

# 全球新工业

Global Industry Trend

2017年10月18日

第10期

总第16期

人工智能 + 制造：带来颠覆式创新 .....	03
澳大利亚制造业转型的策略 .....	06
美国自动驾驶系统2.0：安全愿景 .....	10
成波：美国自动驾驶新政及其借鉴意义 .....	23
美国国防制造技术ManTech计划及10个成功案例 .....	26
张德远：美国国防制造技术计划的启示 .....	41



CCID 赛迪

# 环球新工业

Global Industry Trend

2017年10月18日

第10期

总第16期

主办：赛迪工业和信息化研究院

承办：世界工业研究所

北京赛迪翻译技术有限公司

编委会成员

主任委员：

卢山

副主任委员：

王鹏 樊会文 刘文强

特邀顾问：

林雪萍

本期专家：

成波 张德远

编译人员：

时翀

责任编辑：

韦韬 孟采菽 黄迪生

## 目录 | Contents

### 热点追踪

#### 03 人工智能 + 制造：带来颠覆式创新

美国国家材料和制造学部“人工智能 + 制造：带来颠覆式创新”主题研讨会于2017年10月2日在位于华盛顿的美国美国科学院召开，该会议为美国高级别的三院研讨会，只有30个受邀听众参加。本刊编辑部编译摘录了主要参会人员的发言，整理成此文。

#### 06 澳大利亚制造业转型的策略

在分析澳大利亚制造业的竞争力时，最好能更广泛地思考澳大利亚制造商们可以提升竞争力的因素，不仅仅是考虑成本，还需要关注产品价值和专一化。澳大利亚制造业的竞争力结构，主要包括三个部分：产品的成本竞争力（包括可变成本和固定成本）；产品的价值差异化竞争力（包括产品价值和产品提供的服务）和专一化竞争力，包括全球整合，价值链集中，产品集中等。

### 报告与点评

#### 10 美国自动驾驶系统2.0：安全愿景

本文由本刊编辑部翻译节选自美国国家公路交通安全管理局2017年9月颁布的《自动驾驶系统2.0：安全愿景》。此文件更新了2016年9月颁布的《联邦自动驾驶政策》，并作为美国最新的自动驾驶系统运行指导方针。

#### 23 成波：美国自动驾驶新政及其借鉴意义

#### 26 美国国防制造技术ManTech计划及10个成功案例

本文介绍了美国国防部副部长办公室（OSD）、陆军、海军、空军、国防后勤局（DLA），以及导弹防御局（MDA）等各类制造项目的成功经验。完整展示了国防部ManTech制造计划如何持续增强美国制造技术和工业基础设施。

#### 41 张德远：美国国防制造技术计划的启示

#### 44 国际简讯

#### 51 丛书简介

# 巨浪之下的定海神针

特朗普总统将于11月8至10日首次访华,这对于中美双方而言,都是一个重大时刻。对于一心能给美国带来更多就业机会的特朗普而言,把制造业带回美国,平衡贸易逆差是其核心诉求。这种影响之下,回岸制造(Reshoring)也越来越热。“美国制造、美国买”的主题诉求,在欧洲同样也是政治家关心的命题。

有大趋势,也有各种惊与喜。

首先是日本神钢的数据造假,一下子击穿了日本工匠精神的神话。如果往前推到六月,安全气囊排名世界第三位的日本高田宣布破产,其前也涉及到造假和隐瞒问题。这些丑闻,为撕开牢不可破的民族传说,打开了一个挑战的窗口。

紧接着中车集团为波士顿打造的地铁,这几天也下线了。美国第一条地铁--波士顿地铁,从1897年投入使用至今已经有100多年的历史,如今“中国制造”能够登陆美国,也是不小的振奋。

世界第三大汽车商,戴姆勒-奔驰终于行动了,它要分拆成三个公司:梅赛德斯-奔驰乘用车及商务车、戴姆勒卡车及客车业务和金融业务。其总裁指出,“我们的战略简单直接:为公司探索一个新的业务架构,确保我们以最佳状态迎接汽车工业新时代的诸多挑战”。分拆的最主要动因,就是为了应对汽车新时代的巨浪,包括各国对燃油车的禁售时间表,包括智能化开启的新技术革命。电动汽车正在成为一个风暴眼中。根据《纽约时报》的最新看法,一旦中国取得成功,北京的政策制定者将会成为重塑全球汽车业的前沿和中心。这种努力,终于被全球汽车制造商看到了它的重要性,对中国电动汽车市场的重视度,在过去几个月里产生加速的升温。

另外一个爆炸性的消息,就是空客要收购庞巴迪C系列喷气式飞机项目的多数股权,从而挽救这一滞销的单通道飞机。波音的反应异常激烈,第一时间跳出来质疑这笔交易。本来,它刚刚小胜一局——通过特朗普政府对庞巴迪痛下辣手进行进口关税加征。但这招看起太失算了,反而把小对手逼到大对手空客的阵营里去了。这使得二者多年的国际争吵,再添新刀口。当然这对于C919并不是一个好消息,通过合作获得技术的空间,将继续被压缩。同样对中车算是一个不利的消息是,上个月阿尔斯通正在与西门子公司讨论,将其业务与西门子的交通业务部门合并。实际上西门子也在跟庞巴迪进行着类似同样的谈判。所有这些铁路“老师傅”的动作,都是为了迎接来自中车的挑战。

这一系列眼花缭乱的分拆、合并,都是工业界一个又一个惊天的巨浪。

然而,巨浪之下,要沉锚定神。而国内市场庞大的用户基数和创新行动,正在成为迎接巨浪之下的定海神针。《经济学人》9月发表文章“下一个浪潮:大胆而创新的中国”,对中国的新一代创新家给予了肯定。根据麦肯锡环球研究所的数据表明,在2016年风投的六个领域中,在虚拟现实VR、机器人与无人机、自动驾驶、教育科技均位于美国之后排在第二位,人工智能排列第三位,而金融科技FinTech则

## 编者寄语 | Editor's Note

领先美国排在第一位。巨大的自成规模的本土市场、勇于尝鲜的消费者和用户界面不够友好的国企给新企业家用新技术蚕食创造了机会，这三点被看作是主要原因。文中虽然也轻度提到了政府的效率管理能力问题，但政府支持创新的强烈意愿，使得市场创新依然得到了快速的发展。

作为支持关键制造技术发展的美国国防部的ManTech计划，已经开展了六十周年（1956-2016）。ManTech计划成立的最初十年间，出于国家安全的名义，商业民用领域公司受到严格限制，不能涉足先进国防技术和制造工艺。然而在其后的30年中，国防技术的研发逐步扩散到商业领域。军用与商用呈现了良性互动的大好局面。

适逢工信部与国防科工局刚刚联合发布了2017年度《军用技术转民用推广目录》和《民参军技术与产品推荐目录》，共收录了350个项目。这个双目录从2009年开始，已经编制8期。本期刊物节选了《美国国防制造技术ManTech计划》的一些具体案例，介绍了美国国防部部长办公室（OSD）、陆海空三军、后勤局及导弹防御局（MDA）等各类ManTech制造项目的成功经验，可以中国军民融合双目录的一个参考。

与此同时，国防部高级研究局DARPA则通过前沿性研究，开创了许多颠覆性的技术。而DARPA通过各种机制，极大地调动了民间商业的热情，并实现了终极转化。在2001年到2009年任职的局长，改变了DARPA的文化，把原本投放在高校的资金，被更多地转到了军事承包商身上，也就是从“蓝天技术”走向“成果大使”，推动了无人驾驶汽车、机器人、人工智能、人机助手（如苹果Siri）等军转民用的极大发展。仔细观察这些计划和机构的运行，可以为军民融合提供许多可以借鉴。

世界发展的速度很快，自动驾驶技术的发展速度，超过了人们的想象，美国政府先行一步，为联邦政府和州政府之间的角色，提供了一个清晰边界。本刊节选了美国国家公路交通安全管理局2017年9月发布的《自动驾驶系统2.0：安全愿景》。作为一个对去年政策的更新，美国希望通过制定一个鼓励自动化车辆技术安全开发、测试和部署的法律框架，保持美国自动驾驶技术在全球的领导者地位。

许多新旧产业，都在呈现出新的形态。毫无疑问，中国的产业实力正在形成一种影响全球经济架构的力量。除了熟悉的“中国威胁论”之外，国际上也有声音认为把来自中国的竞争都归咎于不正当竞争，是旧工业思维。我们需要思考的是，既然中国从全球化获益良多，那么中国不仅要成为这一系统的守护者，重要的是，如何应对这种全球压力，降低全球产业担忧，给出建设性的、全球产业可以理解的“新工业框架”。这种理论与框架的建设，可能也可以成为应对全球工业巨浪的另外一根神针。这是当下考验政府、智库、学者集体智慧的命题。

赛迪研究院《环球新工业》编辑部

2017年10月18日

# 人工智能 + 制造：带来颠覆式创新

编者按：美国国家材料和制造学部“人工智能 + 制造：带来颠覆式创新”主题研讨会于2017年10月2日在位于华盛顿的美国美国科学院召开，该会议为美国高级别的三院研讨会，只有30个受邀听众参加。本刊编辑部编译摘录了主要参会人员的发言，整理成此文。

## 人工智能和机器学习的未来

**通**用电气（GE）全球研究院的首席制造科学家Stephan Biller在会议中主要介绍了GE致力于未来的两个方向：数字孪生和卓越工厂。

### 1、数字孪生

GE定义“数字孪生”为一种工业资产的动态数字化的同位表达。目前GE已经拥有近80万个“数字孪生”，包括发动机、机车、电站设备、零件、元件、流程等。工业资产在物理上的状态和变化，都能如实映射到“数字孪生”上，而对于“数字孪生”的控制，也能如实映射到物理的工业资产上。通过“数字孪生”能够做到对于工业资产的实时监控、在数字设备上高效同时监管多个设备、高效准确决策及反馈、预测性设备维护、远程故障诊断、工厂运营甚至供应链的实时监控及优化决策。

传统工业已经为“数字孪生”搭建了必要的物理基础：产品、工艺、流程、设备、控制系统等。在传感科技带来的大数据及其先进分析技术，包括机器学习的促进下，物理资产的数字模型得到不断的丰富和完善，最终使得数字模型能够以足够的精度逼近物理实体。这时，物理实体的优化、高效制造和机器智能就涌现出来。

### 2、卓越工厂

卓越工厂是GE在制造业的另一项综合举措。Biller正是卓越工程概念的主要提出和倡导者，比较明确的提出是在2013年底Biller就任GE首席制造科学家后。简单来说，卓越工厂就是机器嵌入各种传感器和软件后，通过物联网相连，使用GE的Predix平台作为数据流通的平台，包括和工业云相连以提高高性能实时分析。所有的响应和建议都能及时反馈给工作人员，

以便对工厂进行及时的改善。而且，借此设计和生产的屏障也将消失，得以实现更快速的原型开发、商业化生产等。

通过卓越工厂，劳动力成本将变得不再敏感，而受教育程度比较高的技能工人会极大促进生产效率。这样，北美的工厂将比那些劳动力低廉国家的工厂更具竞争力。

### 美国制造业唯一能够生存下去的途径

基于大数据和人工智能，可以提高新材料研发速度达到2-5倍。Citrine运行着全球最大的材料库平台。Citrine Informatics公司的Gerg Mulholland在会议中指出，Citrine就是一个这样的人工智能材料发现平台。例如，寻找适合3D打印的金属材料。

卡耐基梅隆大学的Newell Washburn指出，在生物3D打印方面，机器视觉和机器学习极大促进了新材料和工艺的研发，机器学习已经成为研究中的核心工具。

通过开发新颖的分子，能够形成以前的传统方法不可能形成的独特的材料特性。但是，材料的研究方法还停留在上个世纪的传统方法上。通过人工智能的帮助来开发新材料，包括搜索算法、

机器人和机器学习等方法可以在几千种新分子结构中进行设计和筛选。合成生物科技公司Zymergen公司的Vytas SunSpiral如是说。

其他参加讨论者则比较一致地表示，在人工智能的运用中，数据的质量是一个非常重要的问题。通用磨坊公司主要从事食品制作业务，该公司的James Wetzel谈到，在食品工业，有70%种预测是错误的。鉴于食品产品的性质，数据质量是个大问题。其智能制造专注于操作技术和商业智能技术。对智能制造的愿景是：使正确的信息、正确的技术、正确的时间、正确的形式、向正确的人，在我们的价值链中创造价值。目前，人工智能技术和机器学习还无法解决由数据质量引起的问题，人可以做到，所以这仍然是人工智能无法处理的一个领域。

在讨论中，卡耐基梅隆大学教授Erica Fuchs提出，美国制造业唯一能够生存下去的途径是能够制造别国不能制造的东西。她认为“美国设计，海外制造”的模式是行不通的，这样会丢掉制造业的基础。就仿佛一位大厨，不去触及食材和厨具，而只“研发”菜单，这样的菜单也必将“研发”失败。

## 通过AI提高制造业的生产效率、灵活性和质量

橡树岭国家实验室的Suresh Babu认为，所谓人工智能，是指运用计算机系统去完成那些通常需要人的智能才能完成的工作，比如：语音识别、视觉识别、决策、语言翻译等。在制造业，人工智能能帮助优化传感器的放置、分析海量数据、识别异常和错误等，来迅速分析和识别过程中的问题。

蒂森克虏伯公司深入汽车和电梯行业，尝试部署工业4.0，利用大数据、先进控制、人工智能等为客户创造更好的价值。该公司的Reinhold Achatz谈到，通过虚拟现实、设计流程的垂直整合、元件优化和系统优化的同步工程，人工智能促进的人与机器人的协作来提高设计和生产质量。增材制造可以减少零件数量，并且制造复杂零件。还可以在流程中挖掘历史数据，以便更好地预测，从而提高产品质量。

在燃气轮机工业，合金及其连接是非常重要的材料/结构因素，它们的特性会影响到燃气轮机的设计。材料特性的变差或者不稳定性会极大影响元件的性能甚至带来风险。西门子公司的Ramesh Subramanian指出，在这些方面，西门子

