

徐和谊

北京汽车集团
有限公司董事长

王铁民

北京大学光华
管理学院教授

霍裕民

中国汽车工业
协会秘书长助理

林雷

新华信市场调查
公司董事局主席

王玮楠

中国汽车技术研究
中心情报所所长

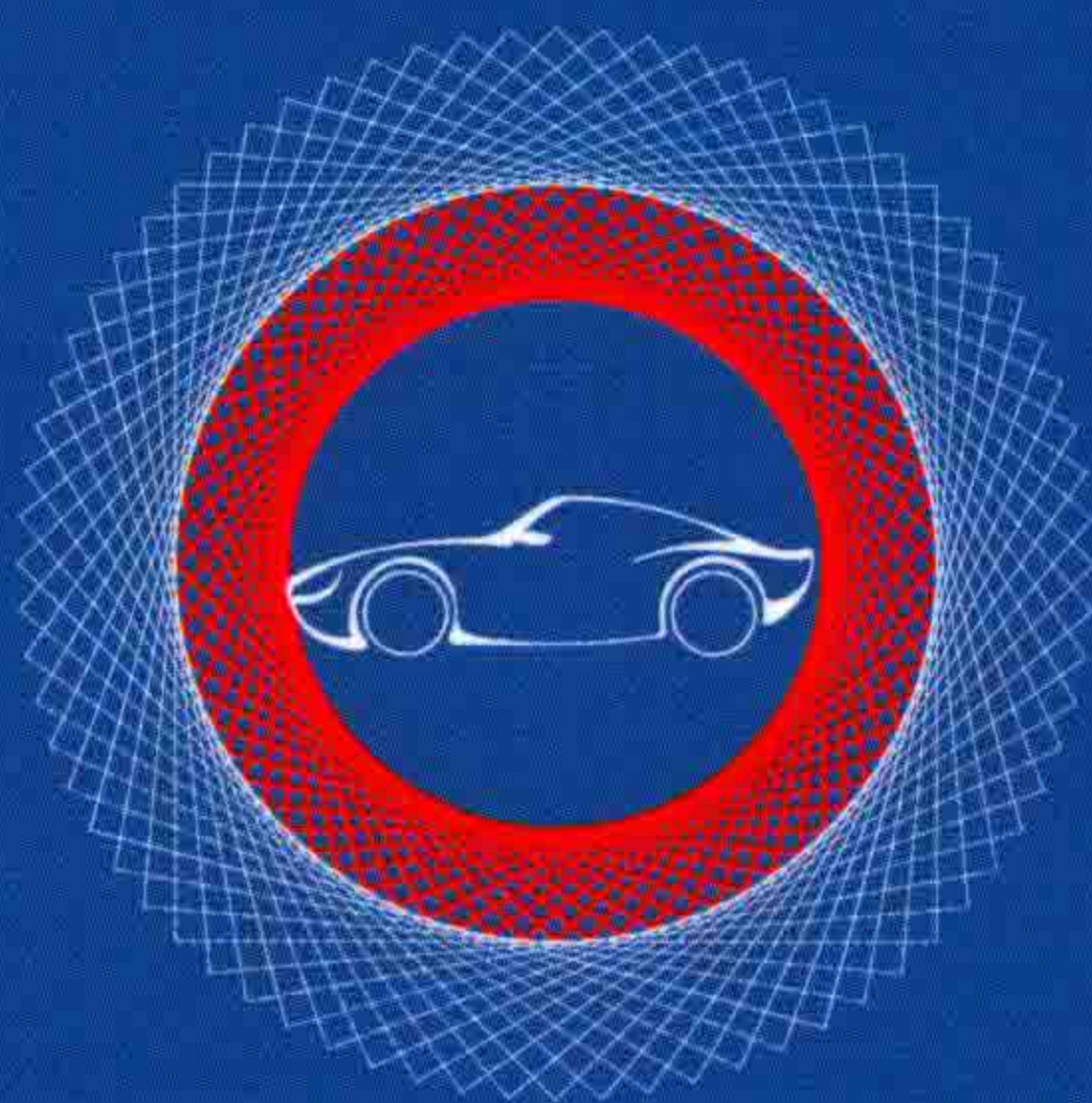
等联袂推荐

Innovative technologies for future cars
**REDEFINE
CAR**

重新定义汽车

改变未来汽车的创新技术

付于武 毛海 等编著



在人类手握方向盘一个多世纪之后，机器是否能够代替人类来驾驶汽车？
电动化、无人驾驶、智能互联、新材料和新工艺，
哪些创新技术将引发汽车行业的颠覆性变革？



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



重新定义汽车

改变未来汽车的创新技术

付于武 毛海林 雷陈赫 编著
潘楠 付博 Xiangyang Yao

机械工业出版社

当今世界汽车产业格局进入风起云涌、风云变幻的时期，特斯拉异军突起，谷歌汽车 2017 年欲进入美国家庭，苹果汽车 2019 年欲推向市场；国内百度、乐视等公司不甘落后，奋起直追。这些汽车都有着共同的特点：电动化、智能化、新材料和新工艺。本书围绕电动汽车、智能汽车和汽车新材料与新制作工艺展开介绍。内容包括电动汽车的历史、构造、关键技术和市场，智能汽车的联网、车内信息娱乐系统、智能驾驶和智能汽车对商业模式及社会的影响，汽车新材料、新型智能玻璃、3D 打印技术和工业机器人等。

本书是电动汽车、智能汽车、汽车新材料与新制作工艺方面的科普读物，可供汽车企业、行业管理人员，汽车院校师生，其他汽车相关从业人员和投资人阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

重新定义汽车：改变未来汽车的创新技术 / 付于武等编著. —北京：机械工业出版社，2017. 1

ISBN 978 - 7 - 111 - 55857 - 6

I. ①重… II. ①付… III. ①汽车-高技术 IV. ①U46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 323360 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

