

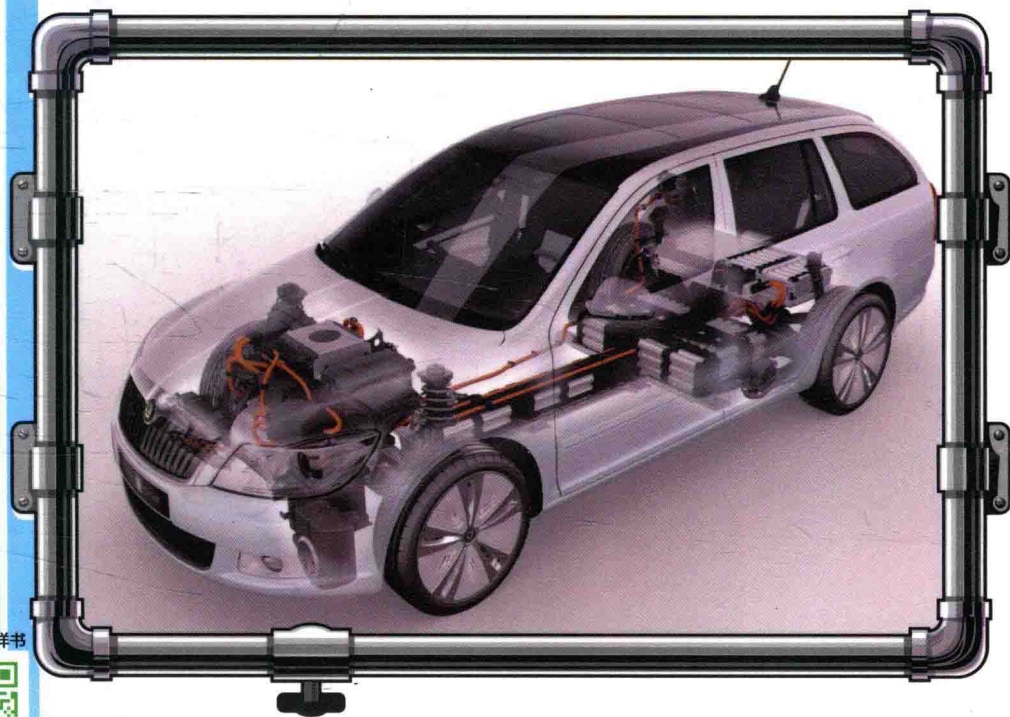


21世纪全国高等院校汽车类**创新型**应用人才培养规划教材

新能源汽车专业规划教材

新能源汽车 动力电池技术

麻友良 主编



3

教材预览、申请样书



微信公众号: pup6book



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高等院校汽车类创新型应用人才培养规划教材

新能源汽车动力电池技术

麻友良 主 编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书在简要介绍电动汽车发展概况的基础上,总结了动力电池的特点与要求,并重点介绍了铅酸电池、镍氢电池、锂离子电池等蓄电池及辅助储能装置的工作原理、结构类型、关键部件构成、性能特点等;较为详细地介绍了燃料电池的原理、类型及在电动汽车上的使用情况;简单介绍了蓄电池的性能参数、检测方法、充电方法,以及蓄电池管理系统的功能与构成。本书力求文字表达通俗、简明,使读者能系统了解电动汽车用动力电池的工作原理、结构类型和技术关键。

本书可作为高等院校本科车辆工程及相关专业的教材,也可供汽车类专业的研究生及相关专业工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

新能源汽车动力电池技术 / 麻友良主编. —北京: 北京大学出版社, 2016. 3
(21世纪全国高等院校汽车类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-26866-7

I. ①新… II. ①麻… III. ①电动汽车—蓄电池—高等学校—教材 IV. ①U469.720.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第025115号

- | | |
|-------|--|
| 书 名 | 新能源汽车动力电池技术
Xinnengyuan Qiche Dongli Dianchi Jishu |
| 著作责任者 | 麻友良 主编 |
| 策划编辑 | 童君鑫 |
| 责任编辑 | 黄红珍 |
| 标准书号 | ISBN 978-7-301-26866-7 |
| 出版发行 | 北京大学出版社 |
| 地 址 | 北京市海淀区成府路 205 号 100871 |
| 网 址 | http://www.pup.cn 新浪微博: @北京大学出版社 |
| 电子信箱 | pup_6@163.com |
| 电 话 | 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 |
| 印 刷 者 | 北京溢漾印刷有限公司 |
| 经 销 者 | 新华书店 |
| 定 价 | 787毫米×1092毫米 16开本 18.75印张 435千字
2016年3月第1版 2016年3月第1次印刷
42.00元 |

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024 电子信箱:fd@pup.pku.edu.cn

图书如有印装质量问题,请与出版部联系,电话:010-62756370

前 言

汽车是现代文明的象征,但同时给人类带来了环境污染和石油资源短缺等严峻的问题。因此,人们已把汽车发展的方向转到了新能源汽车,特别是采用电力驱动的电动汽车。电动汽车的突出优点是对环境的污染小,甚至无污染,可降低汽车对石油资源的依赖程度或完全摆脱对石油资源的依赖。电动汽车发展最为核心的问题是动力电池的性能与价格。在电动汽车一百多年的发展过程中,出现了各种类型的动力电池,其性能已逐渐接近人们的期望。这些动力电池在电动汽车上的应用,也促进了电动汽车的快速发展。纯电动汽车、混合动力电动汽车和燃料电池电动汽车的技术性能均已达到了很高的水平,并已部分实现了商用化。随着动力电池及其他关键技术难题的突破,电动汽车技术性能将进一步提高,制造和使用成本则会更低,电动汽车也必将得到迅速发展,并最终取代内燃机汽车。