的工程师和研究人员具备良好的相关知识，运用传统的计算机建模平台来完成工作。在此基础上，人工智能能够显著缩短这些设计和测试工作的时间，可以缩短到3年，甚至更短。GE的科学家也提出，GE在大规模生产和定制化生产上的观点是：机器人负责大规模生产，人和机器结合负责定制化生产。

人工智能对制造业产业工人的影响增强现实软件公司Upskill的Jay Kim认为：增强现实+机器学习=工业4.0所需的劳动力。增强现实技术（AR），是一种将真实世界信息和虚拟世界信息“无缝”集成的新技术，元素是“增强”的计算机生成或提取真实世界的感官输入，如声音、视频、图形或GPS数据。增强现实提高了人们对现实的感知能力，而虚拟现实代替了真实世界。这将重新改写作绩效指标，形成“生产力+质量+服从+安全+应用”的KPI体系。

在本次会议上，还探讨了人工智能对供应链、售后服务以及制造业商业模式的未来影响。

# 澳大利亚制造业转型的策略

Andrew Stevens 先进制造业发展中心 (AMGC) 主席

**澳**大利亚制造业的发展势头强劲，拥有超过90万个就业岗位、行业研究排名第一、每月出口额达到90亿澳元的规模、有着在全球排名前五的经济增速。

## 竞争力框架的引入

在分析澳大利亚制造业的竞争力时，最好能更广泛地思考澳大利亚制造商可以提升竞争力的因素，不仅仅是考虑成本，还需要关注产品价值和专一化。澳大利亚制造业的竞争力结构，主要包括三个部分：产品的成本竞争力（包括可变成本和固定成本）；产品的价值差异化竞争力（包括产品价值和产品提供的服务）和专一化竞争力，包括全球整合，价值链集中，产品集中等。

针对以上三个可提升竞争力的部分，其差异化的解决之道是：通过提高处理效率差异化来增加产品的成本竞争力；通过产品价值差异化和提供差异化的服务来提高产品的价值竞争力；通过客户差异化战略转变市场焦点。

## 许多制造商已经走上成功之路

有许多澳大利亚的制造商正在通过上述三个差异化的竞争方式走向成功。

在提高价值差异化方面，通过设计创新和产品领先而成为创新领导者，其代表企业有：拥有世界领先的人工耳蜗技术的科利耳公司、代表世界领先的呼吸设备技术的瑞思迈公司、掌握创新型碳纤维制造工艺的Quickstep公司；还有提供一体化的产品及增值服务的服务型企业，例如开展工程设计咨询、具有一定原型机研制能力的Invetech公司；再例如，福特汽车在澳大利亚工厂停产，仍可以在当地招聘1000多名设计师和工程师来工作，成为服务型企业。

在提升专一化竞争力方面：有面向小众或尚未开发市场、提供高度定制化产品的开拓型代表企业，例如：进行贵金属探测开采的柯顿公司，提供小型飞机的电缆线束解决方案的Cablex公司，设计无人机的澳大利亚德事隆系统公司。

在降低产品成本方面，可以通过自

动化生产及业务外包，成功企业代表是工厂自动化水平高、生产流程效率高的安姆科公司。

### 制造业的价值转变

在近50年中，各个生产阶段在制造业中的价值发生了不小的转变。在1970年代，生产前、生产中、生产后这三个主要生产阶段只有比较小的价值差异。从1970年开始，有形的生产制造活动的价值变得越来越小，而代表着无形生产活动的研发、设计和销售、服务变得越来越有价值。

国际客户所关心的以下三个因素也验证了上述趋势，其关注点包括：

1、提供领先的技术和服务。因为领先的技术和设计会显著提升产品性能，所以技术采购经理高度重视这两个因素。在航空和医疗这两个行业中，领先的技术和设计占据了相对60%的重要性。领先的技术和设计包括以下三点：设计（提供先进的设计服务或能力）；创新（功能领先，能够降低成本或改善性能）和复杂性与定制化（能提供高级定制化或复杂性的设计）。

2、提供差异化的价值，包括灵活性和服务支持。在航空产业，能否提供灵活

性占据了30%的重要性。灵活性既包括能偶处理交货速度或能够适应订单规模方面的变化，也包括可以全球协作，能处理全球价值链中的多种产品，可以跟多个合作伙伴共同发展。

在医疗技术产业，服务支持占据了30%的重要性。服务支持指的是生产前后的定制化、捆绑、培训及维修。捆绑的服务可以使产品更加方便使用、升级，或者满足客户的特定需求。

3、声誉和可靠性。包括：认证或标准、可靠性与质量保证、易于管理和使用：对最终客户提供集成化的管理和使用和声誉。

以上前两个因素对于国际客户是非常重要的，而声誉和可靠性则是最为基本的要求。

对于澳大利亚国内市场小，成本高的不利因素，澳大利亚需要通过提供小批量产品及创新的设计和先进的技术来吸引全球采购经理。在航空产业，可靠性和声誉是必不可少的，尤其产品处于全球价值链的一部分时，出错或延迟交付的成本要比生产成本还高。同时，提供灵活性的服务和合作的能力是相当的重要。

澳大利亚拥有许多成功的航空航天产品种类，在每一个种类中都有强大的

技术优势和不错的国际市场份额。澳大利亚在高级复合材料“翼面结构”（可移动气动翼面）方面，拥有世界级设计水准和制造能力，在全球商业与军事供应链上处于领先地位，其代表企业有：波音（制造波音737、777、787的可移动机翼后缘）；Marand、BAE与Quikstep（制造F35尾翼的复合钛构件）；澳大利亚先进复材结构合作研究中心（CRC-ACS）。Jabiru则是一家领先的出口公司，出口轻型娱乐飞机引擎和2-4座飞机（基于低成本轻质复合材料设计和高度定制化的轻量级引擎设计）。

### 先进制造业的收益以及劳动力问题

要实现澳大利亚制造业的增长不仅要关注成本，更要关注差异化的价值和专一化。预计到2026年，先进制造业的价值在总体上会有25%-35%的提升，其中差异化的价值所占比重最大，达到14%-20%；专一化和产品成本竞争分别为7%-9%和4%-6%。

而通过比较2014年美国和澳大利亚在的航空航天产业和医疗设备产业的职位薪资，可以看出澳大利亚在高级技能劳动力方面有显著的成本优势。尽管澳大利亚的低技能生产类职位的薪资与美国相当，

在医疗产业甚至更高，但是在管理类或专业类高技能职位方面，澳大利亚人的薪资要比美国人的薪资大概低40%。这表明，在价值链上技能水平较高的部分，澳大利亚有更大的竞争力。

### 增进澳大利亚制造业转型与发展

先进制造业发展中心（AMGC）会通过以下三种途径来增进澳大利亚制造业的发展：

- 确定引导方向：通过不断修订产业竞争力计划、知识优先及其他分析报告，设置澳大利亚制造业的发展方向；

- 通过向政府和企业展示示范项目和示范中心来引导发展：通过联合投资项目，应用该行业已经确定的战略重点，成立各种示范中心，证明各企业如何能联合发展技术领导力；

- 影响力：与需要引领转型的企业分享知识和工具。与政府合作来确保提供的转型协助是最优的。

随着澳大利亚制造业转型升级，对高级劳动力的需求也在增长，其中主要包括技术领导、中高级技能的生产职位，以及对销售、服务岗位的需求。

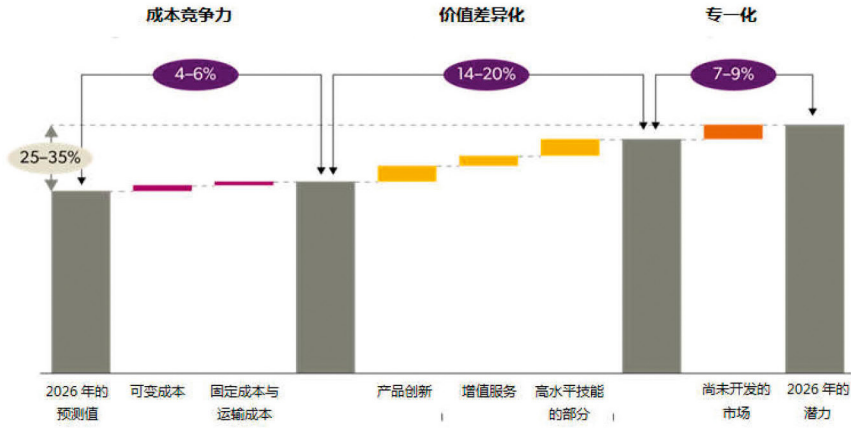


图1：各类因素的价值收益估计值占总量的百分比（%）

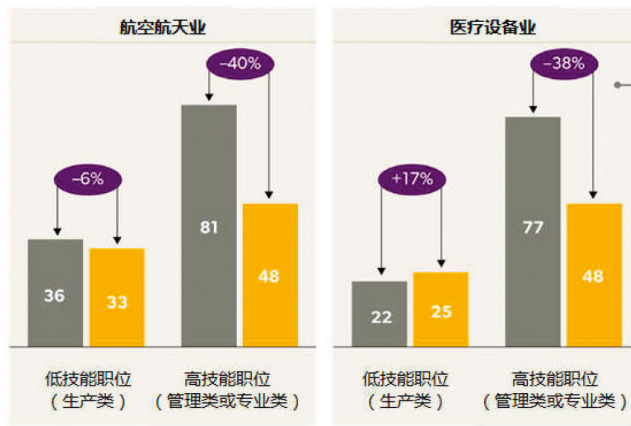


图2：美国与澳大利亚的薪资差异（按职位类别划分，2014年）

注：2017年3月在澳大利亚季隆召开了两年一次的国际碳纤维未来会议，本文由本刊编辑部根据Andrew Steven主席的演讲内容编译整理。

## 美国自动驾驶系统2.0：安全愿景

编者按：本文由本刊编辑部翻译节选自美国国家公路交通安全管理局2017年9月颁布的《自动驾驶系统2.0：安全愿景》。此文件更新了2016年9月颁布的《联邦自动驾驶政策》，并作为美国最新的自动驾驶系统运行指导方针。

**全**球正在面临前所未有的自动化技术的出现。在交通领域，10次重大道路碰撞事故中，有9次是由于人类的行为而造成的。而自动驾驶技术有可能大幅减少每天道路交通事故中的死亡率，以及减少拥堵、方便出行和提高效率。

在本文件中，美国国家公路交通安全局（NHTSA）为自动驾驶技术的安全提供了一套非监管的方法。第1部分：自动驾驶系统自愿性指导方针，帮助汽车行业和其他关键利益相关者，思考并设计自动驾驶系统测试与安全部署的最佳实践（自动驾驶系统 - SAE 自动化第3级至第5级 - 有条件自动化、高级自动化和全自动化系统）。这一部分列出了12项需要考虑的优先安全设计要素，包括车辆网络安全、人机界面、耐撞性、消费者教育与培训以及碰撞后自动驾驶系统的反应等。

鉴于这项技术的发展状态，这份自愿性指导方针为行业提供了一个灵活的框

架，用于选择如何满足规定的安全设计要求。此外，为了帮助公共建立信任和信心，自愿性指导方针鼓励从事测试和部署，公开披露其系统的自愿安全评估，从而展示他们实现安全要求的各种方法。

在公路上行驶的车辆需要遵守联邦和州的法律，并且为了安全部署新型自动驾驶系统，各州正在开始起草法律。为了支持各州的工作，美国国家公路交通安全局发布了第2部分：为各州提供的技术支持——自动驾驶系统立法最佳实践。这一部分对联邦和州在自动驾驶系统监管中所扮演的角色进行分类和分类描绘。美国国家公路交通安全局仍负责监管机动车和机动车装备的安全设计和性能；各州负责监管人类驾驶者和车辆的运营。

这一部分还提供立法最佳实践，其中包括各州应考虑在立法中加入的自动驾驶系统基本安全相关组件和重要部件。此外，这一部分还包含州公路安全官员最佳

实践，为各州提供了一个开发自动驾驶系统公路安全运行程序和条件的框架，它包括诸如应用程序和测试许可、注册和确定标题、与公共安全官员合作，以及责任和保险等考量因素。

自愿性指导方针和最佳实践部分一同为工业、政府官员、安全倡导者和公众提供支持。随着美国和全球的机动车自动驾驶系统技术的不断进步，必须始终把安全放在首位。

## 第1部分：自愿性指导方针

### 一、概述

NHTSA认为自动驾驶系统（ADSs）包括那些无人驾驶系统等，具备大幅提高美国道路安全性的潜力。本自愿性指导方针的目的是支持汽车工业、各州和其他关键利益相关者考虑和设计最佳的自动车辆技术的测试与部署方法。

自愿性指导方针包含12个优先的安全设计要点。每个要点都包含安全目标和实现安全目标的方法。应在其系统设计中考虑每一个安全要点，并且自我记录各要点的评估、测试和验证过

程。由于自动驾驶技术发展速度飞快，目前还没有供评估安全设计要点方法的标准。可以在开发适合其系统的最佳实践过程中进行自主创造和创新，从而适当降低与其方法相关的安全风险。

NHTSA采用了国际汽车工程师协会（SAE）的自动化分级和其他适用的术语。汽车工程师协会自动化驾驶等级：

- 级别0（仅驾驶员操作）：不存在自动化驾驶；驾驶员负责全部驾驶任务。

- 级别1（辅助驾驶）：车辆由驾驶员控制，但车辆设计中可能包含一些驾驶辅助功能。

- 级别2（部分自动化）：车辆已集成了多项自动化功能，比如加速和转向等，但驾驶员必须参与驾驶操作并且始终监视环境。

- 级别3（条件性自动化）：必须有



驾驶员，但不要求监视环境。驾驶员必须始终准备好在出现提示的情况下接过车辆的控制权。

● 级别4（高度自动化）：车辆能够在特定条件下执行所有驾驶功能。驾驶员可以选择控制车辆。

● 级别5（全自动化）：车辆能够在所有条件下执行所有驾驶功能。驾驶员可以选择控制车辆。

## 二、范围和目的

通过本自愿性指导方针，NHTSA为正在设计用于美国公路的自动驾驶系统的机构提供帮助，其中包括传统的车辆制造商以及其他参与自动驾驶系统制造、设计、供应、测试、销售、运营或部署的单位，如装备设计者和供应商、为车辆配备安装测试商用和/或公路用自动化能力或装备的公司、运输公司、自动化车队运营者、“无人驾驶”出租车公司，以及其他任何提供自动驾驶系统技术的个人或机构。