责任校对：刘 岚 责任印制：李 洋

保定市中画美凯印刷有限公司印刷

2017 年 2 月第 1 版 · 第 1 次印刷

169mm × 239mm · 14.75 印张 · 284 千字

0 001 - 4 000 册

标准书号：ISBN 978 - 7 - 111 - 55857 - 6

定价：59.00 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

服务咨询热线：010 - 88361066

读者购书热线：010 - 68326294

010 - 88379203

封面无防伪标均为盗版

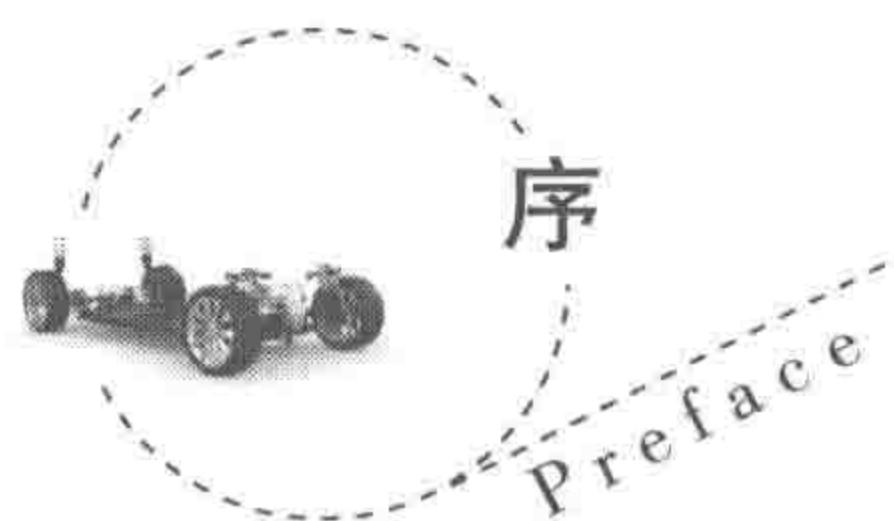
网络服务

机工官网：www.cmpbook.com

机工官博：weibo.com/cmp1952

金书网：www.golden-book.com

教育服务网：www.cmpedu.com



众所周知，三大趋势正推动汽车领域的未来发展——无人驾驶、汽车互联和分享经济。在人类手握转向盘一个多世纪之后，机器即将在道路上代替人类来驾驶汽车。而消费者也将逐步从根本上转变对汽车的态度。虽然，未来的市场需求还未能完全明确，但新的商业模式将带来的相关销售收入和利润已吸引了众多投资者的青睐。

利用人工智能技术整合传统行业所形成的新商业模式，无疑将主导汽车产业的未来发展。2016年在百度联盟峰会上，百度播放了无人车路测的实况视频，视频显示百度无人车已经可以像正常车辆一样加速、并线、超车。百度表示，公司未来的发展将严重地依赖人工智能，而人工智能“井喷式”创新，将推动互联网进入第三幕，并重构汽车产业。

在汽车产业过去100多年发展历程中，还没有发生过颠覆性的变革。长期存在的各种结构性情况根深蒂固，在目前颠覆性时代的变革下，确定未来汽车行业的需求是思考的关键。目前，纯电动汽车、自动驾驶汽车、网联汽车，或者自动驾驶技术与纯电动汽车结合为一体的智能网联汽车都成为热议话题，但业内人士对其发展前景尚未达成一致，纷纷把有限的资源投入到所有领域中。然而可以看到的是，到2025年，我国汽车产业将基本完成产业转型升级，自动驾驶总体技术要求及各项关键技术将得到掌握，将建立较完善的自主研发体系；到2030年，全自动驾驶的智能网联电动汽车将抢占超过三分之一的全球机动车产业市场。

面对刚刚开始产业转变和未来的不断转变，中国汽车制造商不应只是开始尝试围绕其核心产品提供新的服务，而是需要重新解读自己既有的业务模式，这样才能在2030年乃至更远的未来继续保持产业前沿地位。在目前资金不够充裕的市场行情下，为求得生存，优先投资必不可少。虽然从表面看，众多中国汽车制造商已经为未来做好准备，但是很多公司只是表面上优化了公司的业务，开始尝试围绕其核心产品提供技术服务，而没有充分转型和将未来汽车发展的核心主体作为公司的核心竞争力。

在美国，Uber（优步）在拼车领域一马当先，享有超高人气，构建了自己灵活的车辆网络；而通用汽车不甘落后，向正在快速发展的拼车公司Lyft投资5亿美元，并斥资逾10亿美元收购了自动驾驶汽车创业公司Cruise Automation。谷歌一直在开发自动驾驶汽车技术，是这一领域的领头羊，已经开发出自动驾驶汽车原型产品，更在这一领域与汽车厂商合作，推出了适合丰田普锐斯、奥迪TT和雷

克萨斯 RX450h 的自动驾驶技术。而特斯拉这个新的市场参与者，无论在形象还是创意方面，都是强有力的竞争对手，从资本市场对其 200 亿美元的市场估值及其成功地从零开始制造具有竞争力的全电动汽车，都可见一斑。在欧洲，德国三大高档车制造商奥迪、宝马和奔驰共同集资，兼并高清地图供应商 HERE。戴姆勒正式推出了“Car2Go”拼车服务，并通过一系列的小规模兼并和收购企业来壮大其交通解决方案。2016 年 5 月底，大众汽车对以色列打车软件 Gett 投资 3 亿美元，希望未来销售收入中有很高比例来自聚焦移动性服务的新商业模式，其目标以约车服务为核心，开展无人驾驶出租车、汽车共享和按需运输等服务。而处于行业领先地位的沃尔沃汽车，不仅首先提出了“到 2020 年实现无人在新款沃尔沃汽车中因碰撞事故而死亡”的“零死亡率”的愿景，而且在自动驾驶的研发测试方面，到 2017 年其更是将在瑞典哥德堡进行的“Drive Me”自动驾驶测试项目进一步扩大，将投放 100 辆 XC90 自动驾驶 SUV，以供当地普通市民日常通勤使用。在中国，2016 年 7 月阿里巴巴集团和上汽集团公布了一款互联网汽车，该车采用自动驾驶技术。同一天，LG 宣布与大众联合开发新款车联网平台，汽车将能与各种设备通信，其中包括家庭安保系统和照明系统。而早在 2016 年两会期间，吉利集团董事长李书福和百度公司 CEO 李彦宏就不约而同地提交提案，加快制定和完善自动驾驶政策法规，抢占产业发展制高点。而北汽也早在 2015 年 3 月就与乐视公司签订了战略合作协议，并在该年底联合发布了首款搭载乐视车联网 ecolink 产品的新能源车型——北汽 EV260 乐享版。2016 年 3 月，乐视再次与北汽等公司正式签署了 ecolink（乐视生态互联）合作协议，携手打造新一代智能互联的车内生态。

