辉◎著

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

中国智造助推交通强国 / 赵光辉著. — 北京 : 人民邮电出版社, 2018. 1
(交通强国系列读本)
ISBN 978-7-115-36563-7

I. ①中… II. ①赵… III. ①智能制造系统—制造业—研究—中国②城市交通运输—研究—中国 IV. ①F426.5②F572

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第296185号

内 容 提 要

本书详细而深刻地探讨了“智能制造助推交通强国”这个新课题,内容涉及我国智能制造如何改变目前的交通发展,以及对城市智能交通的巨大影响、“两业联动”视角下我国物流发展战略等,总结了我国智能制造对交通强国战略产生的重要影响。本书适合交通行业研究者、智能制造研究者,以及对这方面感兴趣的读者阅读与学习。

-
- ◆ 著 赵光辉
责任编辑 赵娟
责任印制 彭志环
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
- ◆ 开本: 720×960 1/16
印张: 19 2018年1月第1版
字数: 236千字 2018年1月河北第1次印刷
-

定价: 59.00元

读者服务热线: (010)81055488 印装质量热线: (010)81055316
反盗版热线: (010)81055315

序 言

2016年8月12日，我在沈阳参加了密西根大学吴贤明制造中心校友会，会间和光辉博士进行了较长时间的专门交流，重点谈到中国制造向智能制造转型升级的趋势。随后几天时间，邀请他陪同我和李杰教授等研究团队一行考察了中车集团基地。我们从沈阳到湖南，一路交流，一路讨论。当时我提出，希望他写一本关于“中国智造”的书，如中国智能制造怎样推动高铁、汽车、轮船以及未来交通运输装备发展。时光飞快，转眼即逝。2017年5月10日，光辉博士和他的学生冯帆来到杭州，我们观赏了安脉盛工业大数据技术和工业人工智能技术应用的图景宣传，坐下来探讨了关于智能制造在中国发展的相关问题，顺便谈到智能制造如何让世人生活更美好的话题。赵光辉博士兴致极高，从办公室到午餐桌，从我们在密西根大学吴贤明制造中心的智能船舶研究项目，到中国高铁制造发展的历程，再到2mm汽车工程及先师吴贤明推动世界制造业革命性发展，他的话题都围绕着中国交通如何走向世界、引领世界、造福世界，意犹未尽，我们分手的时候，他告诉我，今年一定会写完中国制造推动中国交通发展的书。当时，我为有他这样一位学生而感慨，感慨于他满满的交通情怀，感慨于他沉浸于研究而忘我的感染力。

作为世界经济论坛先进制造全球议事委员会副主席，我一直在关注一个国家制造业对该国在世界影响力位置的变动问题。

从20世纪30年代开始，美国大力发展制造业，完善了航空、能源、钢铁、化工和电力技术，推动了美国汽车、飞机、轮船制造。20世纪70

年代以来，以美国为中心辐射全球的信息技术革命让世界开始以指数级的速度改变，美国成为微电子技术和信息技术革命的主导者，以硅谷为中心的研发创新加上以华尔街为中心的商业推进，美国牢牢把持了世界科技、经济中心的地位。进入 21 世纪以来，以互联网产业化、工业智能化为代表，以人工智能、无人控制技术、量子信息技术、虚拟现实以及生物技术为主的第四次工业革命快速改变世界。2012 年巴拉克·奥巴马总统再次竞选成功后，美国政府正式推出了“先进制造合作伙伴关系计划”（AMP，后升级为 AMP 2.0）并实行了一系列国家级举措，包括专门建立机构协调所有与制造相关的研究计划、创建十几个国家的制造创新网络、向美国制造业提供激励措施以及积极缩小基础研究和商业化之间的差距。虽然现任总统康纳德·特朗普几乎否决了所有前任总统的提议，但促进制造业发展仍然是美国政府优先考虑的计划之一。

