



普通高等教育汽车类专业精品系列教材

纯电动汽车

原理与结构

■ 武志斐◎主编



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育汽车类专业精品系列教材

纯电动汽车原理与结构

主 编 武志斐

副主编 范政武 杨甜甜

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

纯电动汽车是汽车电气化的基础,本书是基于目前汽车行业“电动化”潮流,并兼顾了“智能化”和“轻量化”的相关内容,以纯电动汽车的结构与原理为主进行编写的。本书涵盖了纯电动汽车的储能元件、车用电动机、电气与电子设备、底盘、车身轻量化、动力性与动力匹配和电池回收等内容,同时对智能驾驶进行了介绍,并对汽车电气化的内容如混合动力电动汽车、燃料电池电动汽车进行了扩展。

本书可作为本科院校车辆工程专业的专业基础课教材、专业选修课教材,也可作为研究生的参考教材,并可供从事新能源汽车技术研究、生产管理和技术服务等方面的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

纯电动汽车原理与结构 / 武志斐主编. —北京:北京理工大学出版社,2021.1
(2021.2重印)

ISBN 978-7-5682-9439-3

I. ①纯… II. ①武… III. ①电动汽车-高等学校-教材 IV. ①U469.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2021)第005067号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 16.25

字 数 / 344千字

版 次 / 2021年1月第1版 2021年2月第2次印刷

定 价 / 49.00元

责任编辑 / 陆世立

文案编辑 / 赵 轩

责任校对 / 刘亚男

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

目前，部分国家（地区）已经制定了燃油汽车退市时间表，目的是实现低碳化、节能减排。纯电动汽车作为新能源汽车的典型代表，是汽车电动化的基础。纯电动汽车技术的进步可以极大地带动其他类型新能源汽车（如增程式电动汽车、混合动力电动汽车和燃料电池电动汽车等）的发展。

汽车的未来发展趋势是电气化，汽车行业需要具备汽车知识的电气化人才。因此，本书以原理说明和结构介绍为中心，主要介绍了纯电动汽车的储能元件、电动机和电气控制。此外，本书对纯电动汽车明显区别于传统燃油汽车的电池回收、动力匹配也进行了详细描述，并单独介绍了电动汽车智能驾驶，同时对混合动力电动汽车、燃料电池电动汽车也进行了相应的介绍。

本书由太原理工大学车辆工程系武志斐、范政武、杨甜甜编写，研究生冯凯、杨宏伟、路鑫阳、卫超强、项玉霞在资料收集和整理过程中做了大量工作，同时在本书成稿过程中，借鉴了本书所列参考文献作者的部分观点，并有幸得到了电动汽车相关从业人员提供的建议与意见，在此一并表示衷心的感谢！

编 者
2020年6月

第一章 绪 论	(1)
1.1 纯电动汽车简介	(1)
1.2 纯电动汽车的发展史	(5)
1.3 纯电动汽车工业的发展	(9)
第二章 纯电动汽车的储能元件及其管理系统	(11)
2.1 纯电动汽车电源模块概述.....	(11)
2.2 纯电动汽车常用动力电池.....	(17)
2.3 动力电池设计应用.....	(31)
2.4 动力电池管理系统.....	(38)
2.5 动力电池系统设计.....	(50)
2.6 电动汽车充电技术.....	(58)
第三章 车用电动机	(66)
3.1 纯电动汽车用电动机.....	(66)
3.2 直流电动机及其驱动控制系统.....	(67)
3.3 交流感应电动机及其驱动系统.....	(78)
3.4 永磁同步电动机及其驱动系统.....	(80)
3.5 电动机的冷却.....	(86)
第四章 纯电动汽车底盘	(88)
4.1 传动系统.....	(88)
4.2 行驶系统.....	(91)
4.3 转向系统.....	(93)
4.4 制动系统以及制动能量回收	(103)
4.5 悬架系统能量回收	(109)
第五章 车身与轻量化	(116)
5.1 纯电动汽车车身概述	(116)
5.2 纯电动汽车与轻量化	(117)
5.3 车身轻量化设计	(120)