本书通过介绍各种动力电池的工作原理、结构类型、部件构成、检测与充电、使用方式及管理系统等,使读者系统了解动力电池及辅助储能装置,为今后正确使用电动汽车或为电动汽车、动力电池的研究与开发工作打好基础。

全书共分9章,各章主要内容如下:

第1章介绍汽车对环境 and 能源的影响、电动汽车的优势及类型、动力电池的特点与类型。第2章介绍蓄电池的构成条件与类型、性能参数与专业术语、性能要求与发展概况。第3章介绍铅酸电池的工作原理与结构类型、正负极构成及性能特点。第4章介绍镍氢电池的工作原理与结构类型、正负极材料及特性和电池组构成、性能特点。第5章介绍锂离子电池的工作原理与结构类型、正负极材料及特性,以及其他部件的构成、性能特点。第6章介绍其他蓄电池的工作原理、结构及性能特点。第7章介绍超级电容和飞轮电池的工作原理、结构类型、性能特点。第8章介绍蓄电池的充电方法、性能检测方法,蓄电池管理系统的功能与构成。第9章介绍燃料电池的特点、类型及发电原理,质子交换膜燃料电池的工作原理、组成及特点,碱性燃料电池的工作原理、组成及特点,磷酸燃料电池的工作原理、组成及特点,直接甲醇燃料电池的结构与性能改善,燃料电池电动汽车的特点、结构类型、工作方式及发展概况。

本书由武汉科技大学麻友良教授担任主编,严运兵、郭健忠、游彩霞、陶军等老师参与了编写和其他相关工作。其中,麻友良编写了第1~5章,严运兵编写了第6章,郭健忠编写了第7章,陶军编写了第8章,游彩霞编写了第9章。

本书是编者根据多年的教学经验和相关科研经历,并参考大量资料编写而成的。在此,编者向这些资料的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2015年12月

目 录

第 1 章 电动汽车与动力电池概述	1
1.1 发展电动汽车的意义	2
1.1.1 汽车的发展概况及 在社会中的地位	2
1.1.2 汽车对环境和石油资源的 影响	5
1.1.3 电动汽车的优势	8
1.2 电动汽车的发展概况	8
1.2.1 电动汽车的发展历史	8
1.2.2 电动汽车的开发计划与现状	10
1.2.3 电动汽车的展望	18
1.2.4 电动汽车尚需解决的关键 问题	19
1.3 电动汽车的类型与特点	20
1.3.1 纯电动汽车	20
1.3.2 混合动力电动汽车	25
1.3.3 燃料电池电动汽车	27
1.4 动力电池的特点与类型	29
1.4.1 动力电池的工作特点与 要求	29
1.4.2 动力电池的类型	30
本章小结	31
思考题	31
第 2 章 蓄电池	32
2.1 化学电池概述	33
2.1.1 构成化学电池的的必要条件	33
2.1.2 化学电池的组成	35
2.1.3 化学电池的种类	42
2.1.4 化学电池的发展概况	43
2.2 蓄电池概述	45
2.2.1 蓄电池的不足	45
2.2.2 蓄电池的命名与分类	46
2.2.3 蓄电池的性能参数	47
2.2.4 蓄电池的常用术语	49
2.2.5 电动汽车对蓄电池的性能 要求	50
2.2.6 蓄电池的展望	52
本章小结	55
思考题	55
第 3 章 铅酸电池	56
3.1 铅酸电池概述	57
3.1.1 铅酸电池的基本原理	57
3.1.2 铅酸电池的构造	60
3.1.3 铅酸电池的极板构成	62
3.1.4 铅酸电池的类型	62
3.1.5 密封式铅酸电池的密封 技术与特点	66
3.2 铅酸电池的正负极	71
3.2.1 铅酸电池的正极	71
3.2.2 铅酸电池的负极	78
3.3 铅酸电池的特性	82
3.3.1 铅酸电池的内阻	82
3.3.2 铅酸电池的充放电特性	83
3.3.3 铅酸电池的容量及影响 因素	86
3.3.4 铅酸电池硫酸盐化的 影响及原因	87
3.3.5 铅酸电池的使用寿命与失效 原因	88
3.3.6 铅酸电池的特点	89
本章小结	89
思考题	90



