



“十三五”普通高等教育本科规划教材
高等院校汽车专业“互联网+”创新规划教材

新能源汽车动力电池技术

(第2版)

麻友良 主编



扫一扫联系客服



电子课件



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

“十三五”普通高等教育本科规划教材
高等院校汽车专业“互联网+”创新规划教材

新能源汽车动力电池技术

(第2版)

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,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,也可作为汽车类专业的研究生及相关专业的工程技术人员的参考书。

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. —2版. —北京: 北京大学出版社, 2020. 3

高等院校汽车专业“互联网+”创新规划教材

ISBN 978-7-301-31138-7

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(2020)第 019050 号

- 书 名** 新能源汽车动力电池技术 (第2版)
XINNENGYUAN QICHE DONGLI DIANCHI JISHU (DI-ER BAN)
- 著作责任者** 麻友良 主编
- 策划编辑** 童君鑫
- 责任编辑** 孙 丹 童君鑫
- 数字编辑** 蒙俞材
- 标准书号** ISBN 978-7-301-31138-7
- 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 010-62752015 发行部 010-62750672 编辑部 010-62750667
- 印刷者** 北京飞达印刷有限责任公司
- 经 销 者** 新华书店
- 787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.25 印张 438 千字
2016 年 3 月第 1 版
2020 年 3 月第 2 版 2020 年 3 月第 1 次印刷
- 定 价** 52.00 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

第 2 版前言

由于电动汽车能很好地解决环境污染和石油资源短缺等严峻问题，因此电动汽车已成为 21 世纪汽车发展的主旋律。动力电池是电动汽车发展的最关键的技术，现已开发的各种动力电池的性能已逐渐接近人们的期望，使得电动汽车的动力性和经济性有了很大的提升。近年来，电动汽车得到了较快发展，纯电动汽车和混合动力电动汽车已被用作家庭用车、城市出租车和公交车，燃料电池电动汽车也在向商用化的方向迈进。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，制造和使用成本逐渐降低，电动汽车必将得到迅速发展。

为适应电动汽车的发展，2016 年我们编写了《新能源汽车动力电池技术》，主要内容包括电动汽车与动力电池概述、蓄电池、铅酸电池、锂离子电池、其他蓄电池、辅助储能装置、蓄电池的使用、燃料电池，以使读者能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、研究与开发电动汽车或动力电池打下良好的基础。该书已被多所大专院校选用，重印多次。为了更好地适应教学的需要，我们对该书进行了再版，主要进行了如下的调整和修改。

本书调整了电动汽车发展的内容，以适应近几年电动汽车发展的实际情况。删除了第 9 章中的“燃料电池电动汽车的发展概况”，因为本书的核心内容是动力电池，燃料电池电动汽车的发展现状在第 1 章中已有介绍；对全书的文字表述进行了审核修改，以使其更加通顺、准确；增加了石墨烯相关内容，同时删减了部分内容。

本书是根据作者多年的教学经验和相关科研经历，并参考了大量的书籍和资料编写的，可作为本科车辆工程及相关专业的教材，也可作为汽车类专业的研究生及相关专业工程技术人员的参考用书。

本书由武汉科技大学麻友良教授任主编，严运兵、郭健忠、游彩霞、陶军等参与编写。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，游彩霞编写了第 9 章，陶军编写了第 8 章。

在编写本书的过程中，编者参考了大量书籍和相关资料，在此向其作者表示衷心的感谢。由于编者水平所限，书中的疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2020 年 3 月



【资源索引】

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 汽车的发展概况及其在社会中的地位 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 19
 - 1.2.4 电动汽车尚需解决的关键问题 20
 - 1.3 电动汽车的类型与特点 21
 - 1.3.1 纯电动汽车 22
 - 1.3.2 混合动力电动汽车 26
 - 1.3.3 燃料电池电动汽车 29
 - 1.4 动力电池的特点与类型 30
 - 1.4.1 动力电池的工作特点与要求 30
 - 1.4.2 动力电池的类型 31
- 小结 32
思考题 32

第 2 章 蓄电池概述 34

- 2.1 化学电池概述 35
 - 2.1.1 化学电池的构成条件 35
 - 2.1.2 化学电池的类型 37
 - 2.1.3 化学电池的种类 44
 - 2.1.4 化学电池的发展概况 45
- 2.2 蓄电池简介 47
 - 2.2.1 蓄电池的缺点 47
 - 2.2.2 蓄电池的命名与分类 48
 - 2.2.3 蓄电池的性能参数 49
 - 2.2.4 蓄电池的常用术语 51