5.4	轻量化车身材料	(122)
5.5	轻量化工艺	(126)
5.6	动力电池系统轻量化	(132)
5.7	纯电动汽车轻量化设计案例	(149)
第六章	电气与电子设备	(165)
6.1	整车控制系统	(165)
6.2	CAN 总线技术	(168)
6.3	V 型模式开发	(170)
6.4	空调系统	(174)
第七章	纯电动汽车动力性及其动力匹配	(182)
7.1	纯电动汽车的驱动力与行驶阻力	(182)
7.2	纯电动汽车行驶时的驱动力平衡	(186)
7.3	纯电动汽车的功率平衡	(188)
7.4	纯电动汽车动力传动系统参数的选择	(190)
7.5	纯电动汽车动力电池组容量的选择	(193)
第八章	电池回收	(196)
8.1	动力电池规模	(196)
8.2	废旧电池的危害	(199)
8.3	动力电池回收的意义	(200)
8.4	动力电池回收政策与模式	(201)
8.5	锂离子动力电池回收技术	(207)
第九章	电动汽车智能驾驶	(212)
9.1	电动汽车智能驾驶的发展背景	(212)
9.2	电动汽车智能驾驶的作用和意义	(213)
9.3	电动汽车智能驾驶系统概述	(217)
9.4	智能驾驶汽车的发展	(222)
9.5	电动汽车的无人驾驶与辅助驾驶	(225)
9.6	智能驾驶中的人工智能技术	(227)
第十章	汽车电气化	(233)
10.1	混合动力电动汽车	(234)
10.2	燃料电池电动汽车	(239)
	参考文献	(254)



第一章

绪 论



1.1 纯电动汽车简介

1.1.1 纯电动汽车的定义

纯电动汽车是指以车载电源为动力，使用电机驱动车轮行驶，符合道路交通、安全法规等各项要求的车辆。纯电动汽车一般采用高效率充电动力电池作为动力源，不需要内燃机，因此其电机相当于传统燃油汽车的发动机，动力电池相当于传统燃油汽车的油箱。电能是二次能源，来源可以是风能、水能、热能和太阳能等多种方式，在环境污染较为严重的今天，纯电动汽车在某种意义上可以称为零排放车辆（Zero Emission Vehicle, ZEV）。

1.1.2 纯电动汽车的特点

1. 整车效率高

内燃机技术经过一百多年的发展已日趋完善，但从诞生起其工作原理一直都是将活塞往复直线运动转换为曲轴旋转运动，这种运动转换形式导致燃油能量转化效率较低，如果考虑到车辆在城市内行驶过程中频繁启停、低速行驶和怠速等多种行驶工况，其最终效率只有12%左右。相对而言，电动汽车采用电机驱动系统，动力输出直接是旋转形式，能量损失要小得多（电池能量的80%以上可以转化为汽车的驱动力），即使由原油发电给动力电池系统充电，为电机提供电力运行，并考虑发电效率、送配电效率和充放电效率等因素，其最终能量转化效率也只有29%左右。另外，电动汽车在制动时通过控制电机的旋转磁场速度，使驱动车轮的电动机变成由车轮驱动的发电机，发电之后经过整流存储在电池中，这种具备回收车辆动能的能力，更加提高了电动汽车的能量利用率。

2. 对环境污染少

不同于传统燃油汽车，纯电动汽车在行驶过程中没有废气的排放，即使全部所需能量都以火力发电来计算，其废气排出量比燃油汽车也会有很大程度的减少。只要妥善处理废弃电池，纯电动汽车和传统燃油汽车相比，几乎不会对环境造成污染。

3. 可应用多种能源

纯电动汽车利用二次电力能源驱动，只要有电能的供给就有动力源，不受天然石油资源的限制。电能的获得可以利用核能、水力、风力、太阳能等多种形式的原始资源，而且我国水力资源和风力资源的潜在发电量很高，如果能有效地利用这些资源，不仅有利于环保，节约宝贵的石油资源，解决全球面临的石油资源枯竭危机，也符合我国经济的可持续发展战略。