本自愿性指导方针适用于NHTSA管辖的机动车辆和机动车装备的设计，包括低速车辆、摩托车、乘用车、中型车辆以及大型卡车和公共汽车等重型商业机动车。

跨州机动车运输业务和商业机动车驾驶员均在美国联邦机动车运输安全管理

局的管辖范围之内，并没有在本自愿性指导方针的范围内。目前，根据联邦机动车运输安全管理局（FMCSR）的安全法规，一个经过训练的商业机动车驾驶员必须始终在方向盘后面，无论商业机动车是否使用自动驾驶技术均无例外，除非获得豁免。

本自愿性指导方针主要针对自动驾驶系统（ADSs）达到SAE自动化等级第3-5级的车辆。自动驾驶系统可能包括没有人类驾驶员或者人类驾驶员将控制权交给自动驾驶系统并且在一段时间内不进行任何驾驶相关操作的系统。

本自愿性指导方针旨在帮助自动驾驶系统设计师在部署前通过自己的、行业的和其他最佳实践，分析、识别并解决安全隐患。本文件概括了12个安全局认为已在整个行业达成共识的安全要素。

本指导方针遵循完全自愿原则，无任何强制性要求或强制执行机制。其唯一的目的是支持行业在自动车辆技术的设计、开发、测试和部署方法等方面开发最佳实践。

## 三、自动驾驶系统安全要点

### 1. 系统安全性

遵循基于系统工程的方法选择稳健

的设计和验证流程，以设计无不合理安全风险的自动驾驶系统为目标。整个过程应采用并遵守行业标准，比如道路车辆功能安全流程标准，并且涵盖系统的整个设计适用范围（比如运行参数和限制）。

设计和验证过程还应考虑加入自动驾驶系统、自动驾驶系统所在的车辆整体设计，以及宏观交通生态系统的危险分析和安全风险评估。另外，该流程应描述应对自动驾驶系统故障的设计冗余和安全策略，最好将重点放在软件的开发、检验和验证上。除了详尽、可衡量的软件测试之外，还应落实结构化和文档化的软件开发和变更管理流程，每个软件版本都应进行软件测试。行业应监督人工智能和其他相关软件技术与算法的演进、实施和安全评估，从而提高

自动驾驶系统的有效性和安全性。

设计决策应与所评估的可能影响安全的关键系统功能的风险挂钩。设计安全考量因素应包括设计架构、传感器、驱动器、通讯故障、潜在的软件错误，可靠性、潜在的控制不足，不良的控制行为。与环境物体和其他道路使用者可能发生的碰撞，可能是由自动驾驶系统的行为而引起的碰撞、离开道路、失去牵引力或稳定性，以及违反交通法规和偏离正常（预期）的驾驶行为。

所有的设计决策都应作为独立子系统是整个车辆架构的一部分进行测试、检验和验证。应记录整个流程，所有操作、变更、设计选择、分析、相关测试和数据应是可追踪的并且公开透明。





## 2. 设计适用范围

应定义并记录车辆上用于测试或部署在公共道路上的自动驾驶系统的设计适用范围（ODD），并且记录带有指定设计适用范围的自动驾驶系统功能的评估、测试和验证流程与程序。设计适用范围应描述自动驾驶系统或功能具体运行的条件。设计适用范围应至少包含以下信息才能定义自动驾驶系统的各项能力限制/边界：

- 自动驾驶系统安全运行的目标道路类型（跨州、地方等）；
- 地理区域（城市、山地、沙漠等）；
- 速度范围；
- 自动驾驶系统运行的环境条件

（天气、白天/夜晚等）；

- 其他范围的限制。

自动驾驶系统应能够在设计适用范围内安全运行。当自动驾驶系统超出规定的设计适用范围或因条件的动态变化而超出设计适用范围时，车辆应转换为最低风险状态。三级自动驾驶系统的最低风险状态将控制权移交给受到提醒、做好准备的用户。如果自动驾驶系统未指示用户收到提醒并做好准备，该系统应能够继续降低可控风险，比如使车辆减速或者让车辆安全停止。为了支持自动驾驶系统被安全引入到公共道路上并且加快其部署，设计适用范围这一概念可以在一开始就将驾驶挑战的复杂性限制在一个受限的设计适用范围内。

### 3. 物体和事件探测与响应

物体和事件探测与响应 (OEDR) 是指驾驶员或自动驾驶系统探测任何与实时驾驶任务相关的情况，并且对此类情况作出相应的驾驶或系统响应。在本指导方针中，自动驾驶系统在开启和在设计适用范围内运行时负责进行物体和事件探测与响应。

应具有文档化的自动驾驶系统物体和事件探测与响应能力的评估、测试和验证流程。当在设计适用范围内运行时，自动驾驶系统的物体和事件探测与响应功能能够探测和响应其他可能影响车辆安全行驶的机动车（进、出行驶车道）、行人、骑行者、动物和物体。

自动驾驶系统的物体和事件探测与响应还应能够避免各种可预见的情况，包括紧急车辆、临时工作区域和其他可能影响自动驾驶系统安全运行的异常情况（例如，警察手动指挥交通，或者其他急救人员，或者建筑工人管制交通）。

行为能力是指自动驾驶系统在经常遇到的交通情况中运行的能力，包括将车辆保持在车道上、遵守交通法规、遵循合理的道路礼仪，并且对其他车辆或危险作出反应。应在自动驾驶系统的设计、测试和验证中考虑所有已知的行为能力。

### 4. 回退（最低风险状态）

应具有遇到问题或自动驾驶系统无法安全运行时的文档化的转换流程，以便过渡到最低风险状态。在道路上运行的自动驾驶系统应能够探测到自动驾驶系统的故障、在不利的状态下降级运行或在设计适用范围外运行。此外，自动驾驶系统应能够以一种方式将此类事件告知人类驾驶员，使驾驶员重新获得车辆的控制权，或者让自动驾驶系统独立地回退到最低风险状态。

回退策略应考虑到轻视法律和法规的情形，人类驾驶员可能会不小心，可能会出现注意力分散、酗酒或受到其他干扰、困倦及其他不利状态。

回退操作的管理方式应有利于车辆的安全运行，并且最大程度地减少不稳定的驾驶行为。回退动作还应考虑最大程度地减少人类驾驶员转换至手动控制过程中和之后，在识别和决策上所付出的精力。

如果在无人人类驾驶员的高度自动化的情况下，则自动驾驶系统必须能够在无驾驶员干预的情况下退回到最低风险状态。

最低风险状态根据故障的类型和程度而有所不同，但可以包含帮助汽车自动安全停止，并且最好停在正在使用的车道之外的功能。应具有文档化的流程来评

估、测试和验证系统的回退策略。

### 5. 验证方法

由于不同自动化功能之间的范围、技术和能力的差别较大，因此应设计出能够合理降低自动驾驶系统相关安全风险的验证方法。测试应能够证明自动驾驶系统在正常运行过程中需要具备的行为能力，在紧急情况下避免碰撞过程中的性能，以及与其设计适用范围相关的回退策略性能。为了展示部署于公共道路上的自动驾驶系统的预期性能，测试方法应包括模拟仿真、车道测试和上路测试。

### 6. 人机界面

了解车辆与驾驶员之间的相互作用，也就是我们常说的“人机界面”（HMI）始终在汽车的设计过程中扮演着重要的角色。随着自动驾驶系统各种功能的加入，这一互动现在变得更加复杂，其部分原因是在某些情形下车辆必须能够准确地将有关意图和车辆性能的信息传递给人类驾驶员，这对于自动驾驶系统而言尤其如此，可能需要人类驾驶员执行驾驶任务的任一部分。

比如，第3级自动驾驶车辆的驾驶员必须随时准备接受系统交还驾驶职责的请

求。但驾驶员是否能够这么做取决于驾驶员是否能够对驾驶任务保持警觉，以及是否能够快速接管控制，同时在收到车辆提示前不进行任何实际的驾驶操作。应考虑在驾驶员可能参与驾驶操作的情况，为了评估驾驶员是否意识到和准备充分执行完整的驾驶操作而加入驾驶员注意力监控是否合理且适当。

应思考并记录评估、测试和验证车辆人机界面设计的过程。应考虑人类驾驶员、操作人员、乘客和自动驾驶系统可能有交互作用的外部参与者，包括其他车辆（传统车辆和配备自动驾驶系统的车辆）、摩托车驾驶员、骑自行车的人和行人。人机界面的设计应考虑自动驾驶系统在可能遇到的各种交互有关的运行状态信息，以及如何传达这些信息。

对于预期不会有驾驶员控制的车辆，应设计符合残疾人士需求的人机界面（比如通过视觉、听觉和触觉显示）。

对于可以在没有人类驾驶员、甚至没有人类乘客的情况下运行的自动驾驶系统，其远程调度或中央控制系统应能够始终随时了解自动驾驶系统的状态。比如无人的SAE第4级或第5级自动车辆、自动送件车、最后一英里专用地面无人驾驶车，以及自动维修车。

## 7. 车辆的网络安全

应遵循基于系统工程的设计方法，采用稳健的产品开发流程，从而最大程度地降低安全风险，包括那些因网络安全威胁和漏洞造成的风险。这一流程应包括对每部自动驾驶系统进行系统和持续的安全风险评估，在整体的车辆设计中，在适用的时候，它被集成在更广泛的交通生态系统里。

记录如何在自动驾驶系统中加入车辆网络安全功能，包括所有行动、变更、设计选择、分析和相关的测试，并且确保稳健的文档版本控制环境中的数据可跟踪性。

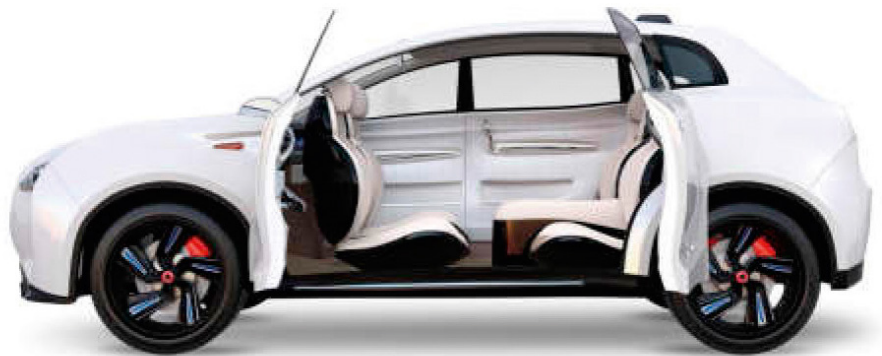
应以最快的速度向汽车信息共享分析中心报告所有通过内部测试、消费者报告或外部安全研究发现的事件、缺陷、威胁和漏洞。建立稳健的网络事件响应计划，并且采用系统工程设计方法，在设计

阶段就考虑车辆的网络安全。还应考虑采取统一的漏洞报告/披露政策。

## 8. 防撞性

由于在很长一段时间内，配备自动驾驶系统的车辆与普通车辆将在公共道路上一起行驶，因此需要考虑其他车辆与自动驾驶车辆碰撞的可能，以及在此情况下如何保护车辆乘员。无论是自动驾驶车辆还是人类驾驶的车辆，在发生碰撞时，乘员保护系统都应达到目标性能级别。

应考虑在新的乘员保护系统中加入来自自动驾驶系统运行所需的先进传感器的信息，从而为所有年龄和体型的乘员提供更好的保护。除了按现行标准评估的座椅配置之外，还应评估和考虑在任何座椅配置或内部配置下都能够保护所有乘员的其他对策。



配备自动驾驶系统的无人驾驶汽车应具备与当前车辆的几何和能量吸收的车辆碰撞兼容性。

### 9. 碰撞后的自动驾驶系统行为

参与测试或部署时应考虑如何在发生碰撞后使自动驾驶系统立刻恢复到安全状态。应根据碰撞的严重程度考虑采取关闭燃油泵、切断动力、将车辆移动到公路旁的安全位置（或可能的最安全地点）、断开电源等有助于自动驾驶系统的措施。如果还可与运营中心、碰撞通知中心或车辆通讯技术进行通讯，则应发送相关数据进行沟通和共享，以帮助减少事故造成的伤害。

此外，应提供有助于维护和修理无法使用的自动驾驶系统的文档。此类文档可能会识别所需的设备和流程，确保自动驾驶系统在维修后安全运行。

### 10. 数据记录

从碰撞数据中学习是自动驾驶系统安全潜力的重要组成部分。比如，分析一次涉及自动驾驶系统的碰撞可以带来安全功能的开发，并且预防此类碰撞在其他自动驾驶系统上发生。这种学习方法的重点是适当的碰撞再现。目前执法部门、研究

人员等还没有标准的数据元素用于确认自动驾驶车辆发生碰撞的原因。因此，参与测试或部署时应建立与故障、降级或缺陷发生相关的必要数据的书面测试、验证和采集流程，从而确认碰撞的原因。

为了再现碰撞（包括测试过程中），建议根据相关隐私保护法等当前的做法，保存、维护碰撞事件数据记录器中的自动驾驶系统数据，并且应该可以随时检索。车辆至少应该能够记录所有与碰撞相关的可用信息，从而再现碰撞情况。这些数据还应包含碰撞前、碰撞中、碰撞后的自动驾驶系统状态，以及控制车辆的是自动驾驶系统还是人类驾驶员。

### 11. 消费者的教育与培训

在部署自动驾驶系统的过程中，教育和培训是提高安全性所必不可少的一个环节。应开发、记录和长期开展对员工、经销商、分销商和消费者的教育与培训项目，从而解决自动驾驶系统与公众目前拥有和驾驶常规车辆之间存在的使用和运行方面的差异这一问题。