第 4 章 镍氢电池	91
4.1 镍氢电池的基本原理与构成	92
4.1.1 镍氢电池的基本原理	92
4.1.2 镍氢电池的结构类型	93
4.1.3 镍氢电池的组成部件	94
4.2 镍氢电池的正极	95
4.2.1 镍电极反应	95
4.2.2 高密度球形 Ni(OH) ₂ 正极材料	98
4.2.3 纳米 Ni(OH) ₂	102
4.2.4 α-Ni(OH) ₂ 简介	105
4.2.5 镍电极小结	106
4.3 镍氢电池的负极	106
4.3.1 储氢电极反应	107
4.3.2 储氢合金电极的要求与类型	108
4.3.3 储氢合金的性能改善处理	109
4.3.4 储氢合金的制备	111
4.4 镍氢电池组	111
4.4.1 镍氢电池组的要求与类型 ..	111
4.4.2 双极性镍氢电池组	112
4.5 镍氢电池的特性	113
4.5.1 镍氢电池的充电特性	113
4.5.2 镍氢电池的放电特性	114
4.5.3 镍氢电池的内压与内阻	115
4.5.4 镍氢电池的容量及影响因素	117
4.5.5 镍氢电池的储存与自放电特性	118
4.5.6 镍氢电池的特点	119
本章小结	120
思考题	120
第 5 章 锂离子电池	122
5.1 锂离子电池的基本原理与结构	123
5.1.1 锂离子电池的基本原理	123
5.1.2 锂离子电池的结构与类型	124
5.2 锂离子电池的正极	126
5.2.1 锂离子电池对正极材料的要求	126
5.2.2 氧化钴锂电电极材料	127
5.2.3 氧化锰锂电电极材料	128
5.2.4 磷酸(亚)铁锂电电极材料	128
5.2.5 正极材料的性能比较	129
5.2.6 氧化镍锂电电极材料	130
5.2.7 其他正极材料	130
5.3 锂离子电池的负极材料	132
5.3.1 锂离子电池对负极材料的要求	133
5.3.2 碳负极材料	134
5.3.3 合金类负极材料	138
5.3.4 氮化物负极材料	140
5.3.5 氧化物负极材料	141
5.3.6 过渡金属磷族化合物负极材料	142
5.4 锂离子电池的电解质	144
5.4.1 对电解质的要求	144
5.4.2 电解质的类型	144
5.4.3 液体电解质	145
5.4.4 聚合物电解质	148
5.5 隔膜与黏结剂	151
5.5.1 隔膜	151
5.5.2 黏结剂	152
5.6 锂离子电池的特性	153
5.6.1 锂离子电池的充放电特性	153
5.6.2 锂离子电池的容量及影响因素	154
5.6.3 锂离子电池的内阻及影响因素	156
5.6.4 锂离子电池自放电速率与电池储存性能	157

5.6.5 锂离子电池的特点	158	7.3.5 飞轮电池的特点与应用	198
本章小结	159	7.3.6 飞轮电池的关键技术	199
思考题	159	本章小结	199
第 6 章 其他蓄电池简介	161	思考题	200
6.1 其他镍系蓄电池	162	第 8 章 蓄电池的使用	201
6.1.1 镍镉电池	162	8.1 蓄电池的充电	202
6.1.2 镍锌电池	165	8.1.1 蓄电池的基本充电方法	202
6.1.3 镍铁电池	166	8.1.2 蓄电池充电可接受电流与 快速充电	203
6.2 金属空气电池	168	8.1.3 蓄电池的不一致性 与均衡充电	206
6.2.1 锌空气电池	168	8.1.4 蓄电池的浮充电	208
6.2.2 铝空气电池	171	8.2 蓄电池性能与状态的测试	209
6.2.3 其他金属空气电池	173	8.2.1 蓄电池性能检测的相关 标准	209
6.3 ZEBRA 电池	177	8.2.2 蓄电池充放电性能测试	210
6.3.1 ZEBRA 电池的组成与充放电 原理	177	8.2.3 蓄电池容量的测定	211
6.3.2 ZEBRA 电池的特点与使用 情况	178	8.2.4 蓄电池寿命的测试	212
本章小结	179	8.2.5 蓄电池的内阻及自放电 测定	213
思考题	179	8.2.6 蓄电池安全性测试	215
第 7 章 辅助储能装置	181	8.2.7 蓄电池荷电状态的检测 方法	217
7.1 概述	182	8.3 蓄电池管理系统	219
7.1.1 蓄电池的性能特点与不足	182	8.3.1 蓄电池管理系统概述	219
7.1.2 应用于电动汽车的其他电源 装置	183	8.3.2 蓄电池管理系统的基本功能与 硬件构成	221
7.2 超级电容	184	8.3.3 蓄电池的热管理	223
7.2.1 超级电容的充放电原理	184	8.3.4 蓄电池组的绝缘检测	225
7.2.2 超级电容的结构类型	185	8.3.5 蓄电池组的充电管理	228
7.2.3 超级电容的发展现状	190	8.3.6 制动能量回馈控制	230
7.2.4 超级电容的性能特点与 应用	191	本章小结	233
7.3 飞轮电池	193	思考题	233
7.3.1 飞轮电池概述	193	第 9 章 燃料电池	234
7.3.2 飞轮电池的工作原理	193	9.1 燃料电池概述	235
7.3.3 飞轮电池的结构	194		
7.3.4 飞轮电池的发展过程及 现状	196		



9.1.1	燃料电池的基本概念及特点	235	9.4.1	磷酸燃料电池概述	261
9.1.2	燃料电池的发展概况	238	9.4.2	磷酸燃料电池的结构与材料	262
9.1.3	燃料电池的分类	240	9.5	直接甲醇燃料电池	265
9.1.4	燃料电池的发电原理	243	9.5.1	直接甲醇燃料电池概述	265
9.2	质子交换膜燃料电池	245	9.5.2	直接甲醇燃料电池的结构与性能改善	268
9.2.1	质子交换膜燃料电池基本组成与工作原理	245	9.6	燃料电池电动汽车概述	270
9.2.2	质子交换膜燃料电池单体的组成部件	245	9.6.1	燃料电池电动汽车的发展概况	270
9.2.3	质子交换膜燃料电池系统	250	9.6.2	燃料电池电动汽车的构成	274
9.2.4	质子交换膜燃料电池的工作特性及影响因素	252	9.6.3	燃料电池电动汽车的储氢与工作方式	279
9.3	碱性燃料电池	255	9.6.4	燃料电池电动汽车的性能与存在的问题	282
9.3.1	碱性燃料电池概述	255	本章小结	287	
9.3.2	碱性燃料电池部件	256	思考题	287	
9.3.3	碱性燃料电池的优点与不足	261	参考文献	288	
9.4	磷酸燃料电池	261			