4. 噪声相对较低

和传统燃油汽车相比，纯电动汽车的振动噪声明显减小，因为发动机的振动噪声是汽车振动噪声的主要来源。通常，纯电动汽车的噪声将比传统燃油汽车低 15 dB 左右。

5. 机械结构多样化

由于内燃机的转速转矩特性，使用内燃机的汽车必须配变速器，以实现发动机转速与车速匹配，以及实现倒挡功能。若采用高速车用电动机，由于其恒功率输出和可以倒转的特点，因此可将变速器用减速器代替，大大简化了传动装置，从而使驱动方式多样化。一方面可以合理地对系统结构进行配置，另一方面也可以采用多样化的造型，以满足不同消费者的需求。在电动汽车研发的初始阶段，可以进行简单的动力部件替代（将燃油发动机用电动机替代），得到与传统汽车相仿的特性。双轮独立驱动乃至四轮独立驱动被认为是电动汽车一个有前景的发展方向，由此可实施更复杂和更灵活的系统控制以获得更高级的运行性能。

6. 优异的控制性能——电气可控变量自由度增加

纯电动汽车以电动机取代传统内燃机的直接好处就是动力系统可以方便地通过软件对电气参数进行控制，从而使纯电动汽车的控制更加智能。另外，由于电气驱动可以采取双（四）轮独立驱动的形式，这将使可控变量的自由度增加，从而为进一步提高车辆的动力性能和操纵性能创造了良好的硬件条件。

7. 发展遇到的问题

目前，纯电动汽车发展遇到的问题主要是续航里程，在这个方面必须通过提高电池能量密度来实现；另外就是充电桩等公共设施不足，而且由于纯电动汽车的充电时间比加油时间长得多，可充电场所的数量比起加油站少得多，因此电动车的发展建设需要相关基础设施进行配套。

1.1.3 纯电动汽车的性能要求

纯电动汽车的性能应包括环境适应性、动力性、经济性、制动性、操纵性、舒适性、环保性、安全性、可靠耐久性以及 NVH（噪声 Noise、振动 Vibration、声振粗糙度 Harshness）等方面，如图 1-1 所示。

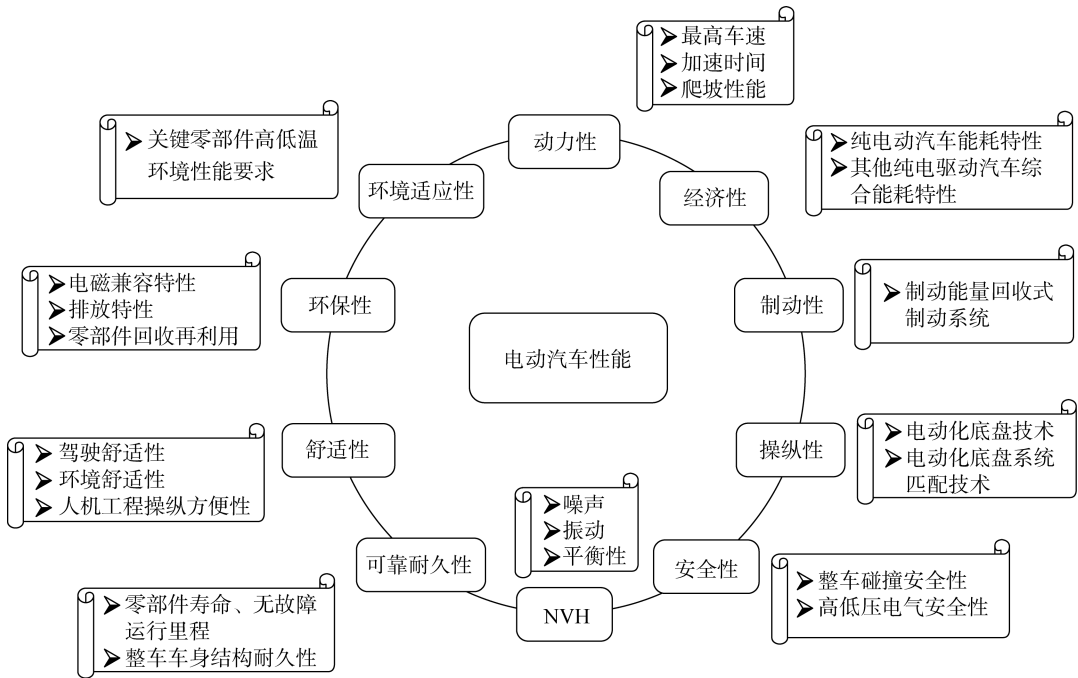
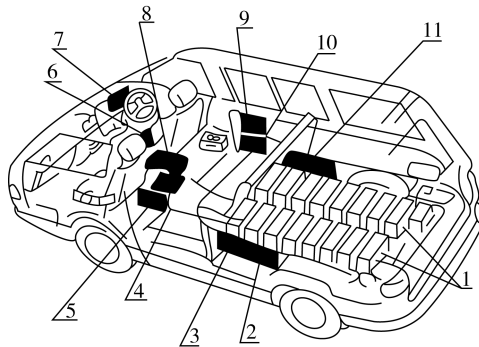