消费者教育项目应覆盖自动驾驶系统的功能意图、运行参数、系统能力和限制、启用/断开参与方式、人机界面、紧急回退方案、设计适用范围参数（即限

制) 和改变正在使用的自动驾驶系统行为的机制等主题。此类项目还应明确告知自动驾驶系统能做到什么, 不能够将用户系统滥用或误解的潜在风险最小化。

其他创新的学习方法(例如虚拟现实或车载系统)也可被考虑、测试和使用。

## 12. 联邦、州和地方法律

应记录如何在车辆和自动驾驶系统的设计中考虑所有适用的联邦、州和地方法律。基于设计适用范围, 自动驾驶系统的开发应考虑到地区自动行驶时遵守的所有交通法规。

在遇到某些危及安全的情况下(比如必须穿越道路的双车道线才能绕过路上抛锚的车辆), 人类驾驶员可能需要临时违反某些州的机动车行驶法规。因此, 自动驾驶系统应能够安全处理此类可预见的事件; 应对这些看似合理的场景有一个文档化的独立评估、测试和验证流程。

考虑到法律和法规会随着时间的推移不可避免地发生改变, 应考虑开发应对新法律要求或法律要求修改的自动驾驶系统更新和调整流程。

## 四、自愿安全自我评估

参与自动驾驶系统测试和部署的单

位, 可以通过发布自愿安全自我评估, 展示如何通过行业最佳实践、自身最佳实践或其他适当的方法达到自愿性指导方针中的安全要求。

应确保自愿安全自我评估不包含保密商业信息(CBI), 因为所提供的信息将被公布。

可选择是否提交自愿安全自我评估, 没有任何机制强迫必须这么做。尽管美国国家公路交通安全局鼓励在测试和部署前进行这些评估。此类评估无需得到联邦政府的批准。

## 第2部分：为各州提供的技术支持

### 一、概述

本部分将明确和解释联邦和各州在自动驾驶系统监管中的角色, 并且制定一个框架。各州在起草法律时可以参考这一框架制定自动驾驶系统方面的法律和法规, 以确保一致的和统一的国家法律框架。

虽然这项技术正在不断地发展, 而且新的州法律仍在起草和审核中, 各州可以主动评估当前的法律和法规, 以避免无意中给自动驾驶系统运行造成障碍, 比如要求驾驶员至少有一只手始终放在方向盘上。

美国国家公路交通安全局鼓励各州参看其他州起草的自动驾驶系统政策和法规，并且朝一致性这一目标努力。各州自动驾驶系统政策的目标无需一致，法律和法规也不需要完全相同，但各州的目标应该是通过具体充分一致性的法律和政策，推动创新以及快速、普及和安全的自动驾驶系统整合。

鼓励各州应保持良好的基础设施设计、运行和维护状态，从而支持自动驾驶系统的部署，并且遵守现行的法定国家交通管理工具标准——《道路交通管理标志统一守则》(MUTCD)。比如，随着车辆系统更多依赖机器视觉和其他探测车道位置的技术，因此有人类驾驶员而优先级低的项目可以获得更高的优先级。此外，各州应继续与联邦公路管理局(FHWA)和美国国家公路与运输协会(AASHTO)合作，为实现基础设施标准的一致和统一提供支持。这将有助于自动驾驶系统的安全运行，并可保证未来几年继续在道路上操控车辆的人类驾驶员的安全。

## 二、联邦和州在监管中所扮演的角色

鉴于各州在自动驾驶系统方面所采取的行动，以及美国国家公路交通安全局

在联邦政府层面所采取的行动，必须对联邦和各州的机动车监管职责进行区分。

对于自动驾驶系统，其基本的职责大致保持不变。美国国家公路交通安全局负责管理机动车和机动车装备，各州负责管理人类驾驶员以及机动车运营的其他方面。

此外，交通部还通过联邦公路管理局负责国家基础设施的安全、评估、规划和维护、跨州机动车承运人和商用车辆驾驶员安全操作的监管，并且通过联邦机动车运输安全管理局(FMCSA)管理车辆的注册和保险。

交通部强烈鼓励各州将自动驾驶系统技术的安全设计和性能监管工作交给交通部。如果一个州确实要对自动驾驶系统的性能进行监管，那么该州应与美国国家公路交通安全局进行协商。

## 三、立法的最佳实践

各州正在采取行动保证其辖区内道路使用者的安全。美国国家公路交通安全局建议起草自动驾驶系统法律时，应遵循以下与安全相关的最佳实践：

- 提供一个“技术中立”的环境。各州不应该只允许车辆制造商进行自动驾驶系统测试或部署，从而给竞争和创新施

加不必要的负担。所有符合联邦和州法律先决条件的机构和个人都具备在该州运营的能力。

● 提供许可证和登记程序。各州负责驾驶执照和车辆登记程序。为了支持这项工作，美国国家公路交通安全局建议根据自动驾驶系统法定义“机动车辆”，从而包含任何在该州道路和公路上运行的车辆；为自动驾驶系统的机构/个人和自动驾驶系统测试运行机构颁发许可证；并且登记所有配备自动驾驶系统的车辆，并以担保债券或自办保险的方式提出经济责任要求。

● 为公共安全官员提供报告和沟通方法。各州可以采取各种措施通过报告和通讯机制监督自动驾驶系统的安全运行。各州应制定向执法部门和急救人员报告自动驾驶系统碰撞事故和道路事故的程序。

● 复审可能阻碍自动驾驶系统运行的交通法律和法规。

#### 四、各州公路安全官员的最佳实践

以下各部分描述了一个协助各州制定自动驾驶系统进入公共道路的程序和条件的框架。美国国家公路交通安全局认为各州不一定需要为了支持自动驾驶系统活动而建立新的流程或要求。相反，希望将

自动驾驶系统合并到现有流程与需求的州，或者正在考虑此类流程与需求的州可以将以下内容作为参考：

1.行政管理：各州可能会在行政层面考虑新的监管活动，从而支持各州在自动驾驶系统方面所扮演的角色和开展的活动。例如，考虑确认一个主管机构负责自动驾驶系统测试的审议；考虑建立一个有管辖权的自动驾驶系统技术委员会；考虑建立一套签发自动驾驶系统车辆测试许可的内部流程等。

2.在公共道路上进行自动驾驶系统上路测试的申请：描述了已有车辆测试申请流程的州可以参考的考虑因素。

3.在公共道路上测试自动驾驶系统的许可：描述了州政府在颁发自动驾驶系统车辆上路测试许可时需要考虑的因素。

4.自动驾驶系统测试驾驶员和运行的具体考虑事项：州允许在指定环境中并且有公司操作人员的情况下进行自动驾驶系统测试时需要考虑的事项。

5.注册登记和命名考虑事项：为消费者使用和操作而部署的自动驾驶系统的标识和记录方面的考虑事项。

6.与公共安全官员合作：让公共安全官员了解车辆和需求的基本考虑事项。

7.责任和保险：州在降低驾驶员、

机构和/或自动驾驶系统事故与保险责任方面的初步考虑事项。这些考虑事项可能需要对事故情景、技术理解以及自动驾驶系统使用方式（个人使用、出租、共享、企业使用等）进行一段时间的广泛讨论。此外，在特定情况下，自动驾驶系统操作人员可能不必承担自动驾驶系统的碰撞事故责任。

## 结论

在自动驾驶系统发展过程中，公众的信任和信心可能推动或阻碍自动驾驶系统的公共道路测试和部署。美国国家公路交通安全局致力于提高这些新兴进化技术的安全性，这些技术有可能会大幅提高道路交通安全。自愿性指导方针指出了12项最优先的安全要求，而自愿安全自我评估则向公众保证，美国国家公路交通安全局始终将安全放在首位。各州的最佳实践部分强化了美国国家公路交通安全局协助各州在当前和未来的关键日子里应对自动驾驶系统挑战的意愿。

本文件将定期更新以反映技术的进步、自动驾驶系统在公共道路上的普及、以及任何可能在联邦和州层面的监管行为或法律的变更。同时，本文件所提供的信息将帮助行业推动自动驾驶系统的测试和

部署，协助各州起草自动驾驶系统方面的法律和制定这一方面的计划和政策。美国国家公路交通安全局鼓励联邦、州和地方政府与私人企业开展合作和交流，随着技术的发展，安全局将继续协调所有利益相关方之间的对话。由于美国拥有许多影响我们公共道路的技术发展成果，因此协作是必不可少的。我们将一起根据所学到的经验教训进行必要的修正，从而预防或减少意外的后果和安全风险，使美国的机动车产业能够安全、高效地完成转型。

# 美国自动驾驶新政及其借鉴意义

成波 清华大学苏州汽车研究院院长

2017年9月13日，美国交通部发布了《自动驾驶系统2.0：安全愿景》，替代2016年的《美国联邦自动驾驶汽车政策指南1.0》。它是一个鼓励自动驾驶汽车开发、测试和部署的法律框架，专门针对L3以上级别自动驾驶汽车提出，包含自愿性指导方针和为各州提供的技术支持两部分内容。通过确保安全的测试和部署，促进自动驾驶系统技术的集成，推进新一代交通创新和安全技术的发展，保持美国在全球自动驾驶技术上的领先地位。

自愿性指导方针的目的是支持汽车工业、各州考虑和设计最佳的自动驾驶汽车的测试与部署方法。该方针立足于汽车安全，提出了12个与自动驾驶高度相关领域的规定：系统安全性；设计适用范围；物体和事件探测与响应；紧急情况应对机制；测试验证方法；人机界面设计；车辆的网络安全；防撞性能；碰撞后系统功能；数据记录；消费者的教育与培训；联邦、州和地方法律关系。

为各州提供的技术支持明确了联邦和各州在自动驾驶系统监管中的角色，提出了由联邦政府负责制定统一的车辆安全

标准和基础设施标准、由各州负责辖区内车辆及驾驶员监管的基本管理体系。同时，为自动驾驶汽车测试可能面临的挑战提供了一个基本的安全评估方法，给出了允许自动驾驶汽车开展道路测试的建议申请流程。

## 对美国及全球自动驾驶汽车发展的影响

该政策框架是美国联邦层面对自动驾驶系统应用的法律框架的建设说明，对自动驾驶汽车上路应满足的安全条件进行了规定和建议。从该政策框架中可以看出，美国联邦政府将拥有制定自动驾驶汽车安全标准和监管条例的权力，国家公路交通安全管理局可行使其权利。如果发现一些自动驾驶汽车不安全，可以进行召回。从该政策框架来看，今后美国联邦政府将掌握制定自动驾驶相关法规的主导权，相对应地各州政府要依据国家政策进行地方法规的建设。

全球汽车产业对美国联邦政府的这一政策迅速做出了响应。博世集团自动驾驶系统副总裁Kay Stepper指出，“全美范围实施同一指南，为我们在全美部署自动

驾驶技术带来了稳定性和保证。”但是，也有人对此提出质疑，认为新指南是“后退一步”，让道路变得不安全。NHTSA前任代理行政官戴维德·弗莱德曼认为：“政府的职责是尽可能避免各种危险情况的出现，从而保护消费者，不能为了技术的发展而把消费者置于危险的境地。”

实际上，新指南提出的“自愿原则”，只是在自动驾驶技术尚不成熟的阶段，为避免阻碍和限制技术发展做出的有限让步，并不是“后退一步”。按照自愿遵循的原则，对企业来讲更为便利，为企业进行更加安全的自动驾驶汽车的设计、制造和运营提供了明确而又相对灵活的指导方针。美国作为全球率先从国家层面对自动驾驶的法律框架及指导方针统一设计的国家，其对全球自动驾驶汽车发展的促进意义十分明显。作为标准规范的引领者，美国在相关产业的发展中所获取的机会也将是巨大的。

交通和人类出行的智能化已经成为一种不可逆转的趋势，各国政府都在积极应对并提出了明确的发展目标和时间表，但是如何保证这样一种将改变人类出行习惯和社会规范的新技术健康、有序、规范地发展，成为各国政府和企业必须面对的问题。因此，这个政策的颁布也为全球其

它国家和相关企业的发展提供了一个方向和可供借鉴的参考。为了加快推动自动驾驶技术的进步，政府应为自动驾驶汽车提供必要的政策保障，在给予其上路行驶的合法路权的同时，制定灵活的监管措施，包括从功能安全设计到测试规范和事故责任认定等，促进自动驾驶汽车的发展和示范应用。

### 对中国自动驾驶汽车发展的借鉴意义

我国政府也高度重视自动驾驶汽车的发展，近期已陆续出台了一系列相关的国家发展战略和实施路线图，发改委、工信部、公安部、交通部等相关部委也在积极讨论我国自动驾驶汽车的上路测试法规，以及未来自动驾驶汽车的相关强制标准。工信部相继批准在上海、北京、重庆等地建设自动驾驶汽车专用测试场和示范区，开展自动驾驶技术的测试与示范，推动自动驾驶技术测试与评价体系的建设。

汽车需要在实际道路环境中行驶，需要与其它车辆、行人发生交互，具有非常鲜明的地域性和场景感。各国的交通法规、文化习惯不同，中国的交通状况尤为复杂，因此我们应参考《自动驾驶系统2.0：安全愿景》，基于安全优先的原则，结合中国的实际交通、环境、文化、

地域特点，尽快推动我国自动驾驶国家政策框架和相关法规标准的制定。在自动驾驶汽车发展的早期阶段，通过灵活的、引导性的政策促进自动驾驶技术进步，参与全球竞争，推动相关产业的发展。

自动驾驶源于技术，影响的是产业，波及的是社会。它的出现将会给汽车产业带来自诞生以来最为深刻的变革，也会在提高交通安全，减少交通拥堵，方便人类出行等方面为社会提供积极的贡献，但自动驾驶的汽车如何与人类友好地相处，则是我们所有人都需要认真思考和面对的问题。