显而易见，未来汽车产业的市场主体将迫使传统汽车装备制造商退居幕后，汽车产业将转向服务化发展，服务供应商将掌握价值链。但无论未来汽车行业背后的公共交通领域将可能达到的状况如何，又或者将以什么服务方式体现、多大规模扩散和多快的速度发展，可以肯定的是，汽车产业下一步电动化、智能化、网联化、新材料和新工艺带来的汽车发展将是一个必然的趋势！

本书就是针对未来公共交通服务化大局势下汽车行业的必然变革而展开介绍的，揭开了汽车行业正在电动化、智能化、新材料和新工艺转变中的神秘面纱，并以美国、欧洲和中国三大全球市场数据加以分析和论证，对名噪一时的特斯拉等企业进行了解剖，也对国内汽车市场中最新的企业动态做了说明，将当今世界汽车行业风起云涌的壮阔景象呈现给读者。

美国国家公路交通安全管理局已经发布了全自动驾驶的数条里程碑式的决策，中国的汽车产业也不会自甘落后，日益严重的雾霾和濒临崩溃的城市交通局面下，未来汽车将带来一幅令人憧憬的生态化交通蓝图，汽车产业的决定性变革将引导中国汽车开辟出一条蔚蓝、畅通的便捷之路。

徐和谊
北汽集团董事长



新中国汽车工业发展已经 60 多年了，从无到有，从小到大。随着我国综合国力的提升，我国的科学技术已在某些领域处于世界领先地位，但传统汽车在一些核心技术方面，依然和国外一些发达国家存在着差距。度过了野蛮生长期的中国汽车工业，在中国经济新常态的浪潮裹挟下，也开始了它的 2.0 征程。对于大而不对的中国汽车工业来说，这注定是一个重构、重组、重塑的过程。在这个关键的风口，汽车新技术的诞生将给予我国汽车工业一个难得的发展机遇。有人提出，在这一轮汽车工业革命下，中国很有条件实现“弯道超车”。

在这一个重大的机遇面前，我们依然需要正视中国与世界汽车强国在新技术领域的差距，知己知彼，认清发展趋势。如今，美国依然是世界第一大科技强国，硅谷聚集了世界最优秀的科技工作者和最优秀的科技公司。在美国提出的“先进制造业国家战略规划”下，美国已经在汽车创新技术方面取得了令人称奇的成果，如 ADAS（辅助驾驶系统）、3D 打印车身技术和新材料电池等。如今，谷歌、特斯拉等企业的自动驾驶汽车已经驶上街头。在欧洲，德国率先提出了“工业 4.0”理念，即充分利用信息通信技术和网络空间虚拟系统相结合的信息物理系统（Cyber-Physical System），在汽车车载娱乐系统和控制屏上也取得了一定成果。在亚洲，日本，甚至韩国，也早已启动相关计划，韩国现代汽车以及起亚汽车在 2015 年年底就获得了美国高速公路自动驾驶执照。世界汽车产业的风起云涌，预示着未来汽车智能化发展的重大变革，在世界再工业革命智能化、互联化浪潮席卷而来的今天，在“中国制造 2025”目标下，认清大方向，选准技术路线，制定可行战略，才能使我们在这次大潮中站立潮头，立于不败之地。

面对世界汽车形势，国内车企纷纷追进。一汽提出到 2025 年实现从一般的驾驶性能到局部自动化再到高度自动化的发展路线。北汽希望通过 5 年左右的努力，到“十三五”末，实现高智能化中级车成功批量推向市场。上汽计划 2020 年左右，推出能在高速公路、公园道路、崇明岛环岛公路等结构化道路上行驶的无人驾驶汽车，并已和同济大学共建国内首个“智能网联汽车测评基地”。长安也提出了自己的智能汽车发展路径。百度、乐视等互联网企业不甘落后，也加入到了智能汽车的开发领域。

为了更好地帮助国内汽车厂家及时、准确地了解最新汽车技术信息，本书作者将搜集的来源于美国的难能可贵的资料呈现给读者，包括了“两化两新”四个部分——电动化、智能化、新材料和新工艺。在互联网为人们生活带来改变的今

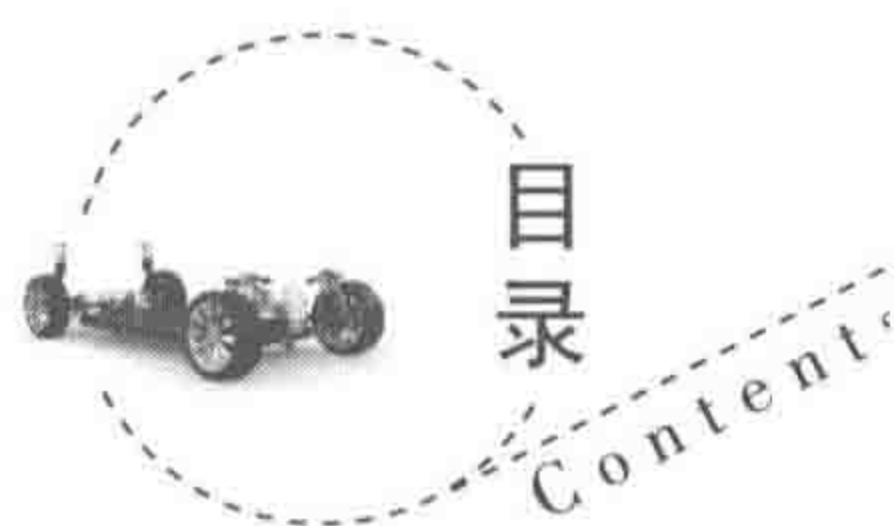
天，传统机床、手机等行业已经在一夜之间发生了向智能化过渡的重大变革。在汽车领域，目前正在发生从传统技术到智能化的转变，最为突出的就是自动驾驶、车载系统和3D打印车身技术等。这场发生在汽车领域的转变也将如手机产业一样发生颠覆性的变革！本书对未来汽车的发展方向做了全新定义，对最新汽车技术成果做了详细介绍，它将是国内汽车行业从业人员了解和掌握汽车行业发展趋势的有利帮手，也将是这场汽车产业革命下，推动汽车行业智能化、网联化发展的一块基石。

面对已经到来的汽车产业革命，我们需要树立正确的发展观。夯实基础、冷静思考、不盲目追风，是我国汽车产业实现“弯道超车”的正确发展的价值观。我们倡导：着重于对信息资料的收集整理工作，从而引导和指导技术的研究开发。我们也倡导：新技术的研究开发应注重与高校之间的合作，研究领域应抓住关键技术，不要大而全，也不要一哄而上，而是实现一项一项关键技术的攻关和突破。只有这样，在经历一段时间以后，中国汽车产业才能真正强大起来，新的汽车产业才会成为引领潮流的先锋。