图 1-1 纯电动汽车性能示意

1.1.4 纯电动汽车的基本结构

沿用传统燃油汽车的结构划分方式，可以将纯电动汽车分成动力系统、底盘、车身和电器四部分，基本结构包括电动机、冷却系统、传动系统、行驶系统、转向系统、制动系统、电气设备和车身。图 1-2 为典型的纯电动汽车主要总成布置。



1—动力电池；2—空调控制装置；3—空调逆变器；4—电动机；5—压缩机；6—电机操纵机构；7—SOC 仪表；8—DC/DC 转化器；9—控制装置；10—ECU；11—逆变器。

图 1-2 典型的纯电动汽车主要总成布置

1. 电动机

电动机是电动汽车的动力装置，是根据电磁感应原理实现电能转换的一种电磁装置，

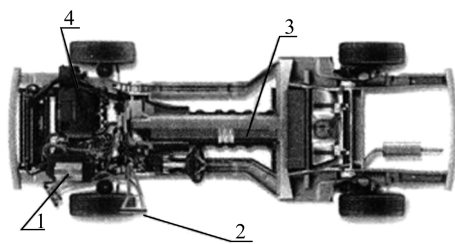
其主要作用是通过旋转运动输出功率，作为车辆的动力源。

2. 冷却系统

冷却系统一般由散热器、水泵、风扇、节温器、冷却液温度表和放水开关等组成。电动汽车的发动机采用两种冷却方式，即空气冷却和水冷却，一般多采用水冷却。此外，电动汽车的动力电池也需要专门的冷却系统对其进行冷却。

3. 传动系统

图 1-3 为典型的纯电动汽车底盘，由于电动机具有良好的牵引特性，因此电动汽车的传动系统不需要离合器和复杂变速器，车速控制由控制器通过调速系统改变电动机的转速即可实现。



1—控制单元；2—充电接口；3—电池；4—电动机驱动单元。

图 1-3 典型的纯电动汽车底盘

4. 行驶系统

电动汽车行驶系统的作用是接收来自电动机动力总成的转矩，并通过驱动轮与路面间的附着作用，产生路面对电动汽车的牵引力，以保证整车正常行驶。此外，应尽可能缓和凹凸路面对车身造成的冲击和振动，以保证电动汽车正常行驶。

5. 转向系统

电动汽车转向系统的作用是保持或改变电动汽车的行驶方向，主要由转向盘、转向器、转向节、转向节臂、横拉杆和直拉杆等组成。电动汽车在转向行驶时，要保证各转向轮之间有协调的转角关系。驾驶员通过操纵转向系统，使电动汽车保持在直线或转弯运动状态，或者在上述两种运动状态间互相转换。在行驶状态下，转向轮应不产生自振，转向盘应没有摆动，转向灵敏，最小转弯直径小，操纵轻便。