## 美国国防制造技术ManTech计划及10个成功案例

**是**否有能力确保自身技术实力超越敌对势力，决定着军事能力的高低。面对无处不在的全球军事挑战，必须以创新、灵活、强健、弹性和经济可承受的方式应对。美国国防制造技术（ManTech）计划注重成本效益和缓解风险，以保证国防防御系统的制造开发和维护。

本文介绍了美国国防部部长办公室（OSD）、陆军、海军、空军、国防后勤局（DLA），以及导弹防御局（MDA）等各类制造项目的成功经验。这些组成部分共同构成了美国国防部联合国防制造技术委员会（JDMTP）。JDMTP在提出并整合各方要求的同时，还与国防部、其他机构、行业、学术界合作，持续转化国防制造技术。通过本文中的案例，完整展示了国防部ManTech制造计划如何持续增强美国制造技术和工业基础设施。通过联合规划的行动原则，JDMTP还调动了其他机构和项目，如国防部高级研究计划局（DARPA）、第三章计划（Title III）和小型企业创新研究项目。

ManTech计划已经开展了六十周年

（1956-2016）。自20世纪50年代起，美国ManTech计划帮助实施关键国防技术和武器系统，确保美国军队的技术实力始终领先于其竞争对手。例如，在1950年代，ManTech计划帮助艾森豪威尔的“新面貌”计划取得关键性突破。该计划也被称为“第一次抵消”，它建立了可靠的核能力，抵消了华沙条约带来的威胁。之后的1970年代，华约在欧洲的兵力相当于北约兵力的3倍，同时，越南战争后的军事消减也威胁到美国的军事优势。ManTech计划使用全面质量管理（TQM）和六西格玛原则，通过开展一系列项目，极大地增加了生产能力和质量，帮助强化国防实力。该成就被称为国防部长布朗的“第二次抵消”，它专注于精确制导武器、隐身性能、空间/夜视传感器和计算机网络。目前，国家军事战略目标是保持技术优势（第三次抵消）。强调通过机器人、自主化、小型化、网络战、高超音速和先进制造，打造下一代实力平台。

在过去60年中，国防制造行业与ManTech计划关系日益紧密。ManTech计

划成立的最初十年间，出于国家安全的名义，商业民用领域公司受到严格限制，不能涉足先进国防技术，包括制造工艺。然而，在其后的30年中，国防技术的研发逐步扩散到商业领域。在依赖技术的市场中，这也成为经济增长的主要途径。大部分先进制造技术由美国公司研发，美国也获得了巨大的经济优势。然而，从1990年到2000年间，由于行业投资增加显著，再加上制造业全球竞争日趋激烈，国防技术研发又从私人公司转入国有国防部门。最后，在过去的5年里，商业民用和国防领域逐步融合，这样才能获得更好的解决方案，更好地应用民用技术，以满足国防部严苛的环境需求和寿命要求。

### ManTech计划简介

国防制造愿景：拥有世界一流、响应积极的制造能力，在整个国防系统生命周期内，提供稳定且迅速的满足作战人员需求的能力。

焦点：制造技术（ManTech）专注于开发过程和支持生产能力，降低武器系统购买和维护成本，使作战人员直接受益。高效的措施包括提升任务能力、改进准备状态、降低总拥有成本。至关重要的是，及时转化符合采购和任务要求的技

术。

战略：国防部ManTech战略规划由负责制造业和工业基础政策（MIBP）的国防部助理部长办公室制定，联合国防制造技术委员会（JDMTP）也深入参与了该规划的制定。规划包含四个战略重点：

- 重点1：开发先进制造解决方案，以满足国防部的需求；
- 重点2：积极支持建设高度合作和协同的国防制造企业；
- 重点3：积极支持建立关注可制造性和制造工艺成熟度的强大机构；
- 重点4：积极支持健全、充足、高效的国防制造基础设施和劳动力。

ManTech计划战略支持更加广泛的国防工业基础，为作战人员和国家提供最大价值。

使命：美国国防部ManTech计划预测并缩小制造能力方面的差距，以高性价比、及时、低风险的方式，开发、制造和维护国防系统。

陆军成功案例：为国防部开发高性价比微光传感器

挑战：数字图像增强 (I2) 传感器十分昂贵，无法大批量购买，也无法满足所有的性能要求。微光传感器在很多方面的

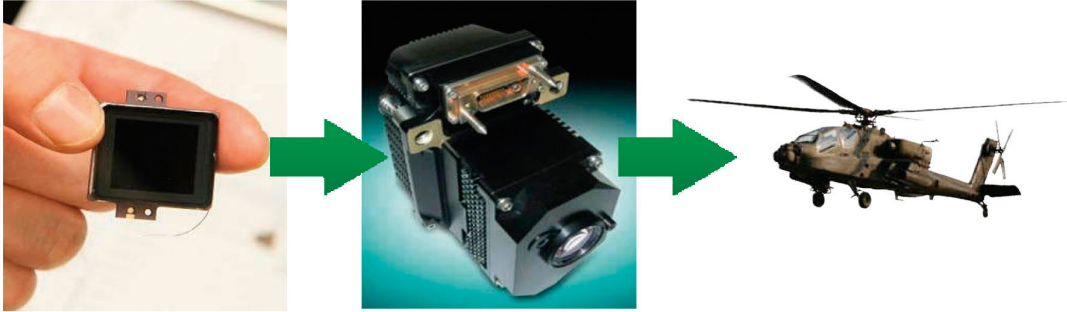


图1：微光传感器应用于阿帕奇直升机的视觉系统

性能与I2传感器相当，甚至更优。但受限于过低的生产成熟度、产量和可靠性，这种新型传感器无法在跨武器系统平台上得到应用。

#### ManTech计划的响应：

- 陆军ManTech项目改进了高性能数字微光传感器的制造流程，提高了可操作性和产量，从而使其生产准备水平从MRL5提升至MRL9级；

- 对光电阴极进行了优化，获得了更好的光电响应和可靠性；

- 陆军ManTech项目投资700万美元，并通过行业成本分担和项目杠杆融资

额外筹集超过1500万美元。

#### 成效与影响：

- 设备单价从24600美元减少到5600美元；

- 改善使用寿命从1200小时增加到1万小时以上；

- 提高了传感器系统性能和可靠性，提升了客户认可度，并由此带来多个转化途径（阿帕奇、F-35联合攻击战斗机、美国海军航空系统司令部视觉增强系统）；

- 持续生产，产量从每月5台增至每月100台。

“通过与陆军制造技术ManTech项目和其他行业伙伴合作，把微光传感器的单位成本降低了75%，同时性能提高了3倍。与我沟通过的阿帕奇飞行员都很满意它的性能。”

——海格上校，阿帕奇项目部

参与者：美国陆军研发工程司令部 (RDECOM)、美国陆军通信与电子研究、开发和工程中心(CERDEC)、英德伟光电公司、美国海军航空系统司令部、士兵传感器和激光器项目部 (PM SSL)、阿帕奇项目部。

### 陆军成功案例：助力有机制造企业发展数字制造

挑战：陆军一直按照20世纪50年代的实践来发展其有机制造能力，从而导致陆军更加依赖外部承包商来发展、储存制造知识。目前的挑战是，探索多种途径，使得陆军可以按企业模式运营其有机制造活动，运用全部3D产品数据，创造并重用有机基地和行业产业链中的流程知识。

#### ManTech计划的响应：

- 陆军加速自适应制造企业

(A3FABE)使得陆军制造企业可以使用先进的基于模型的数字产品数据；

- 经过美国陆军航空导弹研究、研制与工程中心 (AMRDEC) 和美国陆军研究与发展司令部 (ARDEC) 论证的风冷2 (WindChill 2) 系统；

- 论证了用于生产和质量模块的制造执行系统 (JobBOSS) ；

- 论证并转换了美国国防部高级研究计划局开发的数字动态工具库；

- 实现整个机床质量检验数据的中央储存；

- 陆军ManTech项目的资金为1900万美元。

#### 成效与影响：

- 华特弗里特兵工厂制造的81mm迫击炮底座生产时间减少70%，从而降低整体生产成本；



图2：刀具路径优化和模型基础安装指导减少了周期时间 - 81mm迫击炮底座

- 美国陆军研究与发展司令部连接计算机辅助制造和计算机辅助制造方案，减少了制模周期和成本，由此减少成本159万美元；

- 将产品数据用于炮手保护装备的重新设计和原型制造，实现联合项目执行；

- 凭借分布式机器网络（DNC）和机器数据采集（MDC）技术，9台展示机床有望每年节约9万美元；

- 经过转化的、以模型为基础的企业工具应用于所有美国陆军研发工程司令部的样机集成设备（PIFs）。

参与者:美国陆军研发工程司令部装备研究中心、开发和工程中心（美国陆

军研究与发展司令部）、华特弗里特兵工厂、航空研究发展和工程中心（美国陆军航空导弹研究、研制与工程中心）、美国陆军研发工程司令部样机集成所（PIFs）。

### 海军成功案例：降低F-35战斗机舱盖成本

挑战：F-35闪电II战斗机舱盖有多个组件，其中最大的是热成型丙烯酸纤维壳。热成型时，壳的外部 and 内部表面会产生纹路，这些纹路需要工人使用手持式振动磨砂设备去除。这一工序非常繁琐枯燥，而且还有可能对舱盖壳造成不可修复的损伤，此外该工序还要消耗大量工时。

通过基于模型的企业（MBE）技术，带来有机业务流程效率提升

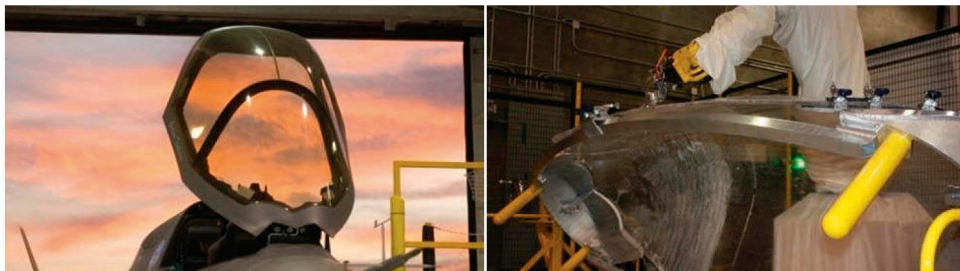


图3：F-35闪电II战斗机舱盖

**ManTech计划的响应：**

- 海军ManTech项目采用了自动精密打磨系统。该系统由空军小型商业创新研究项目与埃罗波提克斯公司 (Aerobotix, Inc) 合作研发，专门用于丙烯酸纤维壳的抛光处理；

- 由于光学问题只出现在尺寸较大或更弯曲的表面，所以必须进行非全尺寸和全尺寸的论证；

- 该系统的打磨头可以精准定位并反馈力度，经过“训练”，机器臂可以复制手工打磨过程，包括使用各种研磨材料提升附着力和涂层耐久性；

- 进行测试，确保该打磨过程不会给丙烯酸纤维表面留下抛光应力；

- 解决方案采用配备多功能振动抛

光头的现代工业机器人，可使用粗糙砂纸打磨，然后用精细脂类材料抛光，带来清洁的光学表面；

- 海军ManTech项目投资110万美元。

**成效与影响：**

- 经过论证的低成本自动抛光技术，满足了F-35项目需求，并且对操作者使用安全；

- 降低过程的可变性；

- 明显地减少了生产单一透明面板所需的接触劳动；

- 减少初期透明成型过程中所需的手动直接人工劳动；

- 该技术可用于F-18舱盖，并已在2016财年用于F-35生产。

**预计共节约成本近17000万美元**

参与者：海军研究办公室 (ONR)、海军ManTech项目、复合材料制造技术中心、吉凯恩航空透明设备公司、埃罗波提克斯公司、美国海军航空系统司令部、F-35联合项目办公室。

**海军成功案例：降低核动力航母CVN79成本**

挑战：杰拉尔德福特航空母舰

(CVN 78) 在船体建成后，需要安装多种船舶舾装设备，如管道、线缆、绝缘、机械设备，以及其他装备。在船体有限空间内，工人的进出和施工时间安排都存在冲突问题。因此在船体建成前预留施工空间，与结构组件同时进行安装，将极大提升建造效率，降低成本。这种并行工作模式不仅可用于CVN 79航母，还可用于未来各种舰船。

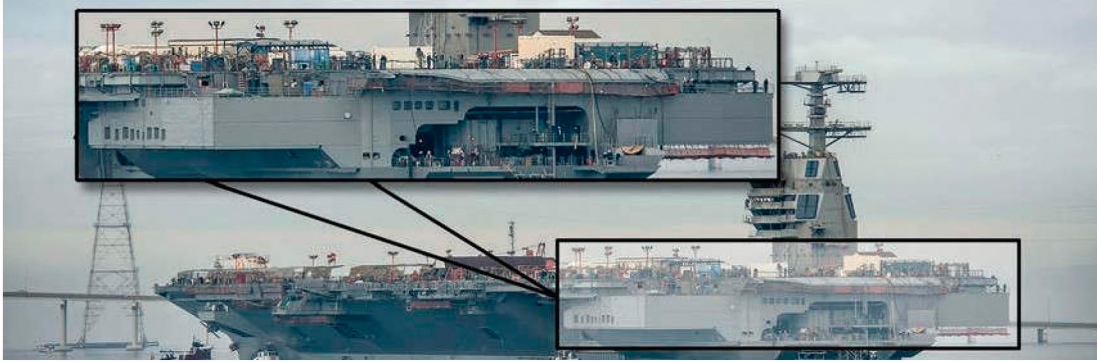


图4：在船体成形前，增加设备安装工作量，可提升核动力航母建造效率。

#### ManTech计划的响应：

● 海军ManTech项目团队确认，未来航母建造时，航母系统和安装施工所需特定区域，可以从预舾装中获益；

● 为其他造船项目和民用造船行业提供最佳建造实践；

● 确定舰船的目标区域，研究舰体成形前的预舾装；

● 首次在核动力航母建造过程中，制定详细方案，在船体成形前完成四个区域的设备安装。此方案可作为整个航母上其他预舾装工作的施工模板；

● 确定将多种设备安装于同一框架或基座的方法，可在工棚内建造单元组件，然后将这个独立并经过预先测试的设

备单元安装于舰艇上；

● 海军ManTech项目投资120万美元。

#### 成效与影响：

● 减少直接建造和工艺支持用时；

● 根据1-3-8规则（车间/工作台/船体成形后建造成本），成本降低8倍（舰上安装的成本是在车间安装的8倍）；

● 为工人和设备提供更大的通道；

● 减少施工拥堵和时间冲突，减少舰体装配后的测试工作；

● 纽波特纽斯船厂已将预舾装用于CVN79号核动力航母建造规划；

● 2017财年将进行建造实施。

**预计每艘航母至少节约400万美元成本**

参与者：海军研究办公室海军ManTech项目、海军金属加工中心、纽波特纽斯造船厂、海滨斯塔咨询集团有限公司、预防性维护保养系统379（PMS 379）

### 空军成功案例：提高ALON<sup>®</sup>透明陶瓷制造过程以获得更大视窗

挑战：红外（IR）传感器需要通过红外保护窗口，才能免受严酷飞行环境的影响。飞行员要想获得更大的视野，提升战场感知能力，就需要更大、更耐用的红外保护窗。与传统的玻璃板相比，铝氧氮化物（ALON<sup>®</sup>）的防弹性能更加优异，而且重量仅为前者一半。然而，受限于装备和制造工艺，铝氧氮化物防护窗的尺寸被限制在2.8平方英尺。