国家《“十三五”汽车工业发展规划意见》对智能网联汽车发展设定了目标，“十三五”期间积极发展智能网联汽车，具有驾驶辅助功能（1级自动化）的汽车当年新车渗透率达到50%，有条件自动化（2级自动化）的汽车当年新车渗透率达到10%，将为智能网联汽车的全面推广建立基础。我国的车企应紧紧围绕这一规划意见，深入贯彻习总书记提出的加快改造提升传统产业，深入推进信息化与工业化深度融合的中心思想。只有这样，才能积极培育产业新业态和商业新模式，构建现代产业发展新体系，通过汽车产业结构优化升级，最终拥有我国汽车行业在新一轮再工业革命下的国际竞争力！

付于武

中国汽车工程学会理事长



序
前言

第 1 章

不可阻挡的电动化时代 // 1

1.1 汽车电动化浪潮来袭 // 2

- 1.1.1 电动汽车的诞生 // 2
- 1.1.2 电动汽车的早期发展和衰落 // 3
- 1.1.3 油气短缺引发对电动汽车的新关注 // 4
- 1.1.4 环境问题驱动电动汽车发展 // 4
- 1.1.5 电动汽车的新发展机会 // 5

1.2 电动汽车的构造演变与关键技术 // 6

- 1.2.1 电力驱动控制系统 // 7
- 1.2.2 电池及其相关技术 // 8
- 1.2.3 动力及其控制技术 // 17
- 1.2.4 充电技术 // 24

1.3 典型纯电动汽车及其关键技术 // 36

- 1.3.1 特斯拉 // 37
- 1.3.2 日产聆风 // 48
- 1.3.3 北汽新能源 // 50
- 1.3.4 宝马 i3 // 53

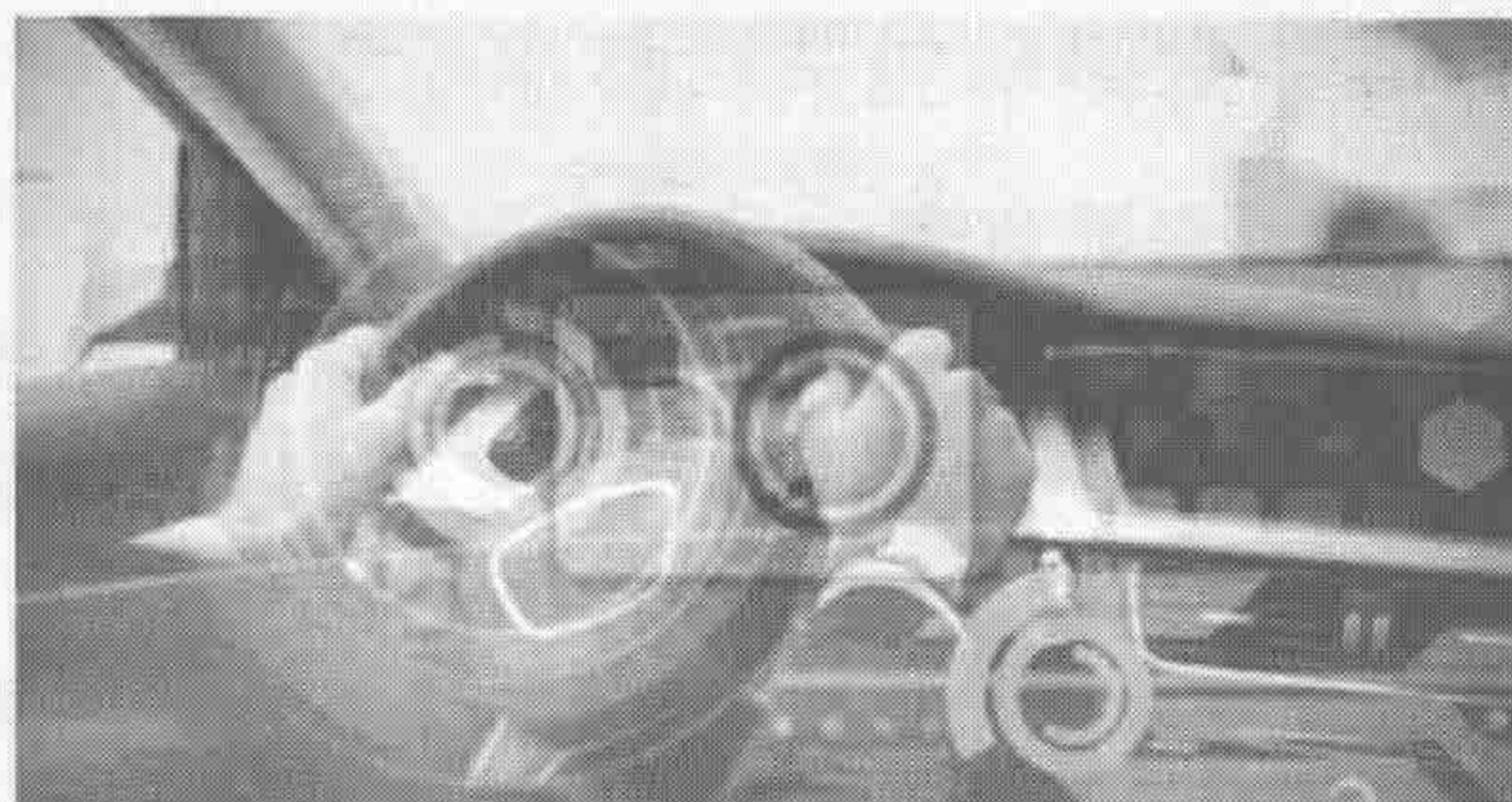
1.4 全球电动汽车产业三大市场的前景 // 58

- 1.4.1 美国 // 58
- 1.4.2 欧洲 // 63
- 1.4.3 中国 // 68

- 2.1 网联汽车：如何连接一切 // 74
 - 2.1.1 网联汽车体系结构 // 74
 - 2.1.2 网联汽车硬件设备 // 76
 - 2.1.3 网联汽车连接技术 // 85
 - 2.1.4 网联汽车的信息安全问题 // 89
- 2.2 决战第四屏：车内信息娱乐系统 // 92
 - 2.2.1 用户接口 // 92
 - 2.2.2 第三方软件系统 // 101
- 2.3 智能驾驶驶入快车道 // 114
 - 2.3.1 辅助驾驶技术 // 115
 - 2.3.2 自动驾驶技术 // 124
 - 2.3.3 智能驾驶引发的问题 // 130
- 2.4 重新定义：智能汽车对社会产生的影响 // 135
 - 2.4.1 智能汽车对商业模式的影响 // 135
 - 2.4.2 智能汽车对社会的影响 // 142
 - 2.4.3 国内企业动态 // 150