第 1 章

电动汽车与动力电池概述



本章教学目标

- 了解汽车的发展历史及其在社会中的地位；
- 深刻认识汽车对人类造成的负面影响；
- 了解电动汽车的优势和类型；
- 了解电动汽车发展过程和目前尚存在的关键问题；
- 熟悉动力电池的特点与类型。



本章教学要点

知识要点	能力要求	相关知识
电动汽车的优势	了解汽车发展历史及其负面影响，熟悉各类电动汽车的特点	石油矿产资源、汽车的排放与环境污染、汽车发展历史
电动汽车发展的关键问题	了解各类电动汽车对动力电池的要求，了解动力电池的特点及类型	电动汽车的定义、各类电动汽车的组成及特点



1.1 发展电动汽车的意义

1.1.1 汽车的发展概况及在社会中的地位

汽车已成为现代文明的重要标志，现代汽车已融入世界上最先进的科学技术，它作为一种道路交通工具，在国防建设和人们生活等各方面起着十分重要的作用。

1. 汽车的发展概况

“车”是一种有轮子的道路交通工具。最早的车辆是人力车和畜力车，此后经历了蒸汽机汽车、电动汽车、内燃机汽车。汽车经历了长达一百多年的发展历程。

1) 人力车和畜力车

人类最早使用的车辆是用人拉的人力车，以及用马、牛、驴、骆驼等拉的畜力车（图 1.1）。在现代文明前，这种以人力或畜力为动力的车辆是人类生产和生活中的重要交通工具。即使是高度文明的当今社会，在一些边远的地区和某些场合，人力车和畜力车依然可见。



(a) 人力车



(b) 畜力车

图 1.1 人力车和畜力车

2) 蒸汽机汽车

18 世纪蒸汽机的发明使人类进入现代文明。蒸汽机作为驱动机器的动力装置，不但被应用于工业生产，还被用作车辆的动力源。这种以蒸汽机为动力的车辆是世界上最早的机动车辆（图 1.2），被称为“汽车”。

蒸汽机是通过外部燃料燃烧产生水蒸气，再利用水蒸气的压力推动活塞产生机械功，其效率较低，并且车载燃料的储存量有限，车辆的操控也很不方便。正因为如此，这种以蒸汽机为动力的汽车并未得到广泛应用，但作为铁路机车的动力装置，直到 20 世纪 70 年代还有广泛应用。

3) 电动汽车

电力驱动的汽车在内燃机汽车之前就已经出现了。早在 19 世纪 30 年代，英、法等国就有人研究电动汽车，最初的电动汽车采用干电池作为电源，但这种电动汽车实用意义不大。1881 年，在法国巴黎出现了世界上第一辆以可充电的蓄电池为动力电源的电动汽车。这辆三轮电动汽车是由法国工程师古斯塔夫·特鲁夫（Gustave Trouve）装配的，其电源是

铅酸电池。1882年，英国人也制造出一辆电动三轮车（图1.3）。此后几年，电动汽车开始逐渐流行，并在道路交通运输中发挥了重要的作用。但是，由于石油的大量开采和内燃机汽车所具有的种种优势，电动汽车逐渐被人们淡忘。

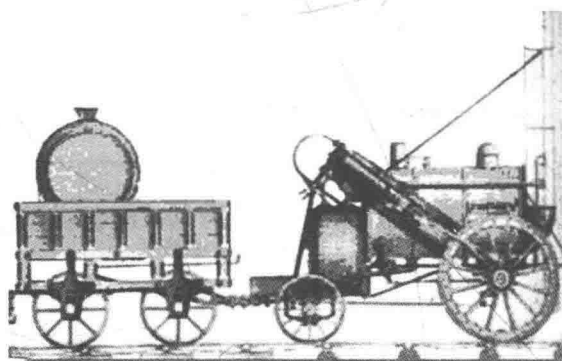


图 1.2 世界上第一辆蒸汽机汽车

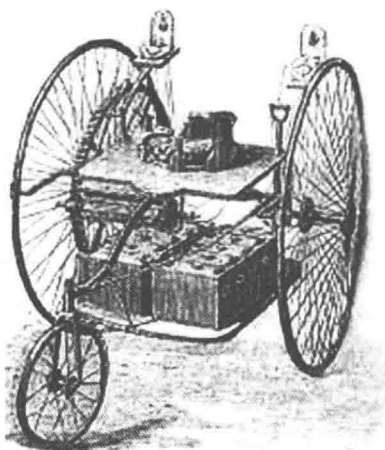


图 1.3 世界上最早的电动汽车

20世纪70年代的能源危机和石油短缺，使世界各国政界遭受了较大的打击，各国开始考虑替代石油的其他能源，包括风能、太阳能、电能等可再生能源，因此，许多国家又纷纷开始研制电动汽车。但是，随着能源危机的消失，石油价格开始下跌，而攻克电动汽车关键技术的难度很大，开发和生产成本又很高，使得电动汽车的产业化进程再次失去推动力，因此电动汽车的发展又开始走入低谷。

20世纪80年代，随着全球汽车保有量的不断增加，人们不得不面对日益严重的问题。例如，不可再生的石油资源逐渐枯竭、燃油汽车废气对环境造成的污染及温室效应对环境的影响。因此，开发和使用时不消耗石油资源且可实现对环境零污染的电动汽车又成为世界各国所关注的焦点。时至今日，电动汽车已成为未来汽车发展的主要方向。