#### ManTech计划的响应：

- 空军ManTech项目、防御性制造科学与技术 and 海军联合开展此项目，改善ALON<sup>®</sup>（铝氧氮化物）制造工艺，以获得

更大的红外保护窗；

- 现有的热等静压(HIP)法最大可生产15平方英尺的保护窗。通过加装定制熔炉，并增加隔热板，可生产大型的ALON<sup>®</sup>视窗；

- 通过多次试验，成形、热处理、抛光工艺都被升级，支持9平方英尺的视窗生产；

- 投资：海军150万美元，防御性制造科学与技术425万美元、空军ManTech项目75万美元。

#### 成效与影响：

- 升级ALON<sup>®</sup>透明陶瓷生产工艺，产品尺寸从2.8平方英尺增加到9平方英尺；

- 提升第三代夜视镜40%透光性能，态势感知能力增强；

- 减少大型ALON<sup>®</sup>护窗视窗成本和生产周期达50%；

- 将3.7平方英尺和4.8平方英尺

将ALON<sup>®</sup>护窗用于黑鹰直升机，取代了原有的不透明面板。这意味着飞行员不再需要在可视与受保护之间做出选择

——“这改变了我们的飞行方式。”

ALON<sup>®</sup>护窗视窗用于黑鹰直升机。

参与者：国防部部长办公室Title III、防御性制造科学和技术项目、美国海军、美国空军研究实验室 (AFRL) 材料和制造局 (RX)、苏尔梅特公司。

挑战：钛金属航空航天组件造价昂贵，难以高速度切削，这限制了钛金属的使用。但由于钛金属重量轻，它可能会给作战人员带来巨大好处。传统的泛流冷却加工法需要改进，增加润滑油捕获和回收系统，以便于切削钛金属。

### 空军成功案例：论证低温切削技术实现以更低的成本生产F-35钛合金零件

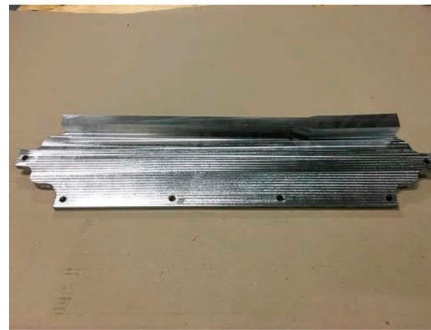


图5：安装于日本森精机NVX-5100 II机床的低温切削系统，以及零件样品。

#### ManTech计划的响应：

- 空军ManTech项目和联合攻击战斗机办公室和科雷尔有限责任公司 (Creare LLC) 合作，展示他们创新的低温切削系统 (CMS) ；

- 在洛克希德马丁航空航天 (LMACO) 一级供应商的生产现场，该团队将低温切削系统安装于日本森精机 NVX-5100 II 机床；

- 该团队在F-35制动钩的粗加工过

程中，将使用低温切削系统加工的制动钩与使用常规泛流冷却制造法加工的制动钩进行并排比较；

- 空军小型商业创新研究投资90万美元。

#### 成效与影响：

- 缩短制动钩生产周期高达44%；
- 与传统工艺相比，低温切削系统节约成本10%到22%；

● 如果低温切削系统在F-35项目中得以大规模应用，每100架飞机可节约总体成本1400万到2800万美元。

参与者：美国空军研究实验室 (AFRL) 材料和制造局 (RX)、科雷尔有限责任公司、空军生命周期管理中心。

取决于零件的可用性和成本。很多时候，老一代武器装备没有可更换备件，因为这些零件已无迹可寻。或由于成本问题不能再生产这些零件，因为生产这种零件的工业能力已经丧失，或这种制造技术已经淘汰。增材制造技术和工艺提供了新的来源，可以制造此类难以找寻的零件。

**国防后勤局成功案例：开辟增材制造零件审批流程**

挑战：武器系统是否可执行任务，

**F-35制动钩生产演示中，生产周期缩短44%，成本减少超过10%**

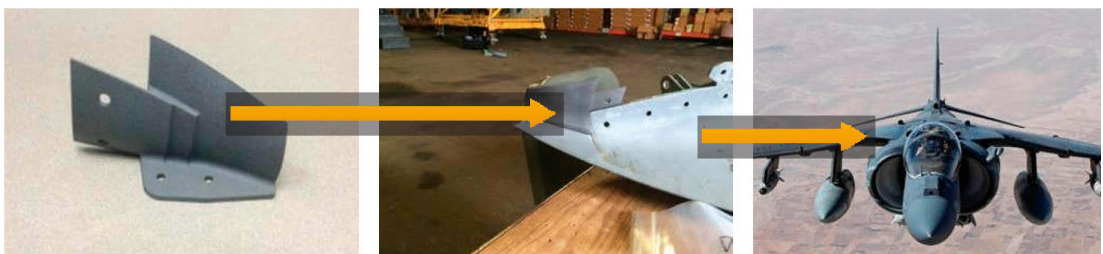


图6：AV-8B “下部翼前缘延伸面板整流片”，通过增材制造工艺使用NYTEK 1200 CF聚合物制造的原型。

**ManTech计划的响应：**

- 国防后勤局研发项目，与美国海军航空系统司令部和行业携手，制定系统性方案，进行增材制造零件的工程审批；
- 研发候补零件，可替换多种无库

存、难采购的零件；

- 选择标准侧重于飞机零部件、关键应用项目和材料替代需求；
- 基于标准，AV-8B下部翼前缘延伸面板整流片，被选为首个增材制造原

型；

- 载荷因子分析显示，增材制造材料的安全系数优秀；

- 制造生产件，并提交美国海军航空系统司令部进行工程审批和飞行测试；

- 国防后勤局研发项目和海军投资77.5万美元。

### 成效与影响：

- 定义了增材制造零件的工程审批程序；

- 为作战人员改进遗留部件的可用性；

- 缩短90%投产准备期；

- 降低最小生产量和经济订购批量。

参与者：国防后勤局研究和发展计

相比于之前的国防后勤局供应商，增材制造的翼前缘延伸面板原型成本降低90%

划，海军航空系统司令部 (NAVAIR)、2Is公司、斯特塔西3D系统公司。

### 防御性制造科学和技术成功案例：

#### 通过激光辅助强化先进复合材料提高航空航天结构的质量

挑战：第五代战机（如F-35闪电II型），其航空航天结构需要使用高强度、高刚度、低重量的先进复合材料。由于这些复合材料必须在400华氏度以上的高温下使用，所以其粘度较低，难以使用自动铺丝技术（AFP）生产。红外线加热器被用来增加粘性，然而，它们反应迟钝、不精确，而且效率低下。

### ManTech计划的响应：

- 美国空军研究实验室 (AFRL) 采纳了一项小型商业创新研究 (SBIR) 技术，使用激光代替自动铺丝机里的红外预热器；

- 来自小型企业、机器制造商、F-35零件供应商的研究人员，组成一支研究团队，在相关制造环境下（技术就绪等级7），合作设计、制造、整合、安装，并展示了一个全尺寸F-35组件原型系统；

- 该团队展示了材料温度闭环控制，同时保持一个符合所有激光安全协议的开放式制造层；

- 空军研究实验室/材料和制造局，与F-35联合项目办公室、洛克希德马丁、

零部件供应商、机器制造商合作，推进此系统符合量产要求；

● 防御性制造科学与技术（DMS&T）工业基地创新基金（IBIF）投资300万美元。

#### 成效与影响：

● 提升机器操作速度37%，大幅提升质量、操作员控制和总铺放速度；

● 减少未来低速率生产和原型复合

材料航空结构的编程和调试；

● 提升材料粘度变化和工艺宽容度；

● 减少维修和停机时间；

● 提升操作安全性，在机器操作过程中关机更快，冷却时间更短；

● 预计原始设备制造商（费弗斯机械加工公司）有望整合系统，供零件供应商（奥尔巴尼复合材料公司）生产使用。

### 提升自动铺丝工艺控制，提高生产效率和质量

参与者：空军材料局、空军小型商业创新研究、海军小型商业创新研究、F-35联合计划办公室、科雷尔公司、费弗斯机械加工公司、奥尔巴尼工程复合材料、洛克希德马丁航空、防御性制造科学与技术、工业基地创新基金。

#### 防御性制造科学和技术成功案例：

#### 实现全彩色高亮度OLED微型显示器低成本生产

挑战：目前，全彩色微型显示器不

能同时达到高对比度和高亮度，又清晰地显示透明的图像，而无需模糊场景。采用实战化有机发光二极管（OLED）可通过单色图像，实现高清显示，同时不妨碍驾驶员视野。但是，其加工工艺仍需改进，提升制造效率和图像亮度。这对于能否应用于军事领域至关重要。另外，目前所有OLED微型显示器使用的硅背板都在海外制造。



图7：F-35面罩（左）和阿帕奇显示技术展示（右）

#### ManTech计划的响应：

● 美国陆军研发工程司令部，联合国防部防御性制造科学和技术办公室，在美国本土共同建立了先进硅基板制造工艺，用于生产OLED显示器所需的硅基板；

● 使用本土晶片，制造出功能完善的高亮度OLED显示器；

● 打造了首个高分辨率、正排列OLED沉积工具，并将其整合于主要的OLED生产系统中；

● 使用新型沉积工具，制造出功能齐全、全色彩高亮度OLED显示器，该显示器在亮度和效率方面有显著提升；

● 防御性制造科学与技术投资495万

美元。

#### 成效与影响：

● 建立了本土晶片生产能力，可生产OLED沉积所需的先进基板晶片；

● 显示亮度增加10倍以上，达1300英尺朗伯；

● 微型显示器效率增加14倍以上，达7坎德拉；

● 整合早期原型到高清晰度航空数字显示（HiDADD），阿帕奇直升机可视系统升级技术演示（2016财年），F-35面罩（2016财年），士兵可视界面技术（SVIT）技术演示（2017财年）。

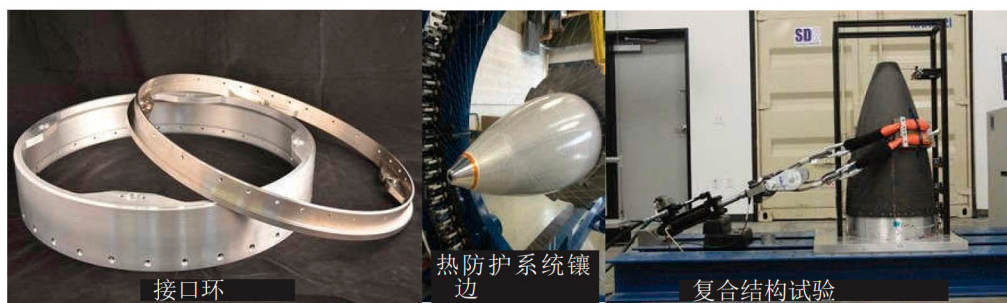
实现白天、夜间态势感知系统的本土化生产

参与者：国防工业科学和技术项目、美国陆军研发工程司令部通信电子研究、开发和工程中心（CERDEC），eMagin公司。

### 导弹防御局成功案例：创新实现可靠的导弹防御系统

挑战：导弹防御局（MDA）开发、生产并部署集成化、多层次弹道导弹防御系统。为兑现其作战承诺，该机构持续更

新尖端设计，以应对不断发展的导弹技术带来的威胁。新的设计对制造技术提出新的要求。制造技术需以最低的成本，提供最可靠的导弹防御能力。为此，导弹防御局ManTech专门启动一项研究计划。研发具有较长保质期的导弹鼻锥罩，增加可生产性，降低成本和重量。并且扩展该技术的使用范围，使其可用于加工不同形状和尺寸的鼻锥罩。



### ManTech计划的响应：

- 导弹防御局认识到，新兴技术可替代传统生产方法，如纤维缠绕成形和固体块加工；

- 导弹防御局与小企业合作，利用他们在结构工程、材料科学和制造技术方面的专业技能，开发新的复合材料鼻锥罩生产方法；

- 三家供应商始终保持合作，共同

参与多个导弹防御局项目，研发单体型、贝壳式鼻锥罩。项目由复合材料基础结构、部署系统、热保护系统构成；

- 鼻锥罩缩小模型已于电弧喷射加热器中完成相关热流测试；

- 全尺寸结构试验于2015年7月完成；

- 全尺寸动态部署测试于2016年8月完成。

**成效与影响：**

- 新的制造方法可以延长鼻锥罩贮存期限和可生产性；

- 一旦这些技术得以应用，将提升导弹性能、减少装配步骤、降低单位成

本；

- 鼻锥罩研发过程可作为样板，供其他导弹防御局导弹平台参考；

- ManTech项目将帮助导弹防御局达成增产90%的目标。

### 预期降低导弹鼻锥罩的生产成本，延长贮存时间

参与者：导弹防御局、蒙提斯科学公司、圣迭戈复合材料公司、西斯提马技术公司。

**制造业创新中心**

本文还提供了关于美国国防部主导的制造业创新研究所（MIIs）相关活动的最新信息，以及他们如何提升国内制造业竞争力。这6个研究机构分别为：美国造（America Makes，即国家增材制造创新中心）、未来轻量化创新院（LIFT）、数字制造和设计创新院（DMDII）、光电集成创新研究院（AIM Photonics）、美国柔性混合电子制造创新院（NextFlex）、先进功能纤维制造创新研究院（AFFOA）。这些研究机构获得国防部ManTech计划大量投资，他们跨越了州政府和联邦政府、国防和商业工业基地的界限，确保国防技术