- 3.1 永恒探索：轻量化材料 // 156
 - 3.1.1 高强度钢 // 159
 - 3.1.2 铝合金 // 160
 - 3.1.3 镁合金 // 161
 - 3.1.4 先进复合材料 // 162
 - 3.1.5 其他轻量化材料及技术 // 164
 - 3.1.6 企业应用实例 // 164
- 3.2 另辟蹊径走向智能化材料 // 166
 - 3.2.1 智能玻璃 // 166
 - 3.2.2 其他智能材料 // 172
- 3.3 绿色环保，打造生物材料 // 173
 - 3.3.1 环保材料种类 // 173
 - 3.3.2 各公司动态 // 174
- 3.4 汽车材料发展前景 // 177

- 4.1 革命性的车身制造技术：3D 打印 // 182
 - 4.1.1 3D 打印技术特点 // 182
 - 4.1.2 各汽车厂商应用情况 // 186
 - 4.1.3 世界各国政府行动 // 195
- 4.2 工艺流程上的精密工程师：工业机器人 // 196
 - 4.2.1 涂装机器人 // 198
 - 4.2.2 焊接机器人 // 203
- 4.3 新型成型工艺技术的突破和发展 // 205
 - 4.3.1 粉末注射成型技术 // 205
 - 4.3.2 半固态成型技术 // 207
 - 4.3.3 反应注射成型技术 // 208
 - 4.3.4 液压成形技术 // 211
- 4.4 大数据优化对制造工艺带来的革新 // 213
 - 4.4.1 大数据对汽车制造公司的影响 // 213
 - 4.4.2 大数据对汽车工业的影响 // 217
 - 4.4.3 大数据对汽车消费者的影响 // 220



第 1 章

不可阻挡的 电动化时代



1.1 汽车电动化浪潮来袭

现如今，随着世界范围内能源短缺和部分地区大气污染严重等问题，越来越多的人开始致力于宣传环保、落实环保等行动，这也使得利用电机代替发动机从而实现零排放的电动汽车受到越来越多的关注。但可能会让许多人惊讶的是，电动汽车并不是一项新的发明。虽然不能十分确定究竟谁是历史上第一辆电动汽车的发明者，但可以肯定的是，早在 19 世纪早期人们便已经开始使用电动汽车了。

1.1.1 电动汽车的诞生

电动汽车的发明很难定位在一个发明家或者一个国家上，而是整个汽车行业从电池到电机等一系列的科技进步使得第一辆电动汽车出现在 19 世纪。

1828 年，匈牙利的 Ányos Jedlik 便已经实现了制作一个通过自身电机来驱动的小型电动汽车模型。在 1832—1839 年间，苏格兰发明家罗伯特·安德生（Robert Anderson）发明了一个更大的电机用来驱动马车。



早期的电动汽车

当然，这些电动汽车当时并没有得到广泛的使用，但它们确实激发了一些人的想象力。1835 年，美国的达文波特（Davenport）创造了第一个电动汽车用车载电池。但这些电池不可充电并且无法给汽车提供更长的续驶里程。其他一些人，包括法国发明家普兰特·加斯东，对电池进行了更深入的研究和改造，但始终没有成功发明出一辆真正实用的电动汽车。

在美国，第一辆成功的电动汽车首次亮相在 1890 年，由美国化学家威廉·莫利森实现。他的六座电动汽车能够以约 22.5km/h 的最高车速行驶，虽然速度并不快，但它激发了人们对电动汽车的研究兴趣。

在接下来的几年里，来自不同汽车厂商的电动汽车开始出现在美国纽约市，甚至该市拥有超过 60 辆电动出租车。电动汽车在 1900 年达到其鼎盛时期，约占道路上所有行驶车辆的三分之一。在接下来的 10 年里，它们继续表现出强劲的销售势头。

1.1.2 电动汽车的早期发展和衰落

为了了解电动汽车在1900年流行的原因，我们首先需要了解当时个人汽车的发展和其他可替代选项。在20世纪初，马车仍然是最主要的交通工具。但随着美国变得越来越繁荣富有，美国人对由蒸汽、汽油或电力驱动的汽车开始产生兴趣。

蒸汽是一个验证过的、真正可用的能量来源，它在工厂和火车上的应用被证明是十分可靠的工具。最早依靠蒸汽做动力的机动车辆出现在18世纪末，然而直到19世纪70年代人们才将蒸汽技术成功应用到汽车上。这主要是因为，蒸汽动力对个人车辆不是很适合——蒸汽汽车通常需要长时间的起动过程，该时间在低温下甚至可达45min；此外还需要向蒸汽机不断注水，这也限制了它的续驶里程。

在电动汽车进入市场的同时，由于内燃机的改进，另一种以汽油为动力的新型车辆也进入了市场。虽然汽油车很有发展前景，但也具有明显的缺点。例如，内燃机汽车需要大量的手工操作，它们需要一个曲柄摇杆来起动并且换档也非常复杂；此外，内燃机汽车的噪声很大，排放出的尾气也会造成大气污染。

电动汽车没有与蒸汽机车或内燃机汽车相似的问题。它们很安静，也很容易驾驶，并且不会排放出难闻的污染物。这些特性使得电动汽车很快就在都市人群中变得流行起来，因为它们非常适合城市周边的短途旅行，并且在那个城市外围道路情况都很差的年代，任何车辆都不能保证可以进行长途旅行。同时，随着越来越多的生活区域在1910年前后被电网覆盖，电动汽车充电变得更加容易，这也使电动汽车相对于其他代步工具具有更大的优势。

许多发明家在注意到消费者对于电动汽车的高需求后，便开始探索如何提高电动汽车的相关技术。例如，著名跑车公司的创始人费迪南德·保时捷在1898年开发了一款命名为P1的电动汽车。同时，他也创造了世界上第一辆混合动力电动汽车，该汽车同时利用电动机和内燃机来实现驱动。世界上最多产的发明家之一爱迪生在当时也认为电动汽车是一项卓越的技术，他选择的方向是发明一种更好的电动汽车电池。