- 2.2.5 电动汽车对蓄电池的性能要求 52

- 2.2.6 蓄电池的展望 54

小结 57

思考题 57

第 3 章 铅酸电池 58

- 3.1 铅酸电池概述 59
 - 3.1.1 铅酸电池的基本原理 59
 - 3.1.2 铅酸电池的构造 62
 - 3.1.3 铅酸电池的极板构成 64
 - 3.1.4 铅酸电池的类型 64
 - 3.1.5 密封式铅酸电池的密封技术与特点 69
 - 3.2 铅酸电池的正负极 73
 - 3.2.1 铅酸电池的正极 73
 - 3.2.2 铅酸电池的负极 81
 - 3.3 铅酸电池的特性 84
 - 3.3.1 铅酸电池的内阻 84
 - 3.3.2 铅酸电池的充、放电特性 85
 - 3.3.3 铅酸电池的容量及影响因素 88
 - 3.3.4 铅酸电池硫化的影响及原因 89
 - 3.3.5 铅酸电池的使用寿命及失效原因 90
 - 3.3.6 铅酸电池的特点 91
- 小结 92
思考题 92

第 4 章 镍氢电池 93

- 4.1 镍氢电池的基本原理与构成 94
 - 4.1.1 镍氢电池的基本原理 94
 - 4.1.2 镍氢电池的结构类型 95
 - 4.1.3 镍氢电池的组成部件 96
- 4.2 镍氢电池的正极 97



4.2.1	镍电极反应	97
4.2.2	高密度球形 Ni(OH) ₂ 正极材料	100
4.2.3	纳米 Ni(OH) ₂	104
4.2.4	α-Ni(OH) ₂ 简介	107
4.2.5	镍电极小结	108
4.3	镍氢电池的负极	109
4.3.1	储氢电极反应	109
4.3.2	储氢合金电极的要求与类型	110
4.3.3	储氢合金的性能改善处理	111
4.3.4	储氢合金的制备	113
4.4	镍氢电池组	113
4.4.1	镍氢电池组的要求与类型	114
4.4.2	双极性镍氢电池组	115
4.5	镍氢电池的特性	115
4.5.1	镍氢电池的充电特性	115
4.5.2	镍氢电池的放电特性	116
4.5.3	镍氢电池的内压与内阻	117
4.5.4	镍氢电池的容量及其影响因素	119
4.5.5	镍氢电池的储存与自放电特性	121
4.5.6	镍氢电池的特点	122
	小结	122
	思考题	123

第5章 锂离子电池 124

5.1	锂离子电池的基本原理与结构	125
5.1.1	锂离子电池的基本原理	125
5.1.2	锂离子电池的结构与类型	126
5.2	锂离子电池的正极	128
5.2.1	锂离子电池对正极材料的要求	128
5.2.2	氧化钴锂电电极材料	129
5.2.3	氧化锰锂电电极材料	130

5.2.4	磷酸(亚)铁锂电电极材料	130
5.2.5	正极材料的性能比较	131
5.2.6	氧化镍锂电电极材料	132
5.2.7	其他正极材料	132
5.3	锂离子电池的负极材料	134
5.3.1	锂离子电池对负极材料的要求	135
5.3.2	碳负极材料	136
5.3.3	合金类负极材料	140
5.3.4	氮化物负极材料	142
5.3.5	氧化物负极材料	143
5.3.6	过渡金属磷族化合物负极材料	144
5.4	锂离子电池的电解质	146
5.4.1	对电解质的要求	146
5.4.2	电解质的类型	146
5.4.3	液体电解质	147
5.4.4	聚合物电解质	150
5.5	隔膜与黏结剂	153
5.5.1	隔膜	153
5.5.2	黏结剂	154
5.6	锂离子电池的特性	155
5.6.1	锂离子电池的充、放电特性	155
5.6.2	锂离子电池容量的影响因素	156
5.6.3	锂离子电池的内阻及影响因素	158
5.6.4	锂离子电池自放电速率与电池储存性能	159
5.6.5	锂离子电池的特点	160
	小结	161
	思考题	161

第6章 其他蓄电池 163

6.1	其他镍系蓄电池	164
6.1.1	镍镉电池	164
6.1.2	镍锌电池	167
6.1.3	镍铁电池	168
6.2	金属空气电池	170
6.2.1	锌空气电池	170
6.2.2	铝空气电池	173