6. 制动系统

制动系统是电动汽车装备的全部制动减速系统的总称，它的作用是使行驶中的电动汽车降低速度或停止行驶，或者使已停驶的电动汽车保持不动。制动系统包括制动器和制动传动装置，现在的电动汽车制动系统中还装设了制动防抱死装置等。与传统燃油汽车相似，纯电动汽车的制动系统也由行车制动和驻车制动两套装置构成。

7. 电气设备

电动汽车电气设备主要由动力电池、发电机、照明灯具、仪表、音响装置和刮水器等

组成。

8. 车身

车身指的是车辆用来载人装货的部分。有的车辆的车身既是驾驶员的工作场所，又是容纳乘客和货物的场所。

1.1.5 纯电动汽车的基本工作原理

纯电动汽车是由动力电池的能量使电动机驱动车轮前进，其工作原理如图 1-4 所示。能量流动路线：动力电池→电控装置→电动机→动力传动系统→驱动轮。其中，动力电池提供的电流经过电控装置输出到电动机，然后由电动机产生转矩，经传动装置驱动车轮实现车辆的行驶。

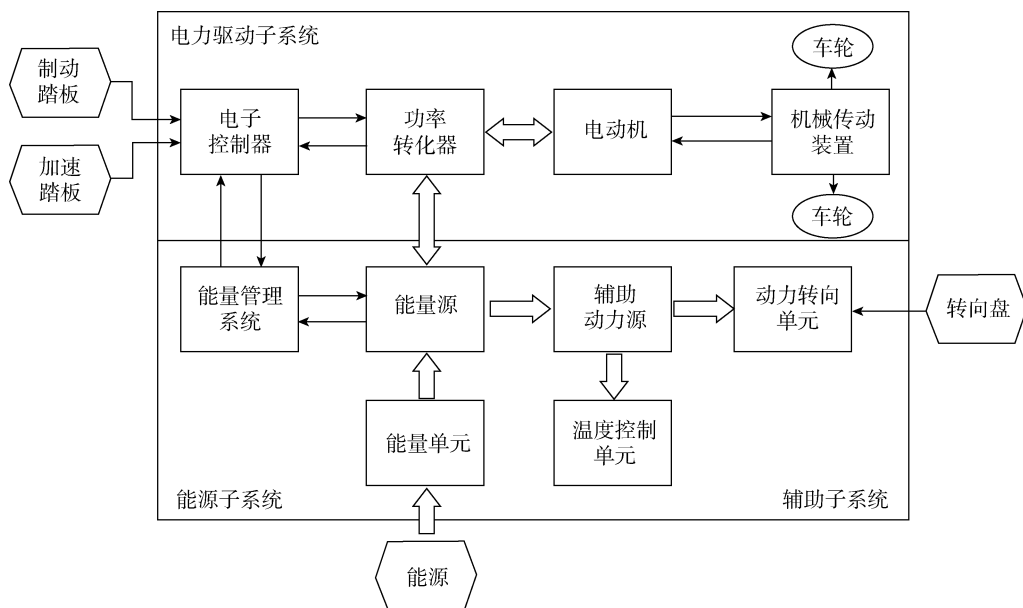


图 1-4 纯电动汽车工作原理示意

1.2 纯电动汽车的发展史

目前，纯电动汽车市场竞争越来越激烈，除了特斯拉等新能源汽车厂商外，传统汽车生产商也在大力投资纯电动汽车市场，其中包括通用、大众等。不过，纯电动汽车并非什么新鲜的事物，它已经存在超过了 150 年的时间，并且一度还是最流行的汽车类型。纯电动汽车的发展史主要分为以下 6 个阶段。

