

自动驾驶，一种即将到来的交通方式，你应该了解！

AUTONOMOUS DRIVING  
CHANGES THE FUTURE

# 自动驾驶 改变未来

柴占祥 聂天心 Jan Becker 编著

自动驾驶将对未来交通、驾驶安全、出行习惯带来什么样的改变？

自动驾驶将在社会、法律、道德等方面面临哪些新挑战？

自动驾驶的意义究竟何在？

机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



# 自动驾驶改变未来

柴占祥 聂天心 Jan Becker 编著



机械工业出版社

从21世纪初起,自动驾驶汽车已经呈现出接近实用化的趋势,汽车行业的重大变革正在到来。近年来,汽车制造商及其一级供应商、互联网巨头和新兴科技公司均投身其中,围绕争夺自动驾驶技术制高点而进行的投资和并购、跨界与融合、人才争夺和培育越演越烈。本书内容分为历史篇、技术篇、基础设施篇、社会篇、海外企业篇、中国篇和未来篇,共7篇9章,试图把和自动驾驶相关的重要维度都阐释给读者,使读者能够加深对自动驾驶的全面了解并洞悉它将如何影响我们的生活。本书语言通俗,寓知识性、趣味性、启发性于一体,适合关注自动驾驶发展历史、行业现状、技术概况、未来演进等情况的管理者、研究者、相关从业人员及高等院校师生阅读。

本书由 Jan Becker 授权机械工业出版社在中华人民共和国境内(不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区)出版与发行。未经许可的出口,视为违反著作权法,将受法律制裁。

北京市版权局著作权合同登记 图字:01-2017-6612号。

## 图书在版编目(CIP)数据

自动驾驶改变未来/柴占祥,聂天心,(德)杨贝克  
(Jan Becker)编著. —北京:机械工业出版社,2017.9  
ISBN 978-7-111-58187-1

I. ①自… II. ①柴… ②聂… ③杨… III. ①汽车驾驶—  
自动驾驶系统 IV. ①U463.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第239084号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:赵海青 责任编辑:赵海青 母云红

责任校对:乔荣荣 责任印制:孙炜

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2017年10月第1版·第1次印刷

169mm×239mm·19印张·335千字

0001-4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-58187-1

定价:79.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

# 序 一

## Preface

### 自动驾驶与“Joyful Lifestyle”，你所抗拒不了的未来

借助人工智能实现无人驾驶是可预见的明天，是改变我们生活方式的序曲。

每一次的科技进步，都会带来生产力的改变和人类生活方式某一方面的改变。距离我们最近一次的变化是互联网技术的应用，我们已经开始享受“无线网络”带给我们的快捷、高效和方便。未来，以“无人驾驶”为代表的“人工智能”，将从根本上改变我们的生活方式。

例如，我们每天花在路上的时间将返还给我们，出行时间将成为个人可支配时间的延续，这些黄金时段的时间可以让我们更多地享受生活与快乐。这就是科技进步最大的意义！

《自动驾驶改变未来》一书从技术研发、发展演化、基础设施、社会碰撞、行业求索、中国机会、未来展望等多方面讲述了自动驾驶，乃至无人驾驶的前世今生，以及人们对自动驾驶的渴望与顾虑，也向我们描述了未来崭新的生活方式。蔚来汽车非常高兴能够受邀为本书提供智力支持。本书的出版旨在为迎接中国汽车工业智能化的未来做一点实实在在的铺垫工作，为整个汽车行业把握自动驾驶趋势的所思所想、所作所为做一点秉笔直书的工作，为全社会迎接自动驾驶的到来做一点科普教育的工作。我们愿意帮助读者把关于自动驾驶汽车的一个个问号拉直。不论这一个个问号变成顿号还是感叹号，我想我们的目的都达到了。

我本人在汽车业从业 20 余年，曾经在福特、菲亚特-克莱斯勒等企业工作，直至现在致力于蔚来汽车的发展，这期间我既是行业的从业者，也是行业的观察者。我见证了汽车工业在 20 世纪大发展的历史，也参与了汽车新技术革命的进程。回顾以汽车工业为代表的人类工业的发展，我越发地认为人生的永恒主题是“享受人生”，是用尽自己的时间创造美好并享受美好。在为汽车行业奋斗许多年之后，我终于看到了汽车业开始向人们兑现承诺的时刻——因为“无人驾驶”的出现，将使我们回到生活的本身，去创造、去享

受每时每刻的美好!