6.2.3 其他金属空气电池	174	8.2.1 蓄电池性能检测的 相关标准	210
6.3 ZEBRA 电池	178	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	178	8.2.3 蓄电池容量的测定	212
6.3.2 ZEBRA 电池的性能特点与 使用情况	179	8.2.4 蓄电池寿命的测试	213
小结	180	8.2.5 蓄电池的内阻及自放电 测定	214
思考题	181	8.2.6 蓄电池安全性测试	216
第 7 章 辅助储能装置	182	8.2.7 蓄电池荷电状态的检测 方法	217
7.1 概述	183	8.3 蓄电池管理系统	220
7.1.1 蓄电池的性能特点与 缺点	183	8.3.1 蓄电池管理系统概述	220
7.1.2 应用于电动汽车的其他 电源装置	184	8.3.2 蓄电池管理系统的 具体项目与硬件构成	222
7.2 超级电容	185	8.3.3 蓄电池的热管理	224
7.2.1 超级电容的充、放电 原理	185	8.3.4 蓄电池组的绝缘检测	226
7.2.2 超级电容的结构类型	186	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	191	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	192	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	194	9.1 燃料电池概述	235
7.3.3 飞轮电池的结构	195	9.1.1 燃料电池的基本概念及 特点	235
7.3.4 飞轮电池的发展过程及 现状	197	9.1.2 燃料电池的发展概况	238
7.3.5 飞轮电池的特点与 应用	198	9.1.3 燃料电池的类型	240
7.3.6 飞轮电池的关键技术	199	9.1.4 燃料电池的发电原理	243
小结	200	9.2 质子交换膜燃料电池	244
思考题	200	9.2.1 质子交换膜燃料电池的 基本组成与工作原理	244
第 8 章 蓄电池的使用	202	9.2.2 质子交换膜燃料电池单体的 组成部件	245
8.1 蓄电池的充电	203	9.2.3 质子交换膜燃料电池 系统	249
8.1.1 蓄电池的基本充电 方法	203	9.2.4 质子交换膜燃料电池的 工作特性及影响因素	251
8.1.2 蓄电池充电可接受电流与 快速充电	204	9.3 碱性燃料电池	254
8.1.3 蓄电池的不一致性 与均衡充电	207	9.3.1 碱性燃料电池概述	254
8.1.4 蓄电池的浮充电	209	9.3.2 碱性燃料电池的 部件	255
8.2 蓄电池性能与状态的测试	210	9.3.3 碱性燃料电池的 优点与缺点	260
		9.4 磷酸燃料电池	261





9.4.1	磷酸燃料电池概述	261	9.6.1	燃料电池电动汽车的构成	270
9.4.2	磷酸燃料电池的结构与材料	262	9.6.2	燃料电池电动汽车的储氢方式与工作方式	275
9.5	直接甲醇燃料电池	265	9.6.3	燃料电池电动汽车的性能与存在的问题	278
9.5.1	直接甲醇燃料电池概述	265	小结	282	
9.5.2	直接甲醇燃料电池的结构与性能改善	267	思考题	282	
9.6	燃料电池电动汽车概述	270	参考文献	283	

第 1 章

电动汽车与动力电池概述



教学目标

- 了解汽车的发展概况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。



教学要求

知识要点	能力要求	相关知识
电动汽车的优势	了解汽车发展概况及负面影响，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与类型	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 汽车的发展概况及其在社会中的地位

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,此后陆续出现了蒸汽机汽车、电动汽车、内燃机汽车。

(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,在一些偏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。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 年代还被广泛应用。

(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,英国、法国等国家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性不高。1881 年,在法国巴黎出现了世界上第一辆以蓄电池为动力电源的电动汽车,如图 1.3 所示。这辆电动三轮汽车是由法国工程师古斯塔夫·特鲁夫(Gustave Trouvé)装配的,其电源是可充电的铅酸电池。1882 年,英国人也制造出一辆电动三轮汽车。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具有的种种优势,电动汽车被人们淡忘。