4) 内燃机汽车

1886年，德国人卡尔·奔驰（Karl Benz）将一台四冲程的内燃机安装在一辆三轮车后的车架上，通过链传动驱动后轮（图1.4）。这辆三轮汽车采用单缸四冲程汽油机，用磁电机点火，用化油器进行油气混合，它是现代汽车的雏形。因此，该车被公认为世界上第一辆汽车，卡尔·奔驰也被誉为现代汽车之父，并将1886年1月29日（卡尔·奔驰的三轮汽车申请专利批准日）作为现代汽车的生日。

美国福特汽车公司的创始人亨利·福特（Henry Ford）在1896年制造出第一辆四轮汽车，并于1908年推出了T型车（图1.5）。亨利·福特首创的流水线生产，使得汽车的价格降到了大众能接受的水平。T型车前后共生产了1500万辆，这个纪录直到几十年后才被大众的甲壳虫超过。业界给亨利·福特的评价是“给世界装上轮子的人”。

此后的一百多年，汽车技术不断发展，发动机、底盘及车身结构、材料及制造工艺的不断完善，使得汽车的油耗和排气污染逐渐降低，而汽车的安全性和舒适性则不断得到提高。20世纪后半叶开始，电子控制技术在汽车上的广泛应用，使得汽车的经济性及排放控制达到了更高的水平，汽车的安全性和舒适性也更高了。

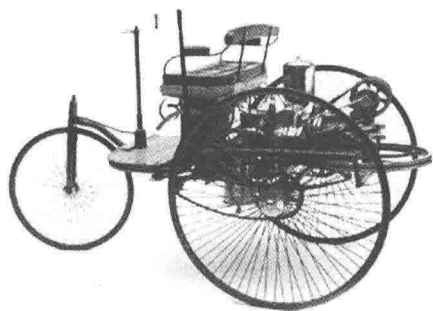


图 1.4 世界上第一辆内燃机汽车

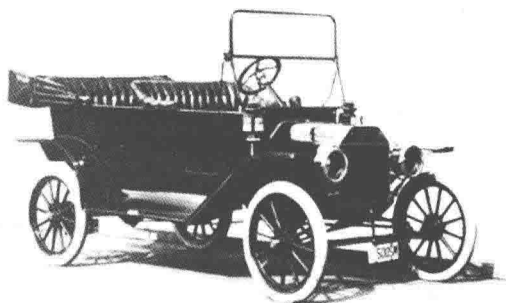


图 1.5 亨利·福特的 T 型车

在内燃机汽车迅速发展的同时，电动汽车并没有完全销声匿迹。为缓解石油资源日益匮乏的矛盾和燃油汽车的环境污染问题，从 20 世纪末期开始，人们又开始关注电动汽车，并使电动汽车得到了较快的发展，有逐渐取代燃油汽车之势。

2. 汽车在社会中的地位

现代汽车在国民经济、国防建设和人们生活等方面起着十分重要的作用，汽车的制造和应用也是衡量一个国家发达水平的重要标志。从汽车诞生到现在，汽车对人类文明影响极大，它改变了社会形态和人们的生活，影响着人们的学习、工作乃至生活观念和生活方式。

1) 汽车优化了交通结构

作为道路交通工具，汽车具有高度的灵活性，它承担了十分广泛的运输任务，其运输地位居各种交通工具之首。汽车是数量最多、最普及的交通工具，在城市和乡村随处可见。在现代社会中，没有哪种交通工具可与汽车所起的作用相媲美。汽车运输的突出优点是可以“全面铺开”，实现“门对门”运输，其活动范围比火车、轮船和飞机要广得多，并且可以非常方便地将乘客和货物运送到有路的任何地方。正因为如此，汽车早已成为最主要、最受人类青睐的交通工具，汽车在全社会运输中已占据主导地位。在美、德、法、英等国，汽车在客运总量中所占的比例高达 90% 左右。

2) 汽车生产促进了社会经济的发展

纵观世界历史，20 世纪 20 年代美国经济的兴起，50 年代联邦德国、意大利、法国经济的起飞，60 年代日本经济的繁荣，无不以汽车工业的高速增长为前提。汽车已经成为一些国家经济的支柱产业。

我国经过改革开放后 30 多年的高速发展，已成为全球最大的汽车市场和汽车生产基地，汽车工业成为国民经济支柱产业。2009 年我国汽车产销均超 1350 万辆，首次成为世界汽车产销第一；2010 年全年汽车累计产销超过 1800 万辆，再次刷新了全球历史纪录。此后几年，我国的汽车产销量继续保持在世界最前列。汽车产销量的增长，对国民经济增长的拉动作用十分明显。随着汽车工业的发展，汽车工业在制造业和 GDP 中所占的比例也越来越大。在 2010 年，我国的汽车工业总产值已超过 20000 亿元，而汽车工业增加值占 GDP 的比例则超过了 2.5%。

汽车工业发展对扩大就业有很大的促进作用，主要汽车生产国的汽车工业和相关产业所提供的就业机会约占全国总就业机会的 10%。据初步估计，汽车工业与相关产业就业人

数之比为1:11,生产汽车与销售、使用汽车人数比为1:3.8。我国汽车产业直接和间接就业人数已达全国城镇就业总人数的11%以上。

3) 汽车工业的发展带动了相关产业的发展

汽车工业对相关产业的影响,不仅表现在生产过程中,也表现在使用过程中。它涉及原材料工业、设备制造业、配套产品业、公路建设业、能源工业、销售业、服务业和交通运输业等34个行业,波及范围很大。在美国,汽车工业消耗的原材料中,橡胶占全国橡胶销量的10%,钢铁占全国钢铁销量的20%。据统计,汽车工业每增值1元,可使汽车制造的上游产业增值0.6元,下游产业增值2.67元。