万丈雾霭锁九城，千古玉石盼青衣。蔚然天工重现世，山清水碧更相怡。

这是我们充满愉悦的人生，更是我们不可阻挡的美好未来。

通过阅读本书，希望读者也可以和我一样，展望汽车带给我们的近在咫尺的未来!

**郑显聪**

蔚来汽车联合创始人

XPT 蔚来驱动科技首席执行官

### 用有趣的方式打开自动驾驶的世界

在过去 30 多年的职业生涯中，我一直致力于汽车工程学的研究工作。在我的记忆中，汽车工程领域从未有过像过去五年来发生这么多令人振奋的进展，发展速度如此之快，投资如此之多，令人目不暇接。

过去 100 多年来，主要是人控制和驾驶汽车。车辆之间缺少相互交流，一如互联网时代到来之前，个人计算机所呈现出的无趣状态。智能网联和自动驾驶技术的发展，不仅可以提高机动车的安全性，还能改善交通拥堵状况，减少车辆对环境的影响，也能改变车辆的所有权，提升人们在超大型城市里的交通出行体验，甚至让城市面貌焕然一新。自动驾驶技术也能让人们不用花精力于开车，从而能有更多的时间享受生活。这样一种愿景和畅想让许多人兴奋不已，但对于自动驾驶发展很重要的一点是，我们必须思考如何能安全高效地开发和应用这些技术，同时确保这些技术给社会带来积极的影响，并且避免或减少意料之外的问题。

我自觉十分有幸，时常有机会通过行业组织举办的活动和美国的密歇根大学移动交通变革中心与外界的广泛联系，与许多学术界和汽车业界的科研人员互动交流。过去几年间，我主要的时间都花在研究智能网联、自动驾驶汽车的技术性和非技术性等问题上。柴占祥先生在本书初成之际发来文稿请我作序，认真拜读后，我认为该书读来饶有趣味。我对《自动驾驶改变未来》一书在以下三个方面的论述和洞见，印象最为深刻：

1) 书中收集了大量最新的行业进展和新闻报道，并对这些事件进行了解读；

2) 书中介绍了自动驾驶所涉及的主要技术，并非常专业地解释了这些技术的基本功能和局限所在；

3) 书中对自动驾驶发展仍待解决的关键问题进行了非常详尽的阐述，包括安全隐私、法规保障、数据共享、人车互动、在中国开车的特殊挑战等。

该书会为对智能网联、自动驾驶汽车感兴趣的中国大众读者带来帮助。值得一提的是，该书的章节常以中国古诗词或故事开篇，却能够与所要阐述的内容很好地衔接，中国文化与现代科技交相辉映、相得益彰。另外，与许多其他技术类书籍不同的是，该书使用了许多口语化的用词和通俗化的表达，我想这

更能让读者产生共鸣，让这本书更简单易懂，也更有趣味。

书中所述的技术相对较新，而且还在不断发展之中，所以要追踪所有的重大发展并提供有洞见的论述着实不是一件易事。我赞赏该书的作者柴占祥和他的伙伴们所做的努力，该书相对完整地汇集了各种讨论，并清楚地论述了自己的意见和观点。我希望该书能引发智能网联、自动驾驶汽车这个重要新兴领域的讨论并进而推动行业的进步。

彭 晖

密歇根大学移动交通变革中心主任  
机械工程罗杰·麦卡锡教授

## 前言 Preface

自 1886 年汽车诞生不久，自动驾驶的梦想就已经出现在虚构的小说中。从虚构的小说到研究和工业开发，以及首先实现部分自动驾驶功能的量产系统，自动驾驶已经发展了 100 多年。而现在，梦想正在逐渐地变成现实，自动驾驶的革命正在发生。

从 21 世纪初起，自动驾驶汽车已经呈现出接近实用化的趋势。尤其是近几年来，几乎所有的汽车制造商及其重要的一级（Tier-1）供应商、有远见的互联网巨头、乘势而上的新兴科技公司都投入巨大的人力、物力、财力从事自动驾驶汽车的研发工作。围绕自动驾驶而进行的战略投资和并购此起彼伏，企业间的合纵连横、跨界融合渐成风尚，人才的争夺战更是愈演愈烈。尽管截至 2017 年春天，路上跑的量产车中还没有一辆超过美国汽车工程学会（SAE）定义中的自动驾驶 2 级或者部分自动驾驶的水平，但是几大汽车制造商都已相继宣布 2018 年会推出自动驾驶 3 级或有条件自动驾驶系统。与此同时，和自动驾驶汽车有关的讨论更是不绝于耳，笃信派和怀疑派各执一词，热闹非凡。