【世界上第一辆蒸汽三轮汽车】

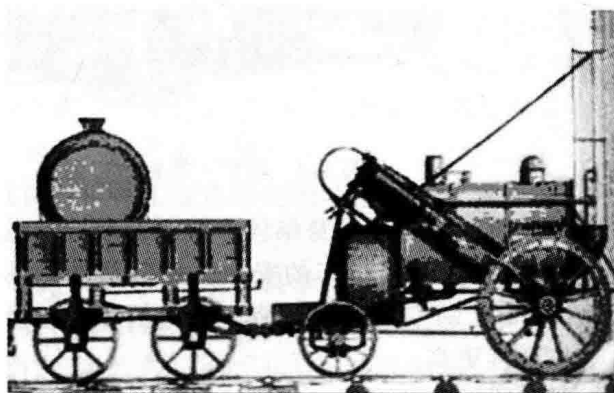


图 1.2 世界上第一辆蒸汽机汽车

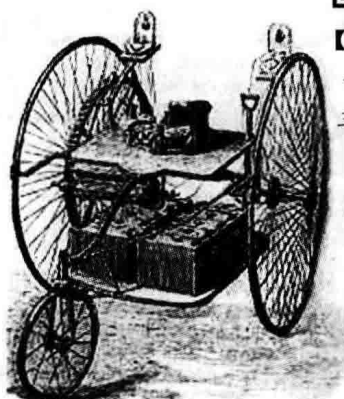


图 1.3 世界上第一辆电动汽车

20 世纪 70 年代的能源危机和石油短缺,使世界各国遭受了较大的打击,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,开发成本和生产成本又很高,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内燃机汽车问题,如不可再生的石油资源逐渐枯竭、内燃机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·本茨(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,如图 1.4 所示。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,是现代汽车的雏形。因此,该车被公认为世界上第一辆内燃机汽车,卡尔·本茨也被誉为“汽车之父”,1886 年 1 月 29 日(卡尔·本茨的三轮汽车申请专利批准日)成为汽车诞生日。

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



十年后才被大众汽车集团的甲壳虫超过。业界给亨利·福特的评价是“为世界装上轮子的人”。



【世界上第一辆内燃机汽车】

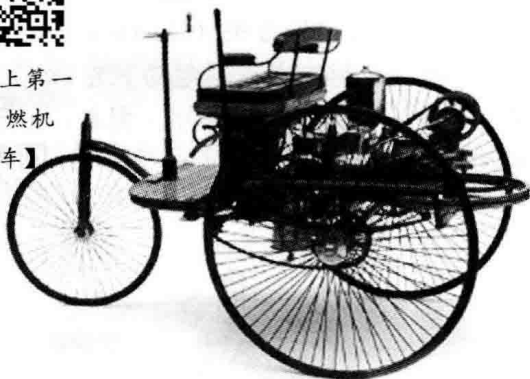


图 1.4 世界上第一辆内燃机汽车



图 1.5 亨利·福特的 T 型车

此后 100 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，使得汽车的燃油消耗和排气污染逐渐降低，而汽车的安全性和舒适性则不断提高。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更高。



【世界上第一辆四轮汽车】

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和内燃机汽车的环境污染问题，从 20 世纪末开始，人们又开始关注电动汽车，并使电动汽车得到了较快发展。

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。汽车从诞生到现在，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，汽车具有较高的灵活性，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。汽车运输的突出优点是可以“全面铺开”，实现“门对门”运输，其活动范围要比火车、轮船和飞机广得多，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。正因如此，汽车早已成为最主要、最受人们青睐的交通工具，汽车在全社会运输中已占据主导地位。在美国、德国、法国、英国等国，汽车在客运总量中所占的比率高达 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。

我国改革开放后高速发展，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 年我国汽车产销量均超过 1350 万辆，首次位居世界第一；

2010 年全年汽车累计产销量超过 1800 万辆, 再次刷新了世界纪录。此后几年, 我国汽车产销量持续保持在世界前列。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 中所占的比率也越来越大。2010 年, 我国汽车工业总产值就已超过 20000 亿元, 而汽车工业增加值占 GDP 的比率超过了 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, 生产汽车人数与销售和使用汽车人数之比为 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、交通运输业等 34 个行业, 涉及范围很广。在美国, 汽车工业消耗的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。

(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, 足以体现一个国家科学技术的水平, 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, 生活半径更大, 同时在一定程度上影响了人们的思维方式。拥有私家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便利。

① 汽车自由灵活, 具有独立性。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, 汽车改变了人们的出行时间、方式和质量。

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、轮船和飞机不能到达的地方, 同时是其他交通方式的有效补充和连接。汽车可接近村庄、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, 汽车的保有量早已超过 10 亿辆。毋庸置疑, 汽车对现代文明做出了巨大的贡献, 但也有严重的负面影响, 如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,虽然运用现代科学技术将汽车发动机的废气排放量和工作噪声降得很低,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 100 多种,其中对人体危害较大的有一氧化碳(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 被人体吸入后,能以比氧强 240 倍的亲和力与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,严重时甚至会昏迷甚至死亡。