我国的汽车工业在国民经济中占据重要地位,汽车工业产值的增长可使相关产业的产值随之增长,波及效果为3~5倍。

4) 汽车产业推动了科学技术的发展

现代汽车采用了大量的新材料和新结构,特别是应用了现代电子技术,这些都极大地提升了汽车的性能。而在开发汽车新材料、新结构及新控制技术的过程中,需要集中一大批优秀的科技人才,开展上千项研究工作,应用最先进的理论、最精确的计算技术、最现代化的设计方法和最完善的测试手段。在制造汽车的过程中,应用了冶炼、铸造、锻压、机械加工、焊接、装配、涂装等领域的许多最新工艺技术成果,在工厂中采用数以百计的自动化生产线,并且应用了科学的生产管理手段。汽车毫无疑问是一种高科技产品,足以体现一个社会科学技术水平。汽车工业的发展,又促进了科学技术的繁荣。

5) 汽车提高了人类的生活质量

汽车对人类的生活产生了重要的影响。汽车的应用明显地改变了人们的生活方式,使人们的生活空间更加广阔,交流更加便利,生活半径增大,同时也在一定程度上影响了人们的思维方式,提升了人们的自尊心和自信心等,使人们心情愉快,工作效率提高。私人拥有汽车,从某种意义上也反映了人们的生活水平和社会地位,并且给人们生活带来如下一些便利。

(1) 汽车自由灵活,富有独立性。汽车能随时停留、任意选择目的地,从而使人们的活动范围从点扩大到面,提高了生活品质,扩大了生活空间。因此,汽车让人们的出行时间、方式和质量发生了改变。

(2) 汽车出行有其他交通工具无法比拟的方便性。汽车可以到达火车、轮船和飞机不能到的地方,同时也是其他交通方式的有效补充和连接。汽车车窗敞亮,视野开阔,可接近村庄、湖光山色和名胜古迹,更有利于旅游者游览沿途风光。

1.1.2 汽车对环境和石油资源的影响

当今世界,人类的生产与生活已经离不开汽车,汽车的保有量已达8亿多辆。毋庸置疑,汽车对现代文明做出了巨大的贡献,同时也有严重的负面影响,汽车使人类不得不面临环境污染、石油资源短缺、道路交通事故等方面的严峻挑战。

1. 汽车对环境的影响

汽车运行时发动机排放的废气和产生的噪声会对环境造成严重的污染,虽然现代科学技术的运用使得汽车发动机的废气排放量和噪声已降得很低,但由于城市街道上的车流过于密集,废气的排放和噪声对人类的生存环境还是造成了严重的影响。



1) 汽车废气排放污染

汽车废气排放污染物有一百多种，其中对人体危害较大的污染物是一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)、氮氧化物(NO_x)、二氧化硫(SO_2)和碳(C)微粒等。

CO是一种无色无臭的有毒气体，是内燃机不完全燃烧的产物。CO被吸入后，能以比氧强240倍的亲和力同血液中的血红蛋白结合，形成碳氧血红蛋白，阻碍血液向肺、脑等器官输送氧气，从而使人产生头痛、恶心、头晕、无力、活动后呼吸困难等症状，严重时会发生昏迷，甚至死亡。

HC来自未燃和未完全燃烧的燃油、润滑油及其裂解产物和部分氧化产物，包含多环芳烃、醛、酮、酸等在内的200多种成分(简称未燃烃)。当人的体内吸入较多的未燃烃，其造血机能就会受到破坏，造成贫血和神经衰弱，并会降低肺的抵抗力。多环芳烃中的苯丙芘及硝基烃，则已经被确定为致癌物质。

NO_x 是汽油机高温燃烧的产物，包括NO、 NO_2 、 N_2O_4 、 N_2O 、 N_2O_3 、 N_2O_5 等。内燃机排气中的 NO_x 绝大多数为NO， NO_2 次之。NO是无色并具有轻度刺激性气味的气体，高浓度时能造成人和动物中枢神经系统障碍。尽管NO的直接危害性不大，但NO在大气中可与臭氧起氧化反应，生成具有毒性的 NO_2 。 NO_2 是一种赤褐色且带刺激性气味的气体，人吸入 NO_2 后， NO_2 在人体内与血液中的血红蛋白结合，使血液的携氧能力下降。 NO_2 对人的心、肝、肾等也有影响。

SO_2 是燃料中的硫燃烧的产物，是无色但有强烈气味的气体。在低浓度时， SO_2 主要刺激上呼吸道黏膜，当人体吸入较高浓度的 SO_2 时，对呼吸道深部也有刺激作用，会使人呼吸困难、咽喉及胸部疼痛、肺部受损；当 SO_2 的浓度达到 $(100 \sim 300) \times 10^{-6}$ 时，会引发肺水肿，随时有生命危险；当 SO_2 的浓度高于 300×10^{-6} 时，会使人立即窒息而死亡。

碳微粒是柴油机工作时柴油燃烧不完全的产物，它的直观表现是黑烟，黑烟中未燃烧的多孔性碳微粒直径为 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ ，在微粒上通常附有苯丙芘等致癌物质，因此，对人体也会造成伤害。