中国政府自 2015 年以来，实施了“中国制造 2025”的大战略。这个战略共分为 3 个阶段，每个阶段都需要花费 10 年的时间。第一阶段即“中国制造 2025”，将着眼于提高生产质量，提升中国制造业的竞争力。而第二阶段和第三阶段则是提高中国制造业的创新能力，让中国企业迈入世界创新制造业的行列，并在 30 年内走向世界领先集团。中国的大飞机制造、高铁大发展、无人驾驶汽车的研发、共享单车的创新等，都成为这个时代闪耀的明珠，引起世人瞩目。目前，中国已超过美国成为最大的制造业国家和最大的国际贸易国家。在高铁领域，10 年间中国就已经生产了 2400 多台高速列车，建成了世界上最大、最长的高速铁路网。最近，“交通强国”与“制造强国”“人才强国”“质量强国”等一系列“强国政策”一道陆续出台。

自 2010 年以来，世界经济论坛（WEF）已经开始关注制造业对包容性增长、可持续发展、劳动力发展、能源和自然资源消耗、国际贸易和物流以及就业等诸多全球性问题的影响。为此，世界经济论坛开启了与制造

业相关的若干举措，如建立全球先进制造议程理事会、未来制造业工作组和有关未来制造的全球未来理事会（GFC）。一大批政策制定者、经济学家、技术专家、教育工作者、工业管理人员和民间社会活动家共同为未来制造树立愿景。就在本月，也就是2017年11月，我作为唯一一位欧盟成员国以外的特邀嘉宾，应邀参加了每两年召开一次的欧盟未来制造大会（Manufacture），会议在欧盟轮值国爱沙尼亚共和国塔林盛大举行，600多位来自工业界和学术界的领军人物以及欧洲各地的政治代表以“提升价值链（Moving up the Value Chain）”为题，展望欧洲制造的未来，为走向2030年的科技发展道路畅所欲言。我在会上提出，影响全球制造业未来发展的关键因素和驱动因素有很多，例如，政府政策（如研发激励措施、进出口税、环境保护规定等）、技术进步（如机器人技术、数字技术、自动化、物联网等）、创新生态系统（如研发投入、知识产权保护等）、贸易协议（如多边、区域、全球等），还有基础设施和能源供应、人才的培养、新兴消费市场的出现、全球物流成本等。在生产成本快速增加，出口市场收缩，其他低成本劳动力国家的竞争等多重压力下，中国政府意识到需要将制造业转型升级，“中国制造2025”的提出，代表了中国的制造业进入了一个关键和挑战的时期。中国政府开始实施创新驱动，建立国家创新机制、法律框架和生态系统；促进监管制度标准化，提高资源利用率；加大环保力度并淘汰落后产业；吸引国际顶尖人才，鼓励STEM教育。中国的市场巨大，有着良好的物质基础设施，现在又有了政府部门提供的强力支持，可以预见在未来10年内的重大转变。

伴随着“交通强国”政策，交通行业成为中国智能制造的前沿领域。早在2001年，我和李杰教授在美国创建全世界首个专注于工业设备智能化应用的国家级中心——美国国家智能维护系统中心（IMS），就是从交通制造开始的，我们先后与100多个工业领域、15个国家、85个跨国企业

的合作，其中更包括我们所熟知的波音、通用汽车、通用电气、航天科技集团、中船重工等知名企业，汽车、高铁、航空、船舶、桥梁……这些都是交通运输的范畴。拿飞机发动机来说，一般来说，在公司发动机售卖和保修期结束后，服务便停止了，但通用电气通过智能维护系统预测发动机未来的运行状况，提前将需要更换的零件调配至指定中转站。这也使得通用电气从卖产品走向了卖服务，从出售发动机转而变成出售飞行小时数，利润空间大幅上升。我和李杰教授创办的安脉盛，以推动工业大数据技术与工业人工智能技术应用为主，当然致力于交通运输设备故障预诊、健康管理、生产与维护排程优化等一系列服务，推动“中国制造 2025”和“交通强国”融合发展。以我们最近和中国中车的合作为例，中国的高铁经过七八年来高速发展，中国变成世界上高铁里程数最长的一个地方。大家知道，高铁是速度快非常的运载工具，要不惜代价地保安全。中国高铁更换维保成本比国外要高，如果我们能够提供精准维保，一扫描就知道第八列车厢前面的转向轴承要换，这样能极大提高维保的精准度，降低成本，提高安全性。我们期待，智能制造技术的应用不仅仅限于高铁，对于其他运输领域，也能够得到应用，或许这就是智能制造推动中国交通强国发展的一个侧影。