1. 纯电动汽车的诞生阶段

纯电动汽车的出现比内燃机汽车早了半个多世纪，是世界上最古老的汽车之一。1832—1839 年，苏格兰人罗伯特·安德森研发出使用不可充电电池作为动力源的电动汽

车；1835年，荷兰教授西博兰斯·斯特町设计了一款小型电动车，这是一台应用法拉第电磁感应原理并以电动机作为动力源的三轮车。

2. 纯电动汽车的首个全盛时期

19世纪末到20世纪初是纯电动汽车的黄金时期，且纯电动汽车的生产在1912年达到顶峰，其销售价格比当时福特生产的燃油汽车要贵得多。例如，1912年一款纯电动敞篷车的售价高达1750美元，而一款燃油汽车的售价仅为650美元。并且，根据美国人口调查局的调查，1900年纯电动汽车生产量占到美国汽车总产量的28%，所出售的纯电动汽车总价值超过了当年内燃机汽车和蒸汽汽车的总和。

早期的纯电动汽车基本上是一些由电池驱动的马车，如图1-5所示。相较于与其同期的竞争对手蒸汽汽车及后期的内燃机汽车，纯电动汽车不会散发味道，没有噪声和振动，且操作非常简单。

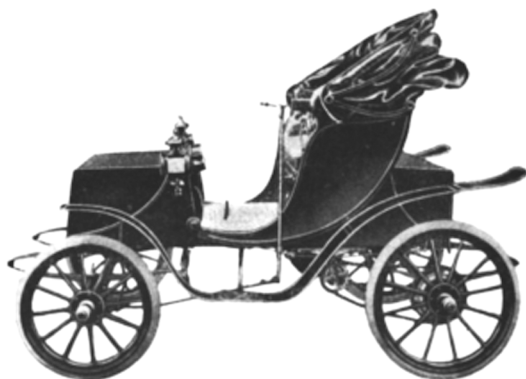


图 1-5 早期的纯电动汽车

同时期的燃油汽车必须人工控制起动，且需要驾驶员在驾车过程中换挡。而蒸汽汽车的大部分承载能力必须用来装载水和燃料，且需要的动力越大，就得备更大的锅炉，因此其体积一般很庞大，如图1-6所示。

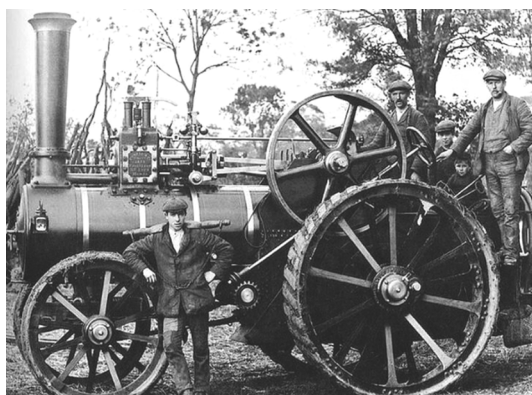


图 1-6 蒸汽汽车

3. 纯电动汽车风光不再

纯电动汽车的黄金时代并没有持续太久，到20世纪20年代后，内燃机技术达到一个新水平，装备内燃机的汽车速度更快，加一次油可持续续航里程是同期纯电动汽车的3倍左右，且使用成本低。相比之下，纯电动汽车的发展遇到了瓶颈，在降低制造成本和改善使用便利性方面没有明显的进步。因此，纯电动汽车很快失去了存在的意义，1935年左右纯电动汽车基本上就从欧美市场中消失了。

4. 纯电动汽车市场复苏

20世纪70年代石油危机的爆发，给了世界汽车工业重创，从此世界各国开始考虑替代石油的其他能源，电动汽车的技术开发重新得到重视。1976年，美国国会采取通过了纯电动汽车和混合动力电动汽车研究开发和示范法案，该法案由美国能源部授权，用于支持和开发纯电动汽车和混合动力电动汽车。

20世纪70年代的电动汽车生产市场上，两家公司成为领导者，其中排名第一的是Sebring-Vanguard，它生产了超过2000辆CitiCars电动汽车，这也是当时美国销量最高的电动汽车，直到2011年被特斯拉Model S超越。CitiCars最高速度达到70.8 km/h，续航里程为80~96 km。另一家公司是Elcar公司，其生产的Elcar电动汽车最高速度达到72.4 km/h，续航里程为96 km。