汽车排出的大量二氧化碳(CO_2)虽然无毒，但会造成温室效应，使地球变暖。汽车废气中的 NO_x 和 SO_x 还会造成酸雨，污染土地、湖泊及河流。

内燃机汽车所排出的有害物质随着汽车的行驶散布于其经过的地方，并集中于离地面 $20 \sim 30\text{m}$ 的空气层中不易散发，而这些空间正是人类生活的区域。因此，汽车排放污染已超过工业排放污染，成为城市中对人类造成危害的主要污染源。在我国，由于近几年汽车保有量的迅速上升，城市大气污染已经明显由煤烟型污染转向煤烟和汽车尾气混合型污染，而在一些大城市，则主要是汽车尾气污染。

2) 汽车噪声污染

汽车噪声是汽车的第二公害，它随着汽车发动机功率、汽车速度及汽车流量的增加而增大，汽车噪声约占城市噪声的75%。噪声对人的影响是一个很复杂的问题，它的影响程度不仅与噪声的性质有关，而且与每个人的心理、生理状态及社会生活等多方面的因素有关。

汽车噪声源大致可分为发动机噪声和整车噪声。发动机噪声与发动机转速有关，而整车噪声与车速有关。与发动机转速有关的噪声源主要有进气噪声、排气噪声、风扇噪声、发动机表面辐射噪声和由发动机驱动的附件(如发电机、空调压缩机、动力转向油泵等)运转噪声；与车速有关的噪声包括传动噪声、轮胎噪声、车体产生的空气动力噪声等。在

城市街道两侧，由于汽车的行驶速度不高，汽车的噪声主要是发动机工作时发出的噪声。

汽车噪声对环境产生噪声污染，使人心绪不安、烦躁、疲倦、工作效率下降；汽车噪声还干扰了人与人之间的语言交流和通信联络，影响人们的工作和生活；汽车噪声污染严重时，还会降低人的听力，甚至可致人耳聋。此外，汽车噪声会使驾驶员反应时间加长，从而影响行车安全。

2. 汽车加剧了石油资源的短缺

内燃机汽车消耗的能源主要来自石油，而地球上的石油是有限且不可再生的资源。目前，全球已探明的石油储量约为 12000 亿桶，按现在的开采速度，现探明的石油储量将只够 40 余年，即使有新的石油储量发现，但随着石油消耗量的不断增加，石油资源必将有枯竭的一天。

我国虽然是石油生产大国，但也是石油消耗大国，总体来看，我国属于缺油的国家。我国已探明石油的储量仅占全球储量的 2.3% 左右，有工业开采价值的则更少。从 1994 年开始，我国已成为石油纯进口国。随着汽车保有量的迅速增加，我国的石油缺口将会越来越大。近几年，我国的石油产量基本维持在 1.5 亿吨左右，但石油的进口数量则以每年上千万吨的速度增加。我国已成为世界排名第二的石油消耗大国，现在 60% 的石油依赖进口，国家的能量安全已成为必须面对的问题。

目前世界汽车的保有量约 8 亿多辆，预计到 2030 年全球汽车保有量将突破 20 亿辆，其增量主要来自发展中国家。国际能源机构 (IEA) 的统计数据表明，全球交通领域的石油消耗占总石油消耗的 57% (美国达 67%)，预计到 2020 年，交通领域石油消耗所占比例将达到 62% 以上。我国目前的汽车保有量为 8500 多万辆，其耗油量却已接近全国成品油总量的 60%。随着我国汽车保有量的持续增加，石油的需求量也将进一步加大。据有关部门统计，到 2030 年，我国 80% 以上的石油需要依赖进口。石油已成为影响我国长远经济发展的短缺矿产资源。因此，探求石油以外的汽车动力能源是 21 世纪人类迫切需要解决的问题。

3. 汽车带来了道路交通事故

汽车在运行过程中发生交通事故在所难免，这也是人类不得不面对的现实。大量的汽车运行造成交通拥挤，致使交通事故频发，导致每年约有数百万人遭受车祸的伤害。有关专家的统计数据表明，交通事故已成为“世界第一公害”。当今世界，每年死于道路交通事故的人数超过 100 万人，即每 50s 就会有一人死于交通事故。自 1889 年世界上第一起交通事故死人至今，全球死于道路交通事故的人数高达 3200 多万人，远远高于同期战争死亡的人数。

道路交通事故是在人、车、路及交通环境等诸多因素共同影响下发生的，针对车辆的影响因素，现代汽车在车身结构方面充分考虑了汽车发生碰撞时尽可能减小车内乘员的受伤程度，并采用防滑技术、安全气囊等电子控制技术，用以提高汽车的主动安全和被动安全性能，尽可能地减少道路交通事故或发生交通事故后尽可能降低车内乘员的伤害程度。除此之外，还必须将人、车、路及交通环境作为一个整体进行综合考虑。例如，加强行人和驾驶人员的安全意识，改善道路交通环境，加强车辆的安全检测与维护，完善交通管理措施等，这样才能更加有效地降低道路交通事故率。



1.1.3 电动汽车的优势

电动汽车是一种从车载电源获得电力，用电动机驱动行驶，且与内燃机汽车有同样使用功能，必须满足道路交通安全法规各项要求的电动车辆。我们这里所指明的电动汽车，有别于在机场、码头、车站、仓库用的电动车、残疾人用车、高尔夫球场用车、观光游览车、电动叉车等低速电动车，也不包含城市街道的有轨或无轨电车。与燃油汽车相比，电动汽车的优势如下。