HC 来自未燃烧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)。当人吸入较多未燃烃时,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。多环芳烃中的苯并芘及硝基烃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 是无色且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 是一种红棕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 是燃料中硫燃烧的产物,是无色但有强烈刺激性气味的气体。在低浓度时, SO_2 主要刺激上呼吸道黏膜;在体积浓度较高时, SO_2 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不完全燃烧的产物,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 $0.1\sim 10\mu\text{m}$,通常在其上附有苯并芘等致癌物质,因此会对人体造成伤害。

虽然汽车排出的大量二氧化碳(CO_2)无毒,但是会造成温室效应,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,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,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%。噪声对人的影响很复杂,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状态、生理状态及社会生活等因素有关。

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。发动机噪声主要有进气噪声、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;整车噪声包括传动噪声、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,因此汽车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;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;污染严重时,还会降低人的听力,甚至可致人耳聋。此外,汽车噪声会使驾驶人反应时间增加,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。2018年全球已探明的石油储量约为16966亿桶,即使发现新的石油储量,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。我国已探明的石油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。我国已成为世界第二的石油消耗大国,现在60%的石油依赖进口。

全球汽车保有量已有10亿多辆,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(International Energy Agency, 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%),到2020年,交通领域石油消耗占比将达到62%以上。我国汽车保有量已达2亿多辆,其耗油量却已达全国成品油总量的60%。随着我国汽车保有量的持续增加,石油的需求量也将增加。据有关部门统计,到2030年,我国超过80%的石油将需要依赖进口,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世纪人类需要迫切解决的问题。

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堵,致使交通事故频发,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”。

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。针对汽车的影响因素,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降低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,提高汽车的主动安全性能和被动安全性能,尽可能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综合考虑,如提高行人和驾驶人的安全意识、改善道路交通环境、增强汽车的安全检测与维护、完善交通管理措施等,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,且与内燃机汽车有相同使用功能,必须满足道路交通安全法规各项要求的电动车辆。这里所指的电动汽车,区别于机场、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电车或无轨电车。与内燃机汽车相比,电动汽车的优势如下。

1. 电动汽车可缓解汽车对城市环境的污染问题

(1) 电动汽车可减少排气污染。

电动汽车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 等均比内燃机汽车少,而且电厂大多离人口密集的城市较远,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。正因如此,电动汽车被称为绿色汽车。

(2) 电动汽车可减少噪声污染。

与内燃机汽车的内燃机相比,电动汽车的电动机工作噪声小。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、太阳能等转换而来。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石油日益匮乏的压力。

3. 电动汽车可节约能源

可利用晚间富余的电力对电动汽车用蓄电池充电,从而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,不仅避免了密集的内燃机汽车发动机怠速运行造成的废气污染,还节约了能源。

1.2 电动汽车的发展概况

1.2.1

电动汽车的发展历史

虽然电动汽车比内燃机汽车出现得早,但其发展过程几经起伏,在100多年的发展历程中有过3次发展机遇。

1. 第一次发展机遇

1859年,法国著名物理学家普兰特(Planté)发明了第一块铅酸电池,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比内燃机更成熟，蒸汽机汽车的性能和操控难以让人接受，因此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，英国、美国等先后制造出电动汽车，电动汽车的性能逐渐提高。例如，1890年在美国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兴盛的时期，据资料记载，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38%为电动汽车，40%为蒸汽机汽车，22%为内燃机汽车。1899年，美国电动汽车年产量为1575辆，而当时内燃机汽车年产量只有936辆。1911年，在巴黎和伦敦的街头已经出现运营的电动出租汽车。1912年，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5000辆。

20世纪30年代末，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，而续驶里程太短。在该时期，油田被大量开发，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不断提高，实现了以流水线方式大规模批量生产，内燃机汽车在市场竞争中占据了绝对优势，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，人们又想起了无需消耗石油资源的电动汽车。20世纪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。20世纪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、瑞士和苏联等国家也开始研发和生产电动汽车。但是20世纪70年代末，石油价格开始下降，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，因此电动汽车又受到冷落，电动汽车的发展又走入低谷。

3. 第三次发展机遇

20世纪80年代以来，由于汽车保有量不断增加，内燃机汽车排出的有害气体对人类健康的影响日益突出，而内燃机汽车需要消耗大量有限且不可再生的石油资源。因此，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。

在该时期，世界各大汽车公司纷纷投入人力和资金，除了研究与开发以蓄电池为车载电源的纯电动汽车（Battery Electric Vehicle, BEV），还将混合动力电动汽车（Hybrid Electric Vehicle, HEV）和燃料电池电动汽车（Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV）列为研发的重点。虽然电动汽车还不足以与内燃机汽车抗衡，但在各国政府政策的扶持下，电动汽车的保有量不断增加。

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。