为了让广大读者了解自动驾驶这一汽车行业正在发生的深刻变革，洞悉这一行业的巨变将如何影响和改变几乎每一个人的生活，怎样在这一不可避免的时代潮流中拥抱趋势、把握机遇，受机械工业出版社的委托，我们从 2016 年夏季开始着手编撰本书。

为了做好这一工作，保证其权威性和全面性，尽管我从事汽车行业技术、市场调研、管理工作 20 余年，仍恐见解偏颇、有负读者，特邀请汽车行业资深高管聂天心先生和自动驾驶国际权威 Jan Becker 博士一起组成写作小组。我承担了全书总体结构的统筹和绝大部分章节的编写任务，聂天心先生对书中部分章节的策划给予了实质性的支持并参与了编写，Jan Becker 博士则执笔完成了本书第二章、第三章的大部分内容。作为本书的智力支持方，中国的蔚来汽车之 XPT 蔚来驱动科技首席技术官（CTO）黄晨东先生亲自审定了第四章，美国 Faraday Future 的 Sinisa Durekovic 博士提供了第二章数字地图部分的相关内容。

本书的结构分为 7 篇 9 章，试图把和自动驾驶汽车相关的重要维度都向读者加以阐释。在历史篇中，本书回顾了汽车行业 100 多年发展历程中的重要节点、代表人物和事件，尤其是从电子化演进到智能化，之后跨进自动驾驶的过程；在技术篇中，书中用了 3 章的篇幅，简明扼要地介绍了自动驾驶汽车应用



到的感知、算法、数字地图、执行等基础技术及其相关领域，阐述了自动驾驶汽车的分级和相关 ADAS 功能，并专门介绍了自动驾驶的最佳载体——电动汽车；在基础设施篇中，各国政策层面的进展、智能交通系统、车联网、自动驾驶测试场是重点介绍的内容；在社会篇中，本书直面由自动驾驶“驶入”社会引起的十大热点问题，包括隐私、黑客、法律、伦理、人车互动、汽车共享、“中国式过马路”、汽车保险、商业模式、消费者心理，读来饶有趣味；在海外企业篇中，有 30 多家背景各异的活跃于海外的企业将跃入读者的视线，它们所思所想、一举一动，想必会牵动读者的好奇心；在中国篇中，中国的机遇与挑战、中国企业的弄潮之举也有描述，希望可以提供读者一份思考的素材；在最后的未来篇中，我们向读者展示了未来自动驾驶的社会将是什么样子的，这是我们的想象。但可以肯定地说，未来自动驾驶社会中，我们的生活将呈现一个完全崭新的面貌，甚至比我们的想象还要精彩万分。

为了让读者读起来不至于感到枯燥，本书尽可能采用浅显易懂的语言进行通俗化表达，以达到生动有趣的效果；本书还选择用古诗词作为各篇的题记，希望借诗词之美引起读者丰富的联想。除此之外，本书还选取了一些和正文有机联系的知识性、故事性、趣味性小文作为“扩展块”，使读者有一个差异化的阅读体验。

需要特别说明的是，本书既不是象牙塔里的学术著作，也不是功利性的市场调研报告，它只是针对关心自动驾驶汽车这一超级热点话题的业内同行、热心人士、广大车迷朋友介绍自动驾驶，乃至无人驾驶的科普读物。如果本书的出版能够引发读者对智能网联、自动驾驶汽车这个重要新兴领域的关注，展开进一步讨论并且因此对行业的进步有稍许的推动，那我们就十分欣慰了。