基地可以解决当今和未来的技术需求。

60多年来，ManTech计划保证美国始终拥有技术优势。在促进创新、应对不断变化的世界带来的挑战，以及确保美国保持其战场竞争优势方面，ManTech计划都发挥着关键作用。

---

本文由本刊编辑部编译节选自2016年12月由美国国防部发布的《ManTech国防制造技术战略规划60周年（1956-2016）》手册。

# 美国国防制造技术计划的启示

张德远 北京航空航天大学

**在**国防制造技术项目诞生60周年之际，美国国防部和联合国防制造技术委员会（JDMTP）联合发布了美国国防制造技术（ManTech）项目手册。该手册通过数个典型制造技术计划成功案例，较为完整地展示了国防部制造技术项目在持续增强美国国防工业基础所做出的贡献。手册的最后还提供了关于国防部牵头的6个制造创新研究所（目前是9个）的信息。从手册可以看出，国防部制造技术项目的直接目的是预测并缩小制造能力差距，以高性价比、及时、低风险的方式发展、制造和维护促进国防体系建设，从而保证了美国长期的军事优势。整体而言，该手册着重对现在国防制造技术项目的已取成效进行了展示，同时对该项目60年发展进行了总结，并对美国国防制造技术的未来发展趋势也做出了一些评述。

## 美国国防制造技术60年发展历程

1956年8月10日，美国国会授权成立制造技术计划。2016是国会正式成立国防部制造技术计划（ManTech）60周年。自20世纪60年代起，国防部制造技术帮助推

行关键国防技术和武器系统，确保美国军队的实力始终领先于其竞争对手。

国防部制造技术创新时间表中列举了该项目60年发展历程中的代表性成就，这些成就引起了广泛关注。1950年代，国防部制造技术研发了第一台数控机床及其编程语言（APT），推动了军用飞机制造乃至整个机械制造行业的发展。1960年代，国防部制造技术项目开发的技术，奠定了当今微电子行业的基础。1970年代，国防部制造技术研发出一系列工艺，用于制造精确激光制导导弹和弹药。1980年代，国防部制造技术开发了逆向工程工艺，成功应用于武器系统的数以千计的老旧微电路。1990年代，国防部制造技术研发了磁流变精加工技术，用于军用光学产品加工。目前所有光刻光学产品制造商都使用该工艺。2010年及以后国防部制造技术项目在先进复合材料、增材制造、CAD等领域走在了世界的前列。以上发展历程可以看出，先进制造业计划使得美国国防部获得更加强健和生机勃勃的工业基础的同时，民用市场也会从中获益。不过，近年来，随着民用和国防领域逐步融

合，国防部门也在利用民用技术以获得更好的解决方案，从而满足国防部严苛的环境需求和寿命要求。

### 采用公私合作协同发展模式加速制造业创新

该手册还提供了关于国防部主导的制造创新研究院（MIIs）相关活动的最新信息，以及他们如何提升国内制造业竞争力。2012年，为解决增材制造技术难题，国防部部长办公室防御性制造科技（DMS&T）项目，携手陆军、空军、能源部、国家科学基金会、美国国家航空航天局，一起建立了首个国防部牵头的试点研究所：美国造（America Makes）。“美国造”已是拥有177个成员的机构，包括48家大型企业、63家小型企业、39所大学和社区学院、13家非盈利组织和14个政府合作伙伴。“美国造”在开展多个研发项目，国防部、政府机关、成员和外部组织指导项目执行。美国空军、美国国防部高级研究计划局、国家标准与技术研究院、国家航空航天局等都已经要求“美国造”及其成员执行18个机构驱动的项目，机构投资外加私人费用资金超过4700万美元。

一个高度成功的案例是，将增材制造带入小型机器加工车间。小公司成员

—Optomec公司，联手MachMotion公司和TechSolve公司，开发出一个模块化的工具包，用于调试各种数控机床，使其成为具备增材制造能力的机器。现在，这些数控/增材制造混合机床具备双重功能，可在金属零件上进行增材加工和传统的切削（减材）加工。这一成就让制造商和机加车间以极低的成本，引入增材制造技术。相比于购买新的、具备同等能力的增材制造机床，这种方案能节约60%的成本。该产品已上市，而且多个国防部供应商已购买该产品。

“美国造”最大的成功在于，它非常好地兼顾了增材制造在军用和民用上的发展。实际上，它开发了军用和民用两套“增材制造发展路线图”，显示了在新技术转化的时候，可以同时在这两条线上推进。

其他的未来轻量化创新院（LIFT）、数字制造和设计创新院（DMDII）、光电集成创新研究院（AIM Photonics）、美国柔性混合电子制造创新院（NextFlex）、先进功能纤维制造创新研究院（AFFOA）、机器人ARM、可再生生物制造ARMi等，这些创新研究院获得了国防部ManTech工业计划大量投资，他们跨越了州政府和联邦政府、国防和商业工业

基地的界限，确保国防技术基地可以解决当今和未来的技术需求。

以柔性混合电子为例。作为一个新兴制造业部门，处于电子和高精度印刷行业交叉地带。通过两个行业的融合，创造了多用途、轻量化的下一代传感器平台，以满足新型民用项目和重点国防项目的需求。目前吸纳了超过55个成员，并发起了多个项目。有针对国防部成员开展的国防黑客项目，此项目与国防创新实验所（DIUx）合作开展。来自工业、政府和学术界的专家，组成了下一代柔性材料技术工作小组，并制定了9个路线图。

## 结语

长期以来，国防制造技术ManTech计划始终发挥着核心作用，帮助国防部和美国提升关键制造能力。ManTech计划经过多年的发展，使得美国各行各业人士更加认可制造业对于美国的重要性，这种重要性不仅体现在经济方面，更体现在国防安全领域。

### 新加坡推出电子业转型蓝图

近日，新加坡政府表示将继续协助当地电子制造业者通过使用自动化机械提高生产效率，以及采用高科技制造业技术，推动电子业发展。目标是在2020年为电子业带来222亿新元的收入，并增添2100个工作岗位。新加坡贸工部长公布电子业转型蓝图细节时表示，高科技生产技术的崛起不仅是业界增长的契机，也会改变电子业者运作与竞争的方式。采用这类技术的业者能提高生产力、降低成本，还能善用资源，有助于加强竞争优势。新加坡政府也将投入更多资源培训相关人员，包括推出电子业技能框架和劳动力发展局（WSG）的两项新的培训课程。

---

### 德国电信推出人工智能网络切换应用程序

德国电信近日宣布将推出一款能使手机在WiFi和蜂窝网络之间自动切换的应用程序（App）。此次德国电信推出的这款名为“连接”（Connect）的智能手机应用程序的创新之处在于，能够通过人工智能技术，在用户的支出和网速、延迟、安全等因素间寻求平衡，为用户规划最佳体验。德国电信准备在11月下旬发布这款应用程序。正式推出后，该应用程序将不仅可以访问移动网络，还可以访问德国电信在德国的200万“HotSpots” WiFi热点。

---

### 土耳其拟出台国家网络安全新战略

土耳其交通、航运和信息部部长艾哈迈德·阿尔斯兰日前表示，土政府正在计划出台新的国家网络安全战略和行动计划，此举旨在应对当今来自国内外的网络安全威胁、打击网络犯罪、防范黑客攻击。该计划包括5个战略目标、41项行动主题和167个具体步骤。土耳其官方网络安全机构网络安全委员会已召开4次会议，为这项战略计划的起草酝酿做准备。

### 欧盟计划修改税收规则向互联网跨国公司增税

欧盟各国财长近期讨论修改税收规则，以向谷歌和亚马逊等互联网公司征收更多的税款。这些企业普遍纳税较低，而且由于现有的规定将征税权限制于公司实体所在国，欧洲各国很难提高它们的纳税额。与实体公司相比，目前的法律框架更有利于数字公司。欧盟近日起草的文件建议对现有国际税收规则进行改革，修改“常设机构”的概念，以便互联网跨国企业可以在其创造价值的地方纳税，而不仅仅是在那些它们设立了“税收居所”的国家纳税。

---

### 英国政府确定首批全光网项目

英国近年来高度重视信息通信发展。近日，政府确定了首批将建设全光网的6个试验项目，英国政府希望借此“将最快、最可靠的宽带提供给企业、学校、医院”，届时可望提供速率高达1Gbps的光纤服务。据悉，首批试验项目总共将收到1000万英镑（约合8616.9万元人民币）的投资，用于测试通过全光网方式连接企业和公共部门楼宇的创新型手段。首批试验区域包括阿伯丁、西萨赛克斯、考文垂、布里斯托、大曼彻斯特、西约克郡等地。

---

### 日本政府鼓励企业加大AI与物联网投资力度

日本政府近日召开了旨在讨论日本发展战略的“未来投资会议”，由首相安倍晋三担任议长。会议中，日本官方与民间共同就如何提高日本经济的增长潜力进行了讨论，内容包括鼓励日本企业加大力度对人工智能（AI）、物联网（IoT）等能够提高生产率的技术进行投资。此次会议的成果将在明年夏天日本政府修订的政府发展战略中有所体现。日本政府此前通过的“未来投资战略2017”中明确指出了未来的目标是实现将人工智能（AI）、机器人等先进技术最大化并运用到智能型“社会5.0”中，确定以人才投资为支柱，重点推动物联网建设和人工智能的应用。

### 新加坡医疗有望在三年后实现全面数字化

新加坡近日宣布该国医疗体系有望在2020年实现全面数字化。届时民众能接受远程视频复诊和远程复健，也能通过手机应用预约送餐服务或接送服务，还能利用人工智能聊天软件问诊。新加坡卫生部和卫生部控股属下的综合保健信息系统公司（IHIS）是医疗护理领域负责推动智慧国计划的科技机构。该公司根据医疗信息科技总蓝图，与公共医疗护理机构合作，陆续推出10多项全国科技平台和系统。新加坡卫生部今年年底也将正式推出“智能保健市场”手机应用，并逐步增加新功能，到2020年可让用户购置居家护理物品，预约复诊所需的接送服务、送餐服务和治疗师服务等。

---

### 德国政府支持欧盟组建电池行业联盟

近日，欧盟最高能源事务官员马洛斯·塞夫科维奇（Maros Sefcovic）将主持会议讨论欧盟组建电池行业联盟，该部门承诺将投入最多22亿欧元（约合26亿美元）用于电池研发。宝马、巴斯夫（BASF）等德国工业和汽车巨头已获邀参加此次会议，德国总理默克尔对旨在创建欧洲电池行业联盟的对话也表示欢迎。德国经济与能源部发言人表示，欧盟委员会最终要从欧盟层面来解决电池生产的问题，欧洲应在一些重要技术上具有优势，对于电动汽车行业来说，电池是实现差别化的最重要因素之一。

---

### 美国能源部发布2016年风能报告

美国能源部近日发布了三个风电市场报告，表明美国风能持续增长，三份报告分别涉及了陆上公用事业规模风电、海上风电和分布式风电领域。美国风电行业去年增加了超过8200兆瓦发电装机容量，占2016年全美发电产能增量的27%。根据美国能源信息署的统计，美国风力发电量从2011年的1200亿千瓦时增加到2016年的2260亿千瓦时，几乎翻了一番。2016年风电约占美国发电总量的6%，现有14个州超过10%的电力来自风电。

## 全球电动车销售将超预期增长

彭博新能源财经近期发布报告显示，到2040年，全球电动车将占到全部新车销量的54%，而不是过去预测的35%，呈现大幅增长的态势。在技术进步的带动下，电池和电动机等零部件成本将大幅下降，使得电动车相比燃油车的竞争优势越来越明显。而各国政府的政策推动以及车企的加速转型，也使得电动车的市场前景越来越被看好。到2040年，全球电动车将占到全部汽车保有量的三分之一，每天节省800万桶燃油，同时消耗全球5%的用电量。

---

## 美国IBM研究院在深度学习领域取得突破

美国IBM研究院近日宣布，通过全新的分布式深度学习软件，实现了接近理想的扩展能力，该软件在64台IBM Power系统服务器中的256个GPU上并行运行深度学习框架，实现了95%的扩展效率，并使运算速度与准确率得到了显著提升。此前最佳的系统扩展能力是Facebook人工智能研究院所取得的89%。IBM研究团队编写了软件和算法，能够对数十台服务器中的数百个GPU加速器间并行运行非常庞大且复杂的计算任务和自动优化。在使用ImageNet-22k数据集的750万张图像训练模型时，图像识别准确率史无前例地达到了33.8%，而微软此前发布的最好结果为29.8%。

---

## 美国研发高效指纹识别技术新算法

近期，美国国家标准技术研究院（NIST）和密歇根大学合作研究开发出一种算法，突破指纹自动识别的关键步骤。该算法主要是减少人的主观性，使指纹分析更加可靠和高效，避免一旦有效信息不足时，分析将因人而异，形成不同的结论。如犯罪现场获取的指纹质量较高，可简单匹配，而采取该自动识别技术，可以使匹配结果更加持续，研究误差缩小，还可修复指纹，使探员更加高效处理证据，减少积压，花费更少的时间应对指纹证据搜集的挑战。