但好景不长，福特公司大规模生产的T型车打击了一时风生水起的电动车的发展。T型车在1908年问世，该车型使得汽油动力汽车因售价合理而被广泛使用。在1912年，汽油车的成本只有650美元，而电动汽车的售价则为1750美元。同年，查尔斯·凯特林发明了电动起动机，解决了汽油车起动时需要曲柄摇杆的尴尬问题，从而进一步促进了内燃机汽车的推广。

当时还有另外一些事情也向着对电动汽



爱迪生和电动汽车合影，1913年

车推广不利的方向发展。在 20 世纪 20 年代，美国修建了更好的道路系统来连接各个城市。随着德克萨斯丰富石油资源的发现，美国人拥有了更便捷和更便宜的石油，加油站开始出现在全国各地。相比之下，当时在大型城市以外的地方，电网覆盖程度还处于非常落后的水平。最后，到 1935 年，电动汽车基本全部消失了。

1.1.3 油气短缺引发对电动汽车的新关注

在随后 30 年左右的时间里，电动汽车进入了一个黑暗的时代——技术上进步不大，廉价且丰富的汽油和持续改进的内燃机技术影响了消费者对电动汽车的需求。

到了 20 世纪 60 年代末和 70 年代初，飙升的油价和汽油短缺使得美国对减轻外国石油资源依赖和寻找本土燃料资源的兴趣越来越大。美国国会在 1976 年通过了《电动和混合动力汽车的研究、开发与示范》法令，授权能源部支持电动和混合动力汽车的研究和发展。

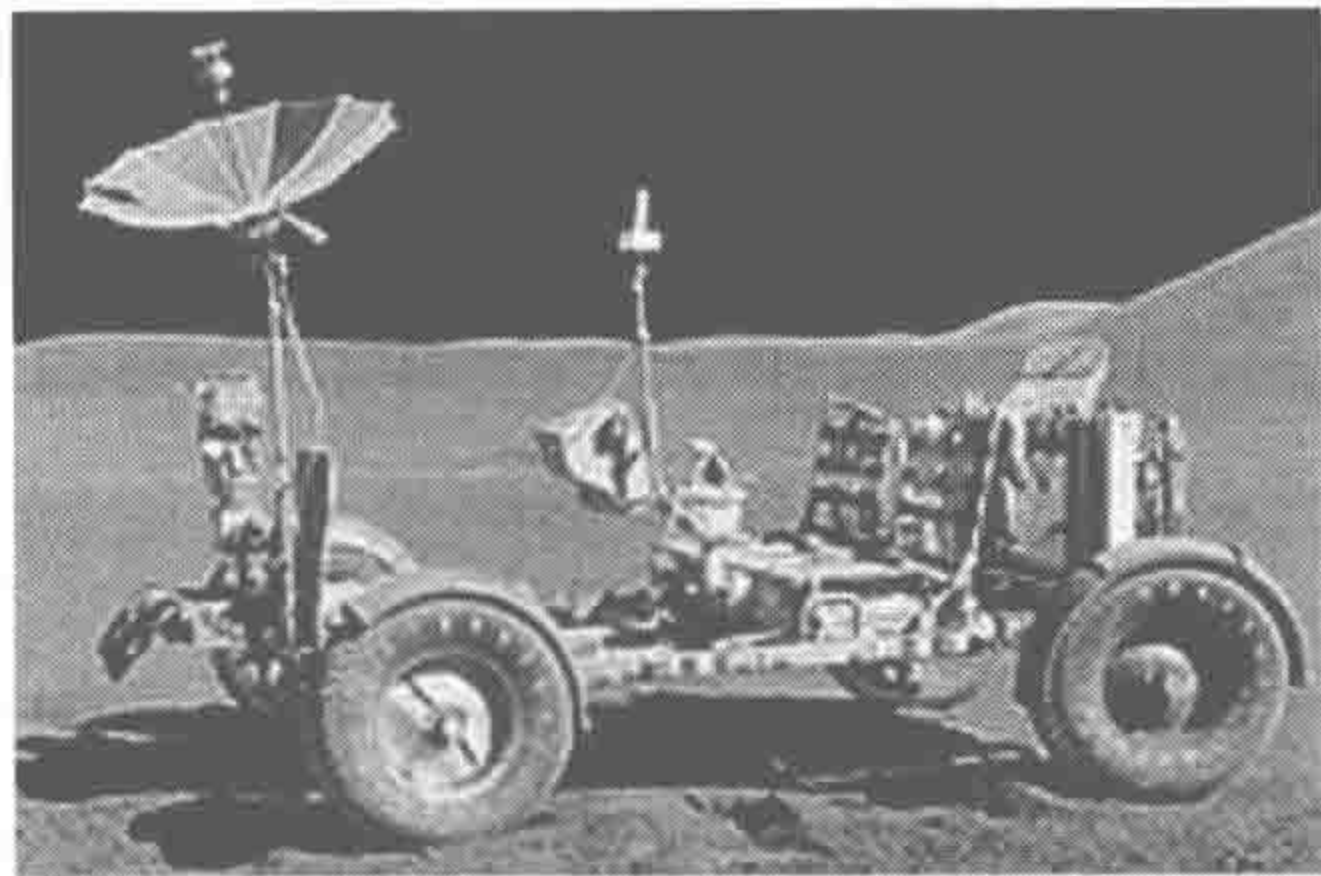
与此同时，许多大型和小型汽车制造商也开始探索包括电动汽车在内的替代燃料汽车。例如，在 1973 年低污染能源系统发展机构首



Henney Kilowatt, 1961 年的量产电动汽车

次环境保护研讨会上，通用汽车公司展示了其开发的电动汽车原型车。甚至美国航空航天局也于 1971 年在其开发第一辆月球登陆车时对电动汽车开展了深入的研究。

然而，与当时的内燃机汽车相比，电动汽车的开发和制造过程仍然存在很多缺陷，例如最高时速不高、续驶里程较短等。这些都使得电动汽车的推广受到了很大的阻力和限制。



美国电动月球登陆车

1.1.4 环境问题驱动电动汽车发展

在之后的 20 多年间，随着油气系统的快速发展，社会各界对电动汽车的关注和兴趣几乎降到了零。直到 20 世纪 90 年代，随着环境问题日益严重，世界各国再次将视线转移到了电动汽车上。美国在 1990 年通过了清洁空气法案修正案，在 1992 年通过了能源政策法案。这两个法案都针对交通运输排放问题，引起了世界的关注，这使得具有零排放的电动汽车再次回到公众视野。