5. 纯电动汽车百花齐放

宝马公司在1972年夏季奥林匹克运动会上展示了其首款电动汽车——宝马1602E（见图1-7），这款电动汽车由12个铅酸蓄电池驱动，拥有功率为31.3 kW的电动机，最高速度能够达到99.8 km/h，但这款电动汽车并没有进入量产。

在20世纪70年代，越来越多的电动汽车出现了，但是大多销量一般，主要受限于相对内燃机汽车较低的车速和续航里程。进入20世纪80年代后，纯电动汽车受欢迎程度逐渐减弱。



图 1-7 宝马 1602E 电动汽车

6. 电动汽车发展进入新阶段

20世纪90年代，废气排放量监管促使汽车生产商将目标投向电动汽车，电动汽车的发展由此进入新的阶段。

美国1990年颁布的《清洁空气法修正案》和1992年颁布的《能源政法案》促使市场

对电动汽车再次进行投资。美国加州空气资源委员会甚至还通过一项新的法规，要求汽车生产厂商生产和销售零废气排放的汽车，这样才允许他们在该州出售其他车辆。从此各大汽车厂商纷纷投入对电动汽车的研发和生产，各种车型的电动汽车如雨后春笋般不断上市，并呈现出欣欣向荣的景象。

从1996年开始，通用汽车公司共生产了1 117辆EV1电动汽车（见图1-8），不过这款汽车仅在美国几个州租赁使用，其续航里程为160 km，从0加速到96 km/h只需要7 s，由于EV1并不盈利，通用汽车公司在其租赁期到后全部召回，并销毁了其中的大部分，只留下40辆捐赠给博物馆或其他组织。

日本丰田公司也在1997年生产了第一批丰田Prius电动汽车，如图1-9所示。这款车于2000年开始进入全球市场，是第一批规模化生产的混合动力电动汽车，在其推出的一年时间里，全球共卖出5万辆。到2016年7月，丰田已经售出超过800万辆混合动力电动汽车，其中超过500万辆为Prius。



图 1-8 通用 EV1 电动汽车



图 1-9 丰田 Prius 电动汽车

2006年，特斯拉宣布计划推出续航里程达到322 km的电动汽车，这条消息轰动了整个电动汽车市场。2011年，特斯拉生产的电动汽车Roadster（见图1-10）的续航里程已超过386 km，售价超过10万美元。尽管特斯拉已经拥有Model S轿车和Model X SUV，但在很大程度上讲，它们还属于小众化产品。特斯拉在2017年规模化生产其面向大众市场的电动汽车Model 3，这款汽车续航里程超过320 km，售价在3.5万美元左右。



图 1-10 特斯拉 Roadster 电动汽车

2010年，日产电动汽车 Leaf，单在美国就售出 8.8 万辆。

随着电动汽车的飞速发展和市场保有量的不断增加，传统汽车生产厂商也开始研发电动汽车的新技术。

如今，混合动力电动汽车以及纯电动汽车又开始流行起来，而几乎所有的汽车厂商也都看准了这一市场。由于环境恶化、油价上涨及能源消耗等诸多问题的出现，人们都或多或少开始关注这些新能源汽车。也许在不久的将来，电动汽车能够达到一个新高度的全盛时期。

1.3 纯电动汽车工业的发展

1.3.1 环境问题

运输工具应用的大部分燃料是源于石油的液态燃料。石油的形成过程长达数百万年，这是其储量有限的根本原因。目前，石油是维系国家经济发展和维护国家能源安全的重要战略资源之一。我国的经济对石油的需求也在逐年上升，原因有以下几方面：第一，工业化进程加快，目前中国经济增长的主要力量是以机械、钢铁、汽车等为代表的重工业，这些行业对能源有高度的依赖性，其中工业用油占到我国石油消费总量的 40% 以上；第二，城市化进程加快带动各类消费快速增长，同时拉动了石油及其相关下游产品的需求，据研究测算，城市人口平均年消耗能源为农村的 3.5 倍；第三，在经济全球化的背景下，高耗能和高污染的国际制造业也在加速向我国转移；第四，汽车消费的快速增长加大了原油消费的增长。2013 年以来，我国的汽车消费进入快速增长阶段，汽车保有量的增加带动了石油消费的快速增长。