五年以前，赵光辉博士初到美国密西根大学，很多人问他，“你不是学制造专业的，怎么到我们这里来做研究？”我记得有一次向来访的中国工程院院士、清华大学副校长尤政教授介绍说，光辉博士本来是研究人才的，后来在交通运输部所属单位工作，所以他重点来研究制造技术推动中国交通发展问题，同时也专注于制造大师吴贤明先生的事迹传播。2015年年底回国之后，他撰写了《互联网+交通》《互联网+综合运输》和《Uber 崛起：颠覆未来交通》，我欣然作序。今年，他新出版《中国智造助推交通强国》等书，依然没有离开交通运输的视野，我依旧欣慰作序。

一个人来到世上，要活得有意义，要因为你的存在会对社会、对周边

人群产生影响。无论扮演什么角色，每个人都可以使这个世界发生一点改变。希望勤奋的光辉博士继续努力，结合世界发生的重大技术变革，把握天下大势，始终以国际视野、宽阔的胸怀和超凡的睿智服务于交通强国的研究，为读者带来更多好消息。



2017年11月28日于美国密西根大学

倪军教授，美国密西根大学吴贤铭制造科学冠名教授、吴贤铭制造研究中心主任，世界经济论坛先进制造全球议事委员会副主席，上海交通大学校长特聘顾问、密西根学院创始院长，杭州安脉盛智能技术有限公司创始人。曾获美国国家科学基金会总统教师奖、国际制造工程师学会杰出制造工程师奖、美国机械工程学会 William T. Ennor 最高制造技术奖、北美中国工程师学会卓越服务奖、教育部高等教育教学成果国家级一等奖、上海市政府海外科学家杰出贡献白玉兰金奖，国际制造工程师学会、国际工程资产管理学会及美国机械工程学会 Fellow，中国首批“长江计划”特聘教授，首批“千人计划”特聘专家。2013年中华人民共和国国际科技合作奖获得者。

前 言

2017年10月18日，习近平总书记在党的十九大报告中指出，加快建设制造强国，加快发展先进制造业，推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合，在中高端消费、创新引领、绿色低碳、共享经济、现代供应链、人力资本服务等领域培育新增长点、形成新动能。

经济全球化3.0时代，交通运输领域的科技创新将对交通的治理产生颠覆性影响。从历史和现实结合的角度看，我国在很多领域实现了从量变到质变的发展、从“跟跑”向“并跑”乃至“领跑”的重大转变，意味着中华民族实现了从站起来、富起来到强起来的历史性飞跃，就交通运输而言，也进入了由交通大国向交通强国迈进的新时代。近几年，我国前所未有地接近中华民族伟大复兴的目标、前所未有地走近世界舞台中心，标志着我们开创了一条与西方不同的崭新的中国特色社会主义现代化之路，拓展了发展中国家走向现代化的途径，为解决人类问题贡献了中国智慧、提供了中国方案。

“推动中国制造向中国创造转变、中国速度向中国质量转变、中国产品向中国品牌转变”，习近平同志对于建设质量强国的重要论述，指引着中国制造业由“制造”向“创造”和“智造”发展。智能制造助推交通产业上下游紧紧抓住交通运输发展黄金时期，以创新推进运输装备品质升级和运输服务品质提升，为我国经济社会行稳致远做出了巨大贡献。在国家制造强国建设领导小组指导下，各项工作取得积极成效，相继出台了多项扶持政策。其中，在《中国制造2025》文件中，我国政府更是明确表示“要

大力发展以智能制造为核心的新经济”。智能制造的影响不局限在制造业领域，其更将有助于加快我国产业结构转型进程，培育经济增长新动能，从高污染、高能耗的粗放型经济转型为可持续、低能耗、高附加值的集约型经济。