在这期间，汽车制造商也开始将一些流行车型进一步改造为电动汽车，这也意味着电动汽车目前的速度和性能更接近内燃机汽车。

值得一提的是，此期间通用汽车公司研发的 EV1 电动汽车并不是在现有车型上进行电动改装的，而是从零开始设计开发的。EV1 出色的加速性能和约 129km 的续驶里程使其在推出伊始便引起了行业的极大关注。它在日常表现上已经十分接近内燃机汽车，足以满足车主的日常出行需求。但因为高昂的制造费用，EV1 最终还是没有实现商业化生产，并在 2001 年停止研发和制造。

在 20 世纪 90 年代，随着世界经济的繁荣发展，中产阶级的人数不断增长，油价不断走低，消费者并不担心汽车燃料经济性问题。然而，虽然这时并没有太多公众在关注电动汽车，却有很多科学家和工程师们在默默地努力改善电动汽车技术，包括电池、电机和电控技术。

1.1.5 电动汽车的新发展机会

在 20 世纪下半叶，电动汽车产业经历了多次发展和停滞，但始终没能明确这项技术的发展路线，没能实现电动汽车的真正复兴。

电动汽车发展的第一个转折点，许多人认为是丰田普锐斯的出现。1997 年，丰田普锐斯在日本上市，成为世界上第一个大规模生产的混合动力电动汽车。2000 年，普锐斯在全球上市并成为混合动力汽车的代表作。丰田的镍金属氢化物电池技术是使得普锐斯得以发展的重要原因。自那时以来，汽油价格的上涨以及人们对碳污染的关注，使得普锐斯在过去的十年间成了全球最畅销的混合动力车型。



第一代丰田普锐斯

另一项推进电动汽车发展的事件是在 2006 年，一个名为特斯拉的小型硅谷创业公司开始生产豪华电动跑车。该车拥有一次充电行驶超过 322km 的续驶里程。2010 年，特斯拉从美国能源部的贷款项目办公室获得了 4 亿 6500 万美元的贷款，进而在加利福尼亚建立了一个制造工厂。从那时起，特斯拉就获得了广泛的好评，并成为加利福尼亚最大的汽车工业用人单位。



通用雪佛兰 Volt

特斯拉的成功激励了许多大型汽车制造商，众多厂商也开始纷纷加速自己的电动汽车研发工作。在 2010 年底，雪佛兰 Volt 和日产聆风在美国市场正式发布。作为第一款上市的插电式混合动力汽车，Volt 的内燃机会在动力电池耗尽的情况下作为替代动力驱动汽车，从而使得汽车在纯电动模式以外得以延长续驶里程。而日产聆风则是一款纯电动汽车，其仅依靠动力电池提供的电力来驱动汽车。



日产聆风和特斯拉 Model S，世界最畅销的两款电动汽车

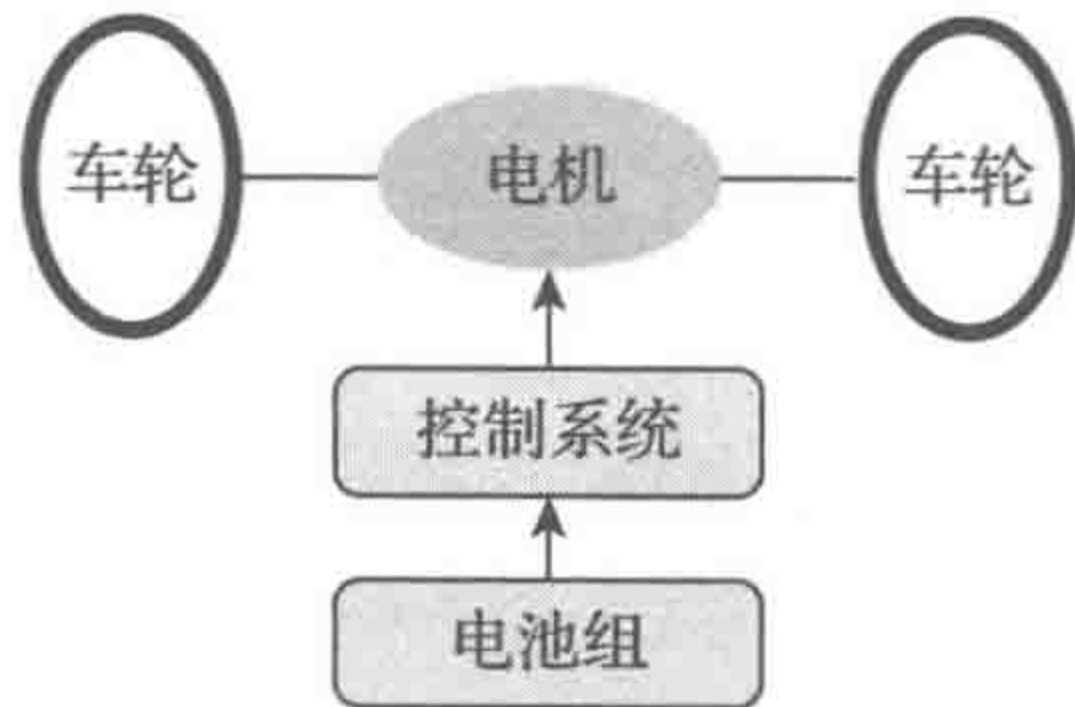
在接下来的几年中，其他汽车厂商也陆续开始发布电动汽车。然而，消费者在迎来了众多电动汽车上市的情况下，依旧面临充电不便的尴尬。为此，美国能源部投资超过 1 亿美元用于建设国家充电设施网络，包括在全美范围内建设超过 18000 座民用、商用和公用充电桩。与此同时，汽车厂商和私人公司也在美国的重要城市建立自己的充电设施。现在，全美范围内已经在 8000 多处地点拥有超过 20000 余座充电设施。

与此同时，由美国能源部汽车技术办公室支持发展的新的电池技术也陆续在市场上得以应用。这使得电动汽车的续驶里程不断增加，并且电池价格不断下降。美国能源部计划通过电池技术的研究与发展，使锂电池的价格在未来四年内可以下降 50%，进而使得电动汽车的价格也变得更加便宜，更加符合消费者的预期。