梁占祥

# 目 录

## Contents

序一 自动驾驶与“Joyful Lifestyle”，你所抗拒不了的未来

序二 用有趣的方式打开自动驾驶的世界

前言



### 第一章

#### 百年汽车工业加速变革 // 002

##### 一、从功能汽车到智能汽车 // 003

1. 从汽车诞生到汽车电子技术的大行其道 // 003

2. 智能汽车时代触手可及 // 006

##### 二、全球化让汽车业风生水起 // 007

1. 汽车工业是最典型的全球化产业 // 007

2. 汽车圈的“纵横捭阖” // 008

##### 三、自动驾驶：巨头争锋新战场 // 010

1. 产业竞争的新高地 // 010

2. 未来已来，激烈的竞争已展开 // 011

3. 底特律和硅谷，谁将胜出？ // 013

4. “鸿沟”等待跨越 // 015



### 第二章

#### 成就了自动驾驶的基础技术 // 018

##### 一、环境感知：让自动驾驶汽车长出“耳目” // 018

1. 雷达 // 019

2. 摄像头 // 021

3. 激光雷达 // 023

4. 超声波传感器 // 028

- 二、数字地图：要与时俱进 // 028
  - 1. 地图内容与地图数据模型 // 029
  - 2. 地图生成与输出 // 033
  - 3. 数字地图子系统架构 // 035
  - 4. 无人驾驶中的数字地图 // 036
  - 5. 数字地图与传感器融合 // 037
  
- 三、通信及车辆互联性：贵在知己知彼 // 039
  - 1. 网联汽车 // 039
  - 2. V2V、V2I 和 V2X // 039
  
- 四、自动驾驶算法的“2W1H”：能思考，会行动// 040
  - 1. 架构 // 040
  - 2. 定位及测程法 // 041
  - 3. 感知 // 044
  - 4. 决策 // 045
  - 5. 执行 // 046
  
- 五、你应该知道的自动驾驶的相关领域 // 046
  - 1. 人工智能 // 046
  - 2. 大数据和云计算 // 048
  - 3. 物联网 // 050

### 第三章

#### 拾阶而上：自动驾驶技术详解 // 053

- 一、自动驾驶的“第一步” // 053
  - 1. 自动驾驶汽车研发起步 // 053
  - 2. DARPA 竞赛 // 055
  - 3. 自动驾驶产业化开发 // 056
  - 4. 自动驾驶面临的挑战 // 057

## 二、驾驶人信息系统：便利、安全的基石 // 058

1. 导航 // 059
2. 夜视 // 060
3. 前向碰撞预警 // 060
4. 车道偏离预警 // 061
5. 交通标志识别 // 061

## 三、读懂自动驾驶的技术分级 // 061

1. SAE 自动驾驶技术分级定义 // 061
2. SAE 自动驾驶技术分级详解 // 064

## 第四章

### 电动汽车：自动驾驶的最佳载体 // 070

#### 一、认识电动汽车 // 072

1. 纯电动汽车 // 072
2. 增程式电动汽车 // 073

#### 二、三电：电动汽车的核心 // 073

1. 电机 // 073
2. 电机控制 // 076
3. 电池 // 077

#### 三、充电和换电：让电动汽车补充能量 // 082

1. 充电 // 082
2. 换电 // 083



## 基础 设施篇

## 第五章

### 基础设施：要与自动驾驶“渔歌互答” // 086

#### 一、交通信息化与智能交通系统 // 087

1. 交通信息化与自动驾驶 // 087
2. 智能交通系统与自动驾驶 // 090

## 二、国际机构和各国政府应时而动 // 093

1. 美国：确保领导地位 // 093
2. 日本：再兴战略 // 095
3. 德国：先行者之一 // 096
4. 法国、英国和荷兰：心态开放，步伐坚定 // 096
5. 国际机构：修改法规，为技术护航 // 097
6. 中国：有了路线图，还需订标准 // 098

## 三、V2X 通信标准之争 // 099

1. DSRC：美国主导，十年磨砺 // 100
2. LTE-V：中国方案，新鲜出炉 // 102
3. V2X：联结智通交通，奔向智慧城市 // 104

## 四、雨后春笋般出现的测试场 // 106

1. Mcity 小镇：全球首家 // 106
2. 威楼峦测试场：美国移动中心 // 109
3. “大干快上”的中国的测试场建设 // 110



## 第六章

### 社会篇

## 自动驾驶面临的十大挑战 // 118

- 一、被机器控制的世界与无处安放的隐私 // 118
- 二、黑客问题不仅仅是技术问题 // 122
- 三、自动驾驶引发的伦理之争 // 126
- 四、“中国式”过马路的挑战 // 132
- 五、自动驾驶汽车与人类的互动 // 135
- 六、自动驾驶与共享经济 // 139
- 七、交通事故的权责归属 // 144
- 八、自动驾驶重塑车险行业 // 148
- 九、自动驾驶的商业化之路 // 151
- 十、激动而又迷茫的用户 // 156