2004 年，中国石油消耗量达到 2.92 亿吨，进口原油 1.23 亿吨，对外依赖程度达到 42.1%；2006 年进口原油 1.45 亿吨；2007 年，我国成为仅次于美国的石油消耗大国，石油消耗量达 3.46 亿吨，石油对外依赖度达到 45.2%；2018 年，我国的石油消耗量超过 6 亿吨，其中 4.619 亿吨为进口石油，对外依赖度达到 77%；2019 年我国石油消耗量为 6.96 亿吨，中国原油产量 1.91 亿吨，进口原油 5.05 亿吨，对外依赖度为 72.7%。如果中国汽车业以当前 12% 的年均增长率发展，庞大的汽车数量将对能源产生巨大压力，对我国未来的石油安全形成了巨大挑战。

我国是一个能源短缺的国家，却是一个能源消耗大国，这严重制约了我国汽车产业的可持续发展。由于汽车数量的增加，石油需求也相应地增加，因此开发替代能源和新型动力车，实现车用能源多元化已成为一项迫在眉睫的工作。

对于传统燃油汽车来说，它所带来的公害主要有四种形式：气候影响、空气污染、噪声污染和电磁污染，其中尤其以空气污染为最。

1.3.2 国家政策

目前，国家对新能源汽车消费端的支持总的来说可概括为金钱补贴、税费减免、牌照

路权 3 个方面。

《关于调整完善新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知》（以下简称《通知》）从 2018 年 2 月 12 日起实施，2 月 12 日至 6 月 11 日为过渡期。过渡期间上牌的新能源乘用车、新能源客车按照此前对应标准的 0.7 倍补贴，新能源货车和专用车按 0.4 倍补贴。

《通知》规定，从 2018 年起将新能源汽车地方购置补贴资金逐渐转为支持充电基础设施建设和运营、新能源汽车使用和运营等环节。实施好新能源汽车免征车辆购置税、购置补贴等财税优惠政策，加强城市停车场和新能源汽车充电设施建设。

纳入中央财政补贴范围的新能源汽车车型应是符合要求的纯电动汽车、插电式混合动力汽车和燃料电池汽车。重点加大政府机关、公共机构、公交等领域新能源汽车推广力度。补助对象是消费者，消费者购车时按销售价格扣减补贴后支付。

中央财政将补贴资金拨付给新能源汽车生产企业，实行按季预拨，年度清算。生产企业在产品销售后，每季度末向企业注册所在地的财政、科技部门提交补贴资金预拨申请，当地财政、科技部门审核后逐级上报至财政部、科技部，四部委组织审核后向有关企业预拨补贴资金。年度终了后，根据核查结果进行补贴资金清算。

第二章

纯电动汽车的储能元件 及其管理系统

2.1 纯电动汽车电源模块概述

2.1.1 纯电动汽车电源模块组成

车载电源模块主要由辅助动力源和动力电池系统（动力电池模组、电池管理系统、动力电池箱及辅助元器件）组成。辅助动力源一般为 12 V 或 24 V 的直流低压电源，其作用是给动力转向、制动力调节控制、照明和电动窗门等各种辅助装置提供所需的能源；动力电池模组由多个电池模块或单体电芯串联组成；电池管理系统是整个动力电池系统的神经中枢；动力电池箱用来放置动力电池模组；辅助元器件主要包括动力电池系统内部的电子电器元件，如熔断器、继电器、分流器、接插件、紧急开关、烟雾传感器、维修开关以及电子电器元件以外的辅助元器件，如密封条、绝缘材料等。

动力电池系统的外观、组成及其内部结构如图 2-1 ~ 2-3 所示，辅助元器件如图 2-4 所示。



图 2-1 动力电池系统的外观