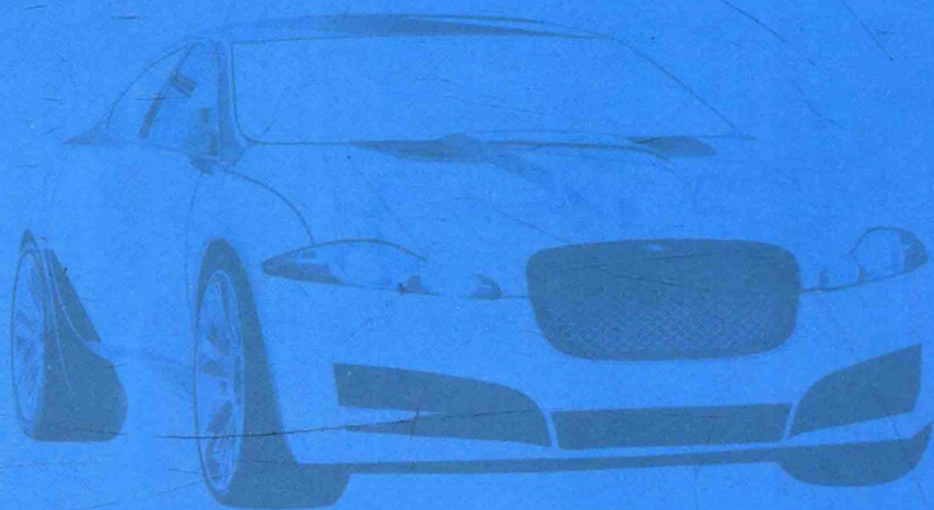


新能源汽车技术 概述实务

◎ 主编 赵振宁 赵宏涛 主审 李春明



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

新能源汽车技术概述实务

本书为《新能源汽车技术概述》配套用书

主 编 赵振宁 赵宏涛
主 审 李春明

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

内 容 简 介

本书为配合《新能源汽车技术概述》教材编写,按原书顺序分为十八章,第一章 新能源汽车基础知识;第二章 储能装置;第三章 功率电子模块;第四章 电动汽车电机;第五章 汽车电机功率电子装置;第六章 电动汽车传动系统;第七章 典型电动汽车;第八章 典型混合动力汽车;第九章 氢燃料电池汽车;第十章 其他新能源汽车;第十一章 蓄电池管理系统(BMS);第十二章 DC/DC 转换器;第十三章 电动助力转向系统;第十四章 电动汽车制动系统;第十五章 电动汽车仪表;第十六章 电动汽车空调系统;第十七章 电动汽车充电;第十八章 电动汽车高压安全技术。

本书可作为高等院校“汽车检测与维修”“新能源汽车技术”等汽车专业教材,也可供从事本专业工作的工程技术人员作入门参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

新能源汽车技术概述实务/赵振宁,赵宏涛主编. —北京:北京理工大学出版社,2016.1
ISBN 978-7-5682-1133-8

I. ①新… II. ①赵… ②赵… III. ①新能源-汽车-教材 IV. ①U469.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第200002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/北京富达印务有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/12

字 数/279千字

版 次/2016年1月第1版 2016年1月第1次印刷

定 价/39.00元

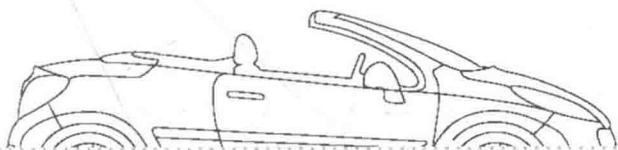
责任编辑/张慧峰

文案编辑/杜春英

责任校对/周瑞红

责任印制/马振武

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

P R E F A C E

“新能源汽车技术概述”是目前汽车专业开设的基础课程，主要讲述电动汽车的相关内容。电动汽车包括纯电动汽车、混合动力电动汽车和燃料电池汽车。电动汽车是集机、电学科领域中最新技术的产品，是国家工业发展水平的标志之一。