事实上，智能制造并非新生事物，长期以来，德国、美国、日本等工业强国都对智能制造保持着高度关注，并在资金、政策等方面给予了大力扶持，例如，美国出台的“再工业化”战略，德国提出的“工业4.0”战略，日本发布的工业价值链参考框架 IVRA 等，它们都将发展智能制造提高到了国家战略高度。

制造业向来是衡量一个国家综合国力的核心指标，对国民生活水平与质量也有着直接影响。改革开放后的三十多年里，我国经济能够保持高速增长，正是得益于制造技术与生产工艺的快速发展。1980—2015年，35年间，我国的道路里程增加了7倍，而我国的机动车拥有量却增加了110多倍。2010—2015年，汽车无人驾驶技术等相关的发明专利超过22000件。无人驾驶主要采用一种“车对车”的通信技术，能够使车与周边车辆以及交通信号灯、路标等进行信息交换，因而可以大幅降低交通事故率。如今，我国已经成为制造大国，在全球制造业中扮演着关键角色，甚至成为举世瞩目的“世界工厂”。

然而国内企业集中分布于低附加值、劳动密集型的制造业价值链低端环节，更为严重的是，随着国内土地租金成本及劳动力成本不断增长，很多海外巨头开始将工厂迁移至非洲、东南亚地区。而智能制造战略的落地，无疑为我国打破当前制造业发展困境，重构传统制造业价值链，推动中国经济的转型升级提供了新的思路。

智能制造将有助于设计研发实现众创、众包，制造过程实现自动化、数字化，企业业务流程信息化，加速形成新的企业与用户关系，对传统的

管理及运营模式产生颠覆性变革。智能制造实现了从传统模式向数字化、网络化、智能化的转变，从简单的产品生产升级为“生产+服务”，促进从生产型制造转变为服务型制造。车辆采取由电脑程序控制的无人驾驶技术，就可以避免驾驶员错误操作的可能，从而可以减少95%的事故率。由于无人驾驶车辆在行驶过程中有着更为紧密、可控的车距，随着道路对车容量的进一步增加，基础设施容量也逐渐达到最佳状态值。除安全性外，无人驾驶技术还可让驾驶员如同坐出租车或火车一样，获得一种双手解放的轻松、自由、舒适的体验感。电动汽车仅依靠以蓄电池为主设备的动力传动系统来驱动汽车行驶，主要包含驱动电机、调速控制器、动力电池以及车载充电器，无须占据超大空间的排气系统。与复杂、庞大的传统汽车的动力总成、底盘结构相比，你会发现电动汽车的结构如此简单。在百公里能耗方面，电动汽车耗能约相当于7公斤标准煤，而传统汽车耗能约10公斤标准煤，特别是在拥堵环境中，其作用优势将更显著。可见在强调绿色智慧、科技创新的交通强国背景下，电动汽车的优势将逐步显现。智慧基础设施主要依据大量传感器采集的信息，根据信息对其进行实时监控、评估与测算，并根据检测结果反馈相关的决策支持信息。智慧基础设施是物理基础设施与数字信息化基础设施的结合，主要用于不断改进、完善信息，有助于决策者做出性价比更高的决策。它通过在物理基础设施上安装数字化的电子信息网络，并联通互联网。不仅如此，智慧基础设施还表现在其综合考虑各个方面的联系、相关政策制度以及社会环境等因素，达到交通治理所带来的经济效益及社会效益的最大化。

“交通强国”战略、“一带一路”的“互联互通”构想与我国交通治理体系从来就有着“混血”“交织”和“共生”联系的大背景，智能制造正是以交通领域各项科技创新为具体体现与载体，借助信息技术、人工智能等技术的渗透力、扩散力来推动以服务为核心的交通管理方式创新和交通

治理能力的提升。智能制造将引领未来交通技术运用，是我国交通强国战略的关键，更是我国交通运输行业创新驱动战略实施，实现可持续发展的必然抉择。“一带一路”战略的持续推进，为我国传统制造业的转型升级奠定了坚实基础。

发展智能制造，不仅是引入先进的制造技术与设备，更为关键的是，实现整个产品流通流程的数字化、信息化，建立产业链各环节双向、实时互动的信息物理系统，变革传统的生产组织方式和人际关系，推动生产方式与商业模式创新。