- 一、互联网造车，搅局还是颠覆？ // 165
  1. 谷歌：榜样的力量是无穷的 // 165
  2. 特斯拉：有颜值也不缺实力的网红 // 169
  3. 苹果：说的不多，但干的未必少 // 173
  4. 优步：为明天的无人驾驶网约车而战 // 177
  5. Faraday Future：小荷才露尖尖角 // 180
  
- 二、传统车企，我的地盘我做主 // 182
  - (一) 欧洲大队 // 182
    1. 奔驰：先行者也需要“瞰思” // 182
    2. 宝马：携“第一战略”再踏征程 // 186
    3. 大众：2025 战略，自动驾驶挑大梁 // 190
    4. 奥迪：致力于成为自动驾驶领域的 Jackpot // 192
    5. 沃尔沃：携 Drive Me 探索未来可持续交通解决方案 // 195
    6. PSA 与雷诺：法系军团不甘示弱 // 198
    7. 捷豹路虎：让无人驾驶汽车去越野 // 200
  
  - (二) 美国中队 // 202
    1. 通用：智能网联的布道者 // 202
    2. 福特：将完全自动驾驶技术的便利带给全球消费者 // 204
  
  - (三) 日本中队 // 208
    1. 丰田：从安全出发，奔向自动驾驶的蓝海 // 208
    2. 本田：低调而强大的 Honda Sensing // 211
    3. 日产：先把 ProPilot 推向市场，终极实现“零死亡” // 213
  
  - (四) 韩国小队 // 215
    1. 现代：Ioniq 的廉价方案 // 215
    2. 起亚：自动驾驶品牌 Dive Wise // 217

### 三、一级供应商，那些强人们可不是吃素的 // 217

1. 博世：从感知到判断决策再到执行，缺一不可 // 217
2. 德尔福：兼并加合作，打造超强自动驾驶技术 // 218
3. 大陆：盯紧自动驾驶六大要素 // 219
4. 法雷奥：开放式创新，全方位出击 // 220
5. 麦格纳：不可小觑的加拿大巨头 // 221
6. 伟世通：整合集成域控制，主攻车载神经网络 // 222
7. 哈曼：不再仅仅是音响公司 // 223
8. 电装：我们的合作很“日本” // 225

### 四、又专又强的自动驾驶概念公司 // 226

1. 英伟达和它那些大块头的对手们 // 226
2. Mobileye：“汽车之眼”大展拳脚 // 227
3. 激光雷达“三杰”：更小型、更便宜、更“固态” // 228
4. “AI 100”上的汽车概念初创公司：一招鲜，吃遍天 // 229



## 第八章

### 中国篇

#### 中国时间：“前方高能” // 232

##### 一、中国的机遇与挑战 // 234

1. 步入产业“无人区” // 234
2. 布鲁金斯学会来“把脉” // 235
3. 掰着指头算算手里的“牌” // 237

##### 二、中国的智能网联汽车路线图 // 240

1. 在《中国制造2025》的旗帜下 // 240
2. 《智能网联汽车技术路线图》 // 242

##### 三、各施拳脚、上下求索的中国企业 // 246

1. 百度：谷歌玩得 我也玩得 // 247

2. 蔚来汽车：蔚蓝天空 终会出现 // 250
3. 长安汽车：进京赶考 一战成名 // 253
4. 广汽集团：低调务实 永立潮头 // 256
5. 上汽集团：“前瞻技术” 拾阶而上 // 258
6. 北汽集团：技术众筹 协同创新 // 259
7. 一汽集团：执汝之手 “挚途” 前行 // 261
8. 东风汽车：跨界合作 独辟蹊径 // 262
9. 比亚迪：电动大咖 智能破局 // 263
10. 福田汽车：超级卡车 中国制造 // 264



## 第九章

### 未来篇

未来会更好 // 268

- 一、“黑科技”走进现实：安全的、环保的、酷炫的 // 270
- 二、未来交通新生态：和谐的、高效的、共享的 // 274
- 三、畅想：自动驾驶社会的一天 // 278

后 记 // 283

参考文献 // 285



# 历史篇



胜日寻芳泗水滨，无边光景一时新。  
等闲识得东风面，万紫千红总是春。

——宋·朱熹《春日》