1. 电动汽车可缓解汽车对城市环境污染问题

1) 电动汽车可减少汽车造成的排气污染

电动汽车所使用的车载电源有蓄电池、燃料电池、超级电容、飞轮电池等，这些电源在使用过程中不会排放有害气体。对蓄电池充电所用的电力可以来自对大气不造成污染的绿色能源（如水能、核能、风能、地热、潮汐等）的发电。即便是用煤发电，除 SO_2 及微粒外，其排放的 CO 、 HC 、 NO_x 、 CO_2 等均比汽车少，而且电厂大多建在远离人口密集的城市，对居民损害较少。此外，电厂煤燃烧是固定集中排放，燃烧过程较易控制，有害物质较易清除。正因为如此，电动汽车被称为绿色汽车。

2) 电动汽车可降低汽车对城市造成的噪声污染

与燃油汽车的内燃机相比，电动汽车的电动机工作噪声很低。因此，如果全部用电动汽车替代内燃机汽车，城市的噪声污染将会明显下降。

2. 电动汽车可解决汽车对石油资源的依赖

电动汽车用车载电源有蓄电池、燃料电池、飞轮电池、太阳能电池和车载发电机组等，蓄电池充电所需的电能可充分利用水能、核能、风能、地热、潮汐、太阳能等丰富的能源转化而来。也就是说，电动汽车可以不依赖石油资源，所节省的大量石油可缓解其他依赖石油的化工原料日益匮乏的压力。

3. 电动汽车可节约能源

电动汽车用蓄电池可利用晚间富余的电力对其进行充电，从而可避免大量富余电力的浪费，提高了电网电能的利用率。电动汽车在减速、制动和下坡时，电动机转换为发电机，实现能量回收，进一步提高能量的利用率。在城市道路交通拥堵的情况下，电动汽车停驶时不消耗电能，这不仅仅避免了密集的燃油汽车发动机怠速运行造成的废气污染，也节约了不少的能源。

1.2 电动汽车的发展概况

1.2.1 电动汽车的发展历史

电动汽车虽然比内燃机汽车出现得更早，但其发展过程几经起伏，在一百多年的发展历程中，有过 3 次发展的机遇。

1. 电动汽车的第一次发展机遇

1859 年，法国著名物理学家普兰特 (Plante) 发明了第一块铅酸蓄电池，为以后电动

汽车的实用化创造了必要的条件。由于当时蓄电池和电动机的发展相比内燃机更为成熟，蒸汽机汽车的性能和操控也难以让人接受，因而电动汽车成为人们用来取代马车的首选。

自1881年法国工程师古斯塔夫·特鲁夫(Gustave Trouve)组装的第一辆电动三轮汽车在巴黎的街道上出现后，电动汽车很快进入发展高潮，英、美等国也先后制造出电动汽车，电动汽车的性能也逐渐提高。例如，1890年在美国的艾奥瓦州诞生的美国第一辆电动汽车，其车速可达23km/h；1899年法国人考门·吉纳驾驶一辆以44kW双电动机为动力的后轮驱动电动汽车，创造了车速106km/h的纪录。

19世纪末是电动汽车最盛时期，据资料记载，在1890年，电动大客车就已在法国和英国的街道上行驶。1890年，全世界共有4200辆汽车，其中有38%为电动汽车，40%为蒸汽汽车，22%为内燃机汽车。1899年，美国年生产电动汽车1575辆，而当时的内燃机汽车却只有936辆。1911年，在巴黎和伦敦的街头已经有运营的电动出租汽车出现。到了1912年，在美国至少有3.4万辆电动汽车在运行。1915年，美国的电动汽车年产量已达到了5000辆。

在20世纪30年代末，这种以蓄电池为电源，用直流电动机产生驱动力的电动汽车逐渐消失，其主要原因是当时的蓄电池性能较差，电动汽车的成本太高，而续航里程太短。在这一时期，油田的大量开发，廉价的石油降低了汽车的使用成本，加上内燃机技术及汽车底盘技术的不断提高，用流水线生产方式大规模批量制造，使内燃机汽车在市场竞争中占据了绝对的优势，电动汽车被无情地淘汰。

2. 第二次发展机遇

20世纪70年代，世界性的能源危机和石油短缺使电动汽车重新获得生机，人们又想起了可不用石油资源的电动汽车。70年代初，一些汽车工业发达国家（美国、英国、法国、德国、意大利和日本等）都开始研发电动汽车。70年代后期，除上述国家外，澳大利亚、比利时、巴西、保加利亚、加拿大、中国、丹麦、荷兰、印度、墨西哥、芬兰、瑞士和苏联等许多国家都开始研发和生产电动汽车。但是石油价格在70年代末开始下跌，在电动汽车还未成为商业化产品之前，能源危机和石油短缺问题已不再严重。因此，电动汽车又遭遇了冷落，电动汽车的发展又走入了低谷。

3. 第三次发展机遇

20世纪80年代以来，由于汽车保有量的不断增加，燃油汽车排出的有害气体对人类健康的影响日益突出，而燃油汽车需要消耗大量有限且不可再生的石油资源。于是，人们又想起了无需消耗石油资源、也不会对空气造成污染的电动汽车。电动汽车又进入了较快的发展时期。

这一时期，世界各大汽车公司纷纷投入人力和资金，研究与开发新型电动机汽车，使得新的电动汽车不断涌现。除了以蓄电池为车载电源的纯电动汽车，还将混合动力电动汽车（采用发动机和电动机双动力）和燃料电池电动汽车列为研发的重点。虽然电动汽车还不足以与内燃机汽车相抗衡，但在各国政府政策的扶持下，电动汽车的保有量还是在不断增加。

随着电动汽车关键技术难题的解决、电动汽车技术性能的提高，以及电动汽车制造和使用成本的降低，电动汽车将会得到迅速发展，并将最终取代内燃机汽车。