实现全面建成小康社会和现代化强国的目标，需要我们脚踏实地、稳中求进、久久为功，交通运输更要当好先行官。展望未来，我国交通运输事业任重道远，我们将艰苦奋斗，着力服务人民、服务大局、服务基层，着力建设安全可靠、便捷畅通、经济高效、节能环保的人民满意交通，着力打造多方联动、治理有效、法制健全、文明守信、绿色智慧、综合发展的现代交通，努力建设交通强国。

赵光辉

目 录

Part 1 经济篇：智能制造引领经济新常态

第 1 章 智能制造：中国经济创新增长新动能 // 003

1.1 智能制造的概念、特征、趋势与影响 // 004

1.1.1 我国智能制造概念的基本解读 // 004

1.1.2 智能制造产业的 4 个主要特征 // 007

1.1.3 全球智能制造的主要发展趋势 // 009

1.1.4 智能制造对全球制造业的影响 // 013

1.2 我国智能制造的发展进程、瓶颈与对策 // 014

1.2.1 我国推动智能制造的发展进程 // 014

1.2.2 我国智能制造转型面临的挑战 // 017

1.2.3 促进我国智能制造发展的建议 // 019

1.2.4 我国实施智能制造的五大关键 // 021

第 2 章 “中国制造 2025”：全面实施制造强国战略 // 025

2.1 实施背景：突破中国制造“大而不强”的局面 // 026

2.1.1 制造业“大而不强”的瓶颈现状 // 026

2.1.2 “低成本优势”正在逐渐消失 // 028

- 2.1.3 我国制造业创新研发投入不足 // 029
- 2.1.4 我国制造业技术瓶颈亟待突破 // 030
- 2.2 实施路径：推动“中国制造 2025”全面落地 // 032
 - 2.2.1 “中国制造 2025”战略落地策略 // 032
 - 2.2.2 强化智能制造的顶层设计与布局 // 034
 - 2.2.3 增强发展现代制造业的战略定力 // 036
 - 2.2.4 把握制造业转型升级的路径方向 // 037
 - 2.2.5 全力促进重大决策部署贯彻落实 // 039
- 第 3 章 工业 4.0：掀起新一轮的工业革命浪潮 // 041
 - 3.1 解密德国“工业 4.0”的概念、特征及内涵 // 042
 - 3.1.1 “工业 4.0”的发展理念与愿景 // 042
 - 3.1.2 “工业 4.0”的实施过程与特点 // 044
 - 3.1.3 “工业 4.0”的体系架构与路线 // 047
 - 3.1.4 “工业 4.0”与“中国制造 2025”比较 // 051
 - 3.2 “工业 4.0”实践启示：从德国概念到中国战略 // 055
 - 3.2.1 德国“工业 4.0”实践经验总结 // 055
 - 3.2.2 “工业 4.0”对中国制造的启示 // 058
 - 3.2.3 开辟中国特色“工业 4.0”之路 // 060
 - 3.2.4 关于发展智能制造的认识与对策 // 063