纯电动汽车、混合动力电动汽车和燃料电池汽车正在引发一场世界汽车工业的革命。现阶段混合动力电动汽车和纯电动汽车已经正式销售，市场份额也在逐渐增加。而目前从成本角度讲，燃料电池汽车距离市场化还有一段时间。

纯电动汽车是限制性用车，主要用于上下班，并不适用于长途行驶，一次购车成本高，使用成本很低。混合动力汽车是针对城市工况的长距离汽车，对象为私家车和出租车，一次购车成本较高，使用成本一般。

为了配合《新能源汽车技术概述》教学，我们编写了这本考核用教材，主要目的是提高学生的自学和自我考核能力，以及锻炼主动学习的能力。书中的部分内容在现阶段条件下还不能充分实现完整的技术、技能，只能以技术的形式出现，因此本书可以在一定程度上强化教学内容，将学生的思路变得清晰及掌握得更扎实，为以后学习《纯电动汽车构造原理与检修》和《混合动力汽车构造原理与检修》打好基础。

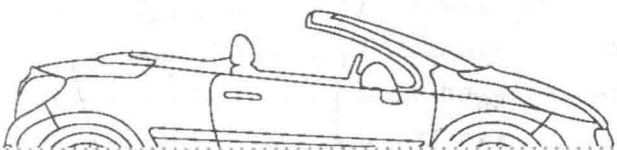
本实务中的非技术性内容给学生留有较大的思考空间，让学生从新能源汽车行业的发展、社会需求、新能源汽车文化等多个角度分析新能源汽车的发展。

由于电动汽车科学技术的飞速发展，导致各车厂电动汽车技术设计差异很大，技术含量不尽相同，加之作者的水平及本书的篇幅所限，难免会有错漏之处，希望读者不吝指正，作者也会尽量把最新最准确的电动汽车技术展现在读者面前。

本书主要由赵振宁编写，赵宏涛编写了第十六、十七、十八章，在此对他的工作深表感谢。

谨将此书献给多年来帮助作者的各界朋友及广大读者。

编者



目 录

C O N T E N T S

第一章 新能源汽车基础知识.....	001
第一节 什么是新能源汽车.....	001
第二节 我国对电动汽车有哪些促进政策.....	003
第三节 国内电动轿车.....	004
第二章 储能装置.....	005
第一节 储能装置的性能.....	005
第二节 铅酸蓄电池.....	009
第三节 镍氢和镍镉电池.....	011
第四节 锂离子电池.....	015
第五节 钠硫电池.....	018
第六节 超级电容.....	019
第七节 飞轮电池.....	021
第八节 储能装置的复合结构形式.....	024
第三章 功率电子模块.....	026
第一节 IGBT 和 IPM 简介.....	026
第二节 IGBT 的栅极驱动和隔离.....	030
第三节 IGBT 和 IPM 保护电路.....	034
第四节 IGBT 的使用和检修.....	038
第四章 电动汽车电动机.....	040
第一节 电动汽车电动机简介.....	040
第二节 电动汽车永磁电动机.....	041
第三节 电动汽车感应电动机.....	048
第五章 汽车电动机功率电子装置.....	052
第一节 逆变器.....	052
第二节 电动机和逆变器冷却系统.....	056
第六章 电动汽车传动系统.....	061
第一节 电动汽车传动系统的组成.....	061
第二节 纯电动汽车传动系统.....	062