现今，消费者在购买电动汽车的时候有了很多选择。从两座版的 Smart 电动汽车，到福特的 C-Max 中型车，再到宝马 i3 豪华 SUV，总共有超过 23 种电动汽车和 36 种混合动力汽车在不同级别的市场上销售。现在在美国市场就已经销售了超过 23.4 万辆电动汽车和 300 余万辆混合动力汽车。并且，随着环境问题的日益严重，各国政府对汽车排放要求日益重视，相信电动汽车将会在未来占据更大的市场份额。根据法维翰咨询公司（Navigant）的研究报告，到 2020 年电动汽车销量可能增长至整体汽车销量的近 7%，或每年 660 万辆。

1.2 电动汽车的构造演变与关键技术

电动汽车主要由三大机构组成，即电力驱动控制系统、驱动力传动等机械系统和完成既定任务的工作装置。其中，电力驱动及控制系统是电动汽车的核心系统，它是电动汽车区别于内燃机汽车的主要方面。该系统主要由驱动电机、动力电源和驱动电机控制系统组成。除此之外，电动汽车的其他功能和结构基本与传统燃油汽车相同，或根据需要进

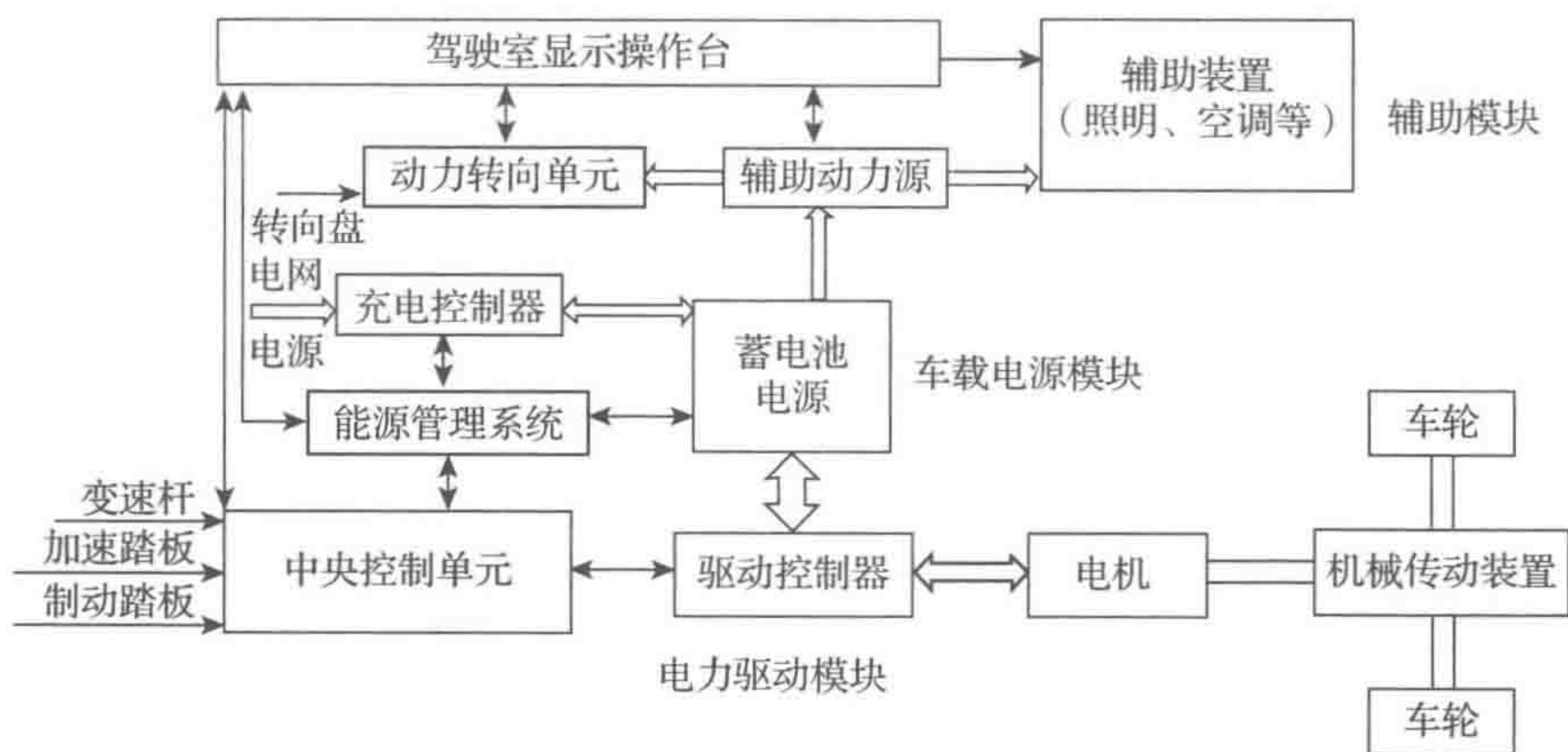


电动汽车结构简化示意图

行修改及简化。这也就决定了驱动及控制系统是电动汽车的核心技术。

1.2.1 电力驱动控制系统

电力驱动控制系统的工作原理如下图所示。由图可以看出，该系统主要由车载电源模块、电力驱动模块和辅助模块三大部分组成。



电力驱动控制系统的组成与工作原理

1. 车载电源模块

1) 动力电池电源。动力电池电源是纯电动汽车唯一的动力来源，并且电动汽车上多种主要辅助设备的能源也需要由动力电池来提供。由于电机需要高压电源来驱动，动力电池通常通过串、并联的方式组合成所要求的高压直流电池组，再通过 AC/DC 转换器转换为不同的电压。值得一提的是，由于制造工艺等其他因素，各个电池组会在性能上存在一定的差异，这就要求在组成电池组的时候需要将各个电池组进行检测和记录，并尽量将性能表现相近的电池组组合在一起，这样有助于提高动力电池组整体的使用寿命和使用稳定性。

2) 电池能量管理系统。电池能量管理系统的主要作用是保证汽车在行驶状态下可以获得合理的能源分配，并协调设备的能量管理，以便将有限的能量最大限度地利用起来。例如，能量回收系统就是由能量管理系统控制的，它在车辆进行减速时回收能量，从而有效地利用能源，进而提高车辆续航里程。此外，电动汽车的充电过程也需要能量管理系统进行控制，以便提高电池的稳定性，延长电池的使用寿命。

3) 充电控制器。该设备是将电网交流电转换为对电池充电用的直流电的设备。

2. 电力驱动模块

1) 中央控制单元。该单元是电力驱动模块的核心部分，它控制着驱动模块，