Part 2 战略篇：构筑中国制造强国之梦

- 第 4 章 “互联网 + 制造”：构建智能制造新格局 // 067
 - 4.1 制造新蓝图：“互联网 +”赋能制造业转型 // 068

4.1.1 “互联网+”：构筑制造强国新引擎 // 068

4.1.2 “互联网+制造”不等于智能制造 // 070

4.1.3 “互联网+”时代的装备制造业 // 071

4.2 产业互联网：中国如何超过美德工业强国 // 072

4.2.1 中、美、德的产业互联网对比 // 072

4.2.2 中国产业互联网如何“弯道超车” // 076

4.2.3 弘扬工匠精神，深挖市场需求 // 077

第5章 转型升级：从“中国制造”到“中国智造” // 079

5.1 “十三五”规划：中国制造转型升级的顶层设计 // 080

5.1.1 把握制造业转型升级的大趋势 // 080

5.1.2 实现工业与服务业的深度融合 // 082

5.1.3 能源互联网驱动新兴产业崛起 // 084

5.1.4 “十三五”规划下的战略升级 // 087

5.2 创新路径：创新驱动下的制造业智能化转型 // 090

5.2.1 技术创新：推动制造业智能化 // 090

5.2.2 组织创新：变革传统管理模式 // 092

5.2.3 模式创新：以顾客体验为中心 // 093

5.2.4 实现智能制造转型的六大条件 // 094

第6章 “一带一路”：推动我国制造业产业结构升级 // 099

6.1 “一带一路”战略下我国制造业的发展机遇 // 100

6.1.1 我国“一带一路”的战略构想 // 100

6.1.2 对接“一带一路”与智能制造 // 102

6.1.3 “一带一路”引领制造业转型 // 104

- 6.2 “一带一路”下我国与东南亚的产能合作 // 105
 - 6.2.1 东南亚地区制造业发展现状 // 105
 - 6.2.2 我国与东南亚产能合作的领域 // 109
 - 6.2.3 推进开展产能合作的措施建议 // 113

Part 3 交通篇：新常态下的智能交通时代

- 第7章 高铁经济：开启中国高铁智能时代 // 119
 - 7.1 高铁全球化：“一带一路”战略下的机遇与挑战 // 120
 - 7.1.1 中国高铁“走出去”的战略优势 // 120
 - 7.1.2 中国高铁“走出去”面临的挑战 // 122
 - 7.1.3 高铁技术进化史：从输入到输出 // 124
 - 7.1.4 中国“高铁战略”重塑全球优势 // 127
 - 7.2 智能高铁：我国高铁智能化建设与发展之路 // 130
 - 7.2.1 智能高铁：打造中国现代化铁路网 // 130
 - 7.2.2 我国高铁智能运输系统发展之路 // 132
 - 7.2.3 我国高铁信息智能化建设的前景 // 134
- 第8章 智能制造在我国航空制造业中的应用实践 // 137
 - 8.1 基于智能制造的我国航空工业发展路径研究 // 138
 - 8.1.1 探索我国航空智能制造新模式 // 138
 - 8.1.2 明确行动路线，成立创新中心 // 141
 - 8.1.3 两化深度融合，研制模式转型 // 143
 - 8.1.4 试点示范推进，形成最佳实践 // 145
 - 8.2 智能制造在我国航空制造业中的应用与实践 // 148

- 8.2.1 智能制造在航空企业中的技术应用实践 // 148
- 8.2.2 基于智能制造的航空发动机设计与制造 // 150
- 8.2.3 航空制造的数字化转型 // 154

第9章 汽车制造：开启未来汽车“智造”新变革 // 159

- 9.1 我国汽车工业智能制造的发展路径探讨 // 160
 - 9.1.1 汽车智造：我国智能制造的突破口 // 160
 - 9.1.2 创新思维：引领汽车工业转型升级 // 162
 - 9.1.3 无人驾驶：一个新兴的汽车业风口 // 164
 - 9.1.4 基本原理：无人驾驶汽车的新未来 // 167
- 9.2 “2mm 工程”在现代汽车精益制造业中的应用 // 169
 - 9.2.1 汽车制造的“2mm 工程”原理与实施 // 169
 - 9.2.2 从汽车召回案例看精益制造的差距 // 171
- 9.3 我国汽车制造业核心竞争力与人才培养途径 // 175
 - 9.3.1 新竞争环境下的企业核心竞争力的源泉 // 175
 - 9.3.2 汽车制造业的核心竞争力与高端人才紧缺 // 177
 - 9.3.3 我国汽车制造业研发力量薄弱环节所在 // 179
 - 9.3.4 汽车制造业的特殊性与人才培养的途径 // 181
- 9.4 吉利汽车：基于信息化建设的转型运营实践 // 183
 - 9.4.1 运营实践 1：信息化提升制造水平 // 183
 - 9.4.2 运营实践 2：实现跨平台数据分析 // 184
 - 9.4.3 运营实践 3：两化融合孕育新产品 // 185

第10章 单车制造：共享经济下的单车制造模式 // 187

- 10.1 最后一公里：站在风口上的共享单车制造 // 188