### 韩国成功实现无人驾驶汽车高速路测试

韩国 SK 电信宣布已经在京釜高速公路上完成了无人驾驶汽车的测试。京釜高速公路是韩国最繁忙的高速公路，测试的无人驾驶汽车从汉城服务区开到了水原-Shingal 路口，汽车行驶了大约 26 公里，平均时速 26 公里，最高时速可以达到 80 公里。根据韩国政府的相关规定，无人驾驶汽车的时速不得超过 80 公里。据了解，测试车辆对邻近汽车实时速度和距离进行了分析，并检查了周围的数据，包括路标、车道等等，随后在跟附近车辆保持安全距离之后朝着水原市方向移动。

---

### 日本研发可在公路起降的最小飞行汽车

近日，日本一家由丰田公司年轻技术人员组成的研发团队正在研发陆空两用的世界最小飞行汽车。该项目的研发资金主要来自网上募捐，今年5月，又获得丰田旗下 15 家公司承诺提供的 4000 万日元资助。9 月 14 日，该团队在爱知县和东京都两地设立研发基地，还公开了垂直起降汽车 SkyDrive SD-01 的制作图纸。该飞行汽车具有“世界最小、可在公路起降及可凭感应操纵”等特点。机体长 2.9 米、宽 1.3 米、高 1.1 米，路面行驶速度为 150 公里，飞行高度为 10 米。预计明年 7 月成品机将在丰田公司内部举办的“飘浮的世界”活动会场飞行。

---

### 印度将规划建设“超级高铁”项目

据悉，印度已成为了规划“超级高铁”项目的最新国家。近日，位于东南部的安得拉邦和 Hyperloop Transportation Technologies 公司 (HTT) 签订了一项协议，计划在两个主要城市之间修建一条高速通道。作为伊隆·马斯克旗下探究未来交通概念的初创企业之一，HTT 设想通过特殊设计的车厢，在近乎真空的管道中、用接近音速的速度来运送乘客和货物。俄罗斯、芬兰、迪拜、斯洛伐克、法国和印尼也已开展了“超级高铁”的可行性研究。如果“超级高铁”线路建成之后，车程 1 小时的两座城市的穿行时间将被缩短至 6 分钟。

### **丰田与马自达将联合建立电动汽车技术子公司**

近日，丰田与其合作伙伴马自达宣布联合建立新的电动汽车技术子公司——EV Common Architecture Spirit Co Ltd，试图在日益激烈的新能源车竞争中赶超竞争对手，提高电动汽车产量。新建立的子公司将为一系列电动汽车开发技术，包括微车、乘用车、SUV和轻型卡车。丰田将持有新合资公司90%的股权，马自达和丰田最大的供应商电装公司(Denso Corp)将分别持有5%的股份。

---

### **戴姆勒将向美国阿拉巴马州工厂加大投资**

德国汽车制造商戴姆勒公司计划向其阿拉巴马制造业务投资10亿美元，并开始生产纯电动运动型多用途车，此举恰逢戴姆勒扩大其美国业务以及加大力度在全球发展电动汽车之际。在下一个十年初，戴姆勒将开始在塔斯卡卢萨工厂生产纯电动SUV，明年将开始在附近建设一个电池系统组装厂，为纯电动SUV及其他车辆组装电池系统。预计新工厂总计将增加多达600个新岗位，这款新SUV将在梅赛德斯-奔驰子品牌下销售。

---

### **日本向印度提供1900亿日元修建新干线式高铁**

近日，日本首相在与印度总理莫迪会谈之际向印度提供约1900亿日元（约合人民币110亿元）的贷款，用于导入日本新干线方式的高速铁路建设等，他还计划呼吁印度在设想的另一条高铁上也采用新干线方式。会谈后，双方将发表促进经济和安全保障领域合作的联合声明。日本政府意在通过促进强化关系的基础设施出口，吸收印度的经济活力，促进日本自身的发展。

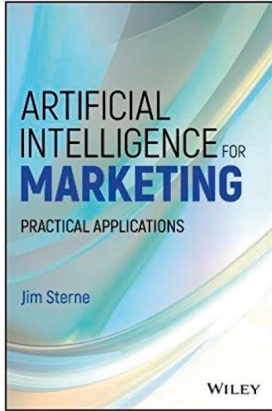
### 美国发布小企业创新研究项目

美国国土安全部的科学技术理事会将通过其发布的小企业创新研究项目，为能够提供应用方案的创业公司提供资金。今年5月，该项目授予了科技公司Evernym和Digital Bazaar在第二阶段的75万美元资金，用于解决四个区块链应用问题:物联网设备和传感器、处理国际旅行者、跨境贸易便利化和身份管理。虽然这些应用的设计是考虑到海关和边境保护等特定机构的设计，但该项目的总体目标是开发可用于公共和私人使用的应用方案。

---

### 西门子宣布在中国建立机器人研发中心

近日，德国西门子集团宣布该公司将在中国建立机器人研发中心，西门子机器人研发中心将设置在中国顶级学府清华大学内，专注于机器人相关技术和产品的研发，包括整合机械、电子、类人机器人和人工智能技术在机器控制中的应用等。西门子集团首席技术官表示，目前中国是全球最大的工业机器人市场，西门子将不断加大在中国市场的投资，与政府部门合作共同推动机器人产业的发展，研发能够满足中国市场需求的产品。



**【中文名称】**《人工智能营销：实际应用》  
**【英文名称】**《Artificial Intelligence for Marketing: Practical Applications》

**【出版日期】**2017年8月

**【作者】**吉姆·斯特恩 (Jim Sterne)

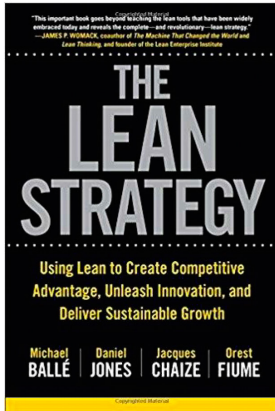
### **【内容简介】**

当今，数据和分析已经成为现代营销的筹码。展望未来，人工智能将成为主要的市场营销工具。

这是一本针对市场营销专业人员的非技术性指南，介绍了人工智能的三大方面，包括自然语言处理、语音识别和机械学习的力量。作者通过简单插图、案例研究，阐明了人工智能以及一些列复杂的概念，展示了如何从实用和可操作性的角度来充分利用这一技术开展市场营销活动。

### **【作者简介】**

吉姆·斯特恩是美国知名的电子营销和客户互动领域的演说家，被全美演讲者协会评为25大热门演讲者之一。



**【中文名称】《精益战略：利用精益创造竞争优势促进创新实现可持续增长》**

**【英文名称】《The Lean Strategy: Using Lean to Create Competitive Advantage, Unleash Innovation, and Deliver Sustainable Growth》**

**【出版日期】2017年6月**

**【作者】迈克尔·伯乐 (Michael Ballé)、  
丹尼尔·琼斯 (Daniel Jones)**

### **【内容简介】**

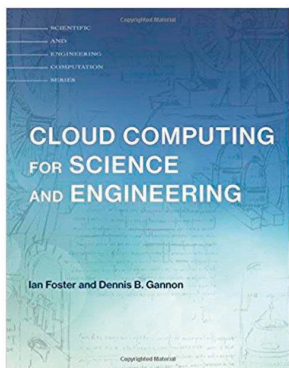
精益战略通过让员工深层思考发现工作中更好的工作方式和方法，减少浪费，以有竞争力的价格提供更优质的产品，从而使企业获得可持续的利润和竞争优势。

本书作者在书中介绍了如何利用好精益管理为企业创造价值。通过阅读本书，有利于读者消除对精益/丰田生产体系 (TPS) 基本知识的普遍误解，更准确地理解如何通过精益管理让员工更清楚地了解自己所使用的工具和企业所采用流程的真正意图，进而有效发挥员工的智慧来实现业务发展。此外，读者还能够学习到，在实施精益管理战略时企业应该采取更加系统的行动计划，以一种有纪律的方式发挥组织中每个人的力量，从而实现企业无与伦比的、可持续的成功。

### **【作者简介】**

迈克尔·伯乐博士具有二十年精益战略研究和实践经验，他创立了法国精益担研究所。

丹尼尔·琼斯是《改变世界的机器》和《精益思想》的作者，美国非营利精益企业研究所的联合创始人，现任英国精益企业学院和精益全球网络研究机构的主席。



**【中文名称】** 《科学与工程云计算》  
**【英文名称】** 《Cloud Computing for Science and Engineering》

**【出版日期】** 2017年9月

**【作者】** 伊安·福特斯 (Ian Foster)、  
丹尼斯·B·甘农 (Dennis B. Gannon)

### 【内容简介】

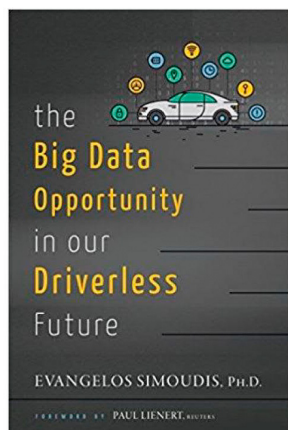
广大企业正在从云计算中获益，并且将大部分信息技术外包给云服务。然而，在科学界云计算并没有发挥它的优势。本书作者认为，如果将众多的杂物实现自动化或者外包给云计算，那么将会节省科学家们大量的时间。

这本书系统描述了支撑云计算的技术，以及将云服务集成到科学工作中所需要的方法：如何管理云中的数据，以及如何对这些数据进行编程；在云计算中，如何从部署单个虚拟机到支持复杂的交互式科学实验，以收集集群机器信息并进行数据分析；如何用开源软件构建自己的云服务平台。本书利用大量实践的例子，为学生、科学家和工程师提供了一个关于如何使用云计算的学习指南。

### 【作者简介】

伊安·福特斯是芝加哥大学著名的计算机科学系教授，也是阿贡国家实验室的杰出研究员。

丹尼斯·B·甘农毕业于伊利诺伊大学的计算机专业，是美国知名的计算机科学家、研究员和作家。



**【中文名称】**《无人驾驶时代的大数据机遇》

**【英文名称】**《The Big Data Opportunity in Our Driverless Future》

**【出版日期】**2017年2月

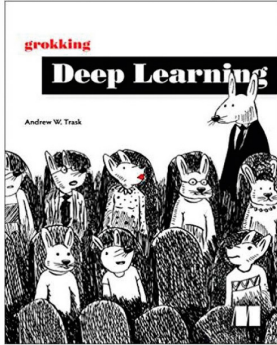
**【作者】**艾万格罗斯·西莫德斯 (Evangelos Simoudis)

### **【内容简介】**

无人驾驶汽车应用的关键，不仅取决于通讯的快捷和便利，而且也依赖计算技术的迅速和准确。可以说如何利用机器智能技术开发大数据既是下一代移动服务的关键因素，也是云计算服务的关键因素。作者认为，存在于无人驾驶技术中的大数据是一个被忽视的创造巨大价值的机会。在本书中，作者通过对无人驾驶汽车全要素的系统分析，提出了企业如何在无人驾驶技术中应用大数据的策略，并分析了一系列相关的技术解决方案。

### **【作者简介】**

艾万格罗斯·西莫德斯是大数据策略和公司创新方面著名的专家，曾担任过客户分析公司的总裁兼首席执行官和IBM商业情报事业部的副总裁。



**【中文名称】** 《探索深度学习》

**【英文名称】** 《Grokking Deep Learning》

**【出版日期】** 2017年12月

**【作者】** 安德鲁·特瑞斯克 (Andrew Trask)

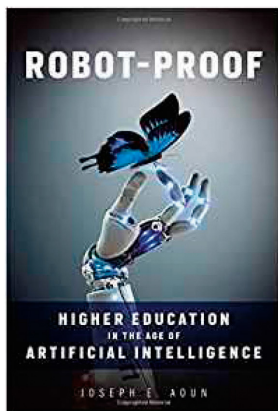
### 【内容简介】

人工智能是本世纪最具有发展潜力的技术，深度学习则是人工智能系统背后的最强“大脑”。

在本书中，作者深入浅出地分析了机器算法的构建过程，向读者解读了深度学习如何能站在比人类更高的水平上学习，有助于读者理解最先进的人造智能背后的“大脑”。可以说，如果读者是学习过Python编程语言的黑客，通过阅读本书，就能更快更准确地把握人工智能的技术基础和思维逻辑，轻松打败现实生活中的超级玩家。

### 【作者简介】

安德鲁·特瑞斯克是牛津大学的博士生，主要研究深入学习方法。



**【中文名称】**《机器人不能替代人类：人工智能时代的高等教育》

**【英文名称】**《Robot-Proof: Higher Education in the Age of Artificial Intelligence》

**【出版日期】**2017年8月

**【作者】**约瑟夫·奥恩 (Joseph Aoun)

### **【内容简介】**

作者认为“机器人不能替代人类”，因为发明、创造和创新等技能，即使是最先进的机器人也不能实现。为此，高等教育不仅要教会学生事物发生的原理，而且要培养学生的创新性思维。

作者阐述了这种教育方法的框架，旨在利用人类先天的优势，培养学生在劳动力竞争市场中与智能机器人一起工作。作者认为学生应重点发展三方面的素养：信息素养、技术素养和人文素养。学生需要数据素养来管理大数据的流动，需要技术素养以了解机器是如何工作的。作者认为，在充满变化的未来，具有这三方面的知识让学生能更好适应变化，而终身学习的能力则将支持他们不断进步。

### **【作者简介】**

约瑟夫·奥恩，高等教育政策学者和国际著名语言学专家，2006年担任美国东北大学校长。



赛迪翻译  
精益求精

# 追求精益求精

前瞻 · 洞见 · 归纳 · 传播

领域广泛 · 语种齐全 · 团队强大 · 质量保障 · 增值服务

《环球新工业》编辑部

编辑部：赛迪工业和信息化研究院

通讯地址：北京市海淀区紫竹院路66号赛迪大厦3层

邮政编码：100088

联系人：韦韬

联系电话：010-88558660

传真：010-88558667

电子邮件：weitaotao@ccidtrans.com



[扫一扫]关注  
赛迪翻译微信公众号

[www.ccidtrans.com](http://www.ccidtrans.com)