第三节 轮毂电动机	064
第七章 典型电动汽车	067
第一节 日产聆风 (Leaf)	067
第二节 一汽奔腾 B50 EV	070
第八章 典型混合动力汽车	072
第一节 混合动力汽车为什么会省油	072
第二节 混合动力汽车分类	073
第三节 微混型混合动力系统	075
第四节 轻混型混合动力系统	075
第五节 比亚迪 F3 双模式	080
第六节 通用 Volt 串联型混合动力汽车	082
第七节 丰田普锐斯混联型混合动力汽车	083
第八节 一汽奔腾 B50 插电式混合动力汽车	089
第九章 氢燃料电池汽车	091
第一节 氢燃料电池汽车概述	091
第二节 燃料电池的分类和发展状况	093
第三节 质子交换膜燃料电池	095
第四节 典型燃料电池汽车系统结构	096
第十章 其他新能源汽车	099
第一节 天然气和储存方式	099
第二节 天然气发动机的结构和工作原理	100
第三节 CNG 发动机日常使用、维护保养与诊断	105
第四节 压缩空气汽车和太阳能汽车	106
第十一章 蓄电池管理系统	108
第一节 电池管理系统 (BMS) 的功能	108
第二节 丰田普锐斯电池管理系统	110
第三节 电池管理系统技术	112
第十二章 DC/DC 转换器	117
第一节 DC/DC 转换器简介	117
第二节 电动汽车辅助子系统	117
第三节 单、双向 DC/DC 转换器的工作原理	118
第十三章 电动助力转向系统	120
第一节 电动助力转向系统简介和分类	120
第二节 奥迪双小齿轮电动助力转向系统	121
第三节 转向装置电控部分	125
第十四章 电动汽车制动系统	130
第一节 电动真空助力制动系统	130
第二节 普锐斯混合动力汽车线控制动系统	133
第三节 电动汽车能量回馈控制原理	143

第十五章	电动汽车仪表·····	145
第一节	燃油汽车仪表和新增仪表标志·····	145
第二节	电动汽车仪表·····	147
第十六章	电动汽车空调系统·····	151
第一节	电动汽车空调的制冷方式·····	151
第二节	空调制热方式和空调压缩机·····	153
第三节	普锐斯空调系统·····	157
第十七章	电动汽车充电·····	163
第一节	电动汽车充电方式·····	163
第二节	充电机功能·····	166
第三节	电动汽车传导式充电接口·····	171
第十八章	电动汽车高压安全技术·····	178
第一节	民用 TN 网络原理和充电安全·····	178
第二节	电动汽车高压安全防护技术·····	179
第三节	电动汽车绝缘电阻监测方法·····	180

第一章

新能源汽车基础知识

第一节 什么是新能源汽车

一、新能源汽车的定义

我国于2009年7月1日正式实施了《新能源汽车生产企业及产品准入管理规则》，明确指出：新能源汽车是指采用_____的车用燃料作为动力来源（或使用常规的车用燃料，但采用_____车载动力装置），综合车辆的_____控制和_____方面的先进技术，形成的技术原理先进、具有新技术和新结构的汽车。

新能源汽车包括_____汽车、_____汽车、_____汽车和_____汽车等。

1. 电动汽车

电动汽车包括_____汽车、_____汽车和_____汽车。

2. 气体燃料汽车

气体燃料汽车包括_____汽车、_____汽车，_____汽车和_____汽车。

“两用燃料”汽车是指具有两套相对_____的供给系统，一套供给_____或_____，另一套供给天然气或液化石油气之外的燃料，两套燃料供给系统可_____但不可_____向气缸供给燃料的汽车，如_____两用燃料汽车等。

“双燃料”汽车是指具有两套燃料供给系统，一套供给天然气或液化石油气，另一套供给天然气或液化石油气之外的燃料，两套燃料供给系统按_____向气缸供给燃料，在气缸_____燃烧的汽车，如_____双燃料汽车等。

两用燃料汽车多用于出租车，目前，双燃料（混合燃料）汽车仍未批量生产。

3. 生物燃料汽车

生物燃料汽车指燃用_____或_____的汽车。与传统汽车相比，其结构上无重大改动，总体排放较低，包括_____汽车和_____汽车等。

4. 氢燃料汽车

氢燃料汽车是以_____作为主要能量驱动的汽车。

氢气内燃机在汽车上的应用方式又分为三种，即纯_____内燃机、_____双燃料内燃机和_____混合燃料内燃机。

另外, 还有利用_____能、_____能等其他能量形式驱动的汽车。显然, 新能源汽车当下全面代替目前的汽车产品还不现实。

新能源汽车的具体化主要表现在以下几方面。

- (1) 油电混合动力汽车包括_____混合动力系统和_____混合动力系统。
- (2) 压缩天然气 (CNG) 和液化天然气 (LNG) 包括_____式和_____式。
- (3) 煤驱动类型包括点燃式_____发动机、_____机 (部分新能源)、压燃式_____ (DME) 发动机、_____制汽油和_____制柴油。
- (4) 生物质能源驱动类型包括_____ (部分新能源)、_____ (部分新能源)。
- (5) 来自于_____、_____、_____、_____、_____能发电充电的电动汽车系统。

上面提到的大多数新能源汽车类型在我国尚处于研发阶段, 批量生产的较少。而_____ (CNG) 和_____ (LNG) 汽车尽管为新能源汽车, 但因其技术较简单, 且主要应用在重型货车上, 所以很少有专业性的介绍。当下批量生产的新能源汽车只有_____ (EV) 和_____ (PHEV), 其中油电混合动力汽车包括_____两种油电混合动力系统。_____汽车 (FCEV) 在中国的发展与日本相比差距较大, 成本较高, 还需要加以改进和完善。

二、新能源汽车发展现状

1. 汽车销售和市场格局

(1) 汽车销售。

2014 年, 新能源汽车生产_____辆、销售_____辆, 比 2013 年分别增长_____倍和_____倍。其中纯电动汽车产、销分别为_____辆和_____辆, 比 2013 年分别增长_____倍和_____倍; 插电式混合动力汽车产、销分别为_____辆和_____辆, 比 2013 年分别增长_____倍和_____倍。预测到 2015 年年底, 新能源汽车的销量至少再翻一番, 将达到_____辆。

(2) 市场格局。

2014 年销售的新能源汽车中, 乘用车占_____% , 客车占_____% , 货车和其他乘用车占_____%。

2. 未来 5 年和 20 年市场前景预测

(1) 5 年前景预测。

据中国市场调研网发布的《_____ (2015—2020 年)》显示, 2014 年产销增长最多的新能源汽车是_____汽车。

(2) 20 年前景预测。

在未来的 20 年内, _____和_____仍是汽车主要的能量来源, 但其质量要求越来越高, 发动机技术将快速发展以提高能量利用率。_____燃料会迅速发展, 并得到广泛应用。混合动力汽车将至少在_____年内都是汽车工业最切实可行的、解决能源问题和污染问题的途径。

三、什么是电动汽车

配置_____，行驶的里程中_____或_____由电动机驱动完成的汽车统称为电动汽车，电动汽车包括_____汽车、_____汽车和_____汽车三种类型。

1. 纯电动汽车

纯电动汽车（Battery Electric Vehicle，简称_____），它是完全由可充电电池（如铅酸电池、镍镉电池、_____电池或_____电池）提供动力源的汽车。铅酸电池能量密度低，污染严重，用铅酸电池的低速电动汽车是_____新能源汽车的，主要是不能满足高速电动汽车（以后称电动汽车）的性能指标，做_____汽车的电源是可以的。

2. 混合动力电动汽车

混合动力电动汽车是指使用电动机和传统内燃机联合驱动的汽车，按动力耦合方式的不同可以分为_____联式、_____联式和_____联式。混合动力汽车又分为_____和_____。

3. 燃料电池电动汽车

燃料电池电动车（FCEV），燃料电池电动汽车是利用_____和_____中的氧在催化剂的作用下在燃料电池中经电化学反应产生的电能驱动的汽车。
其特点主要表现在：燃料电池的能量转换效率高达到_____%，为内燃机的_____倍；燃料电池零排放，不会污染环境。氢燃料来源不依赖石油燃料。

四、电动汽车发展的社会环境

在环境方面，交通_____消耗也是造成局部环境污染和全球温室气体排放的主要原因之一。

五、电动汽车社会效益和环境效益

- (1) _____
- (2) _____
- (3) _____

第二节 我国对电动汽车有哪些促进政策

完成表 1-1 中 2013 年和 2014 年新能源补贴对比（补助标准幅度降低 5%）。

表 1-1 2013 年和 2014 年新能源补贴对比（补助标准幅度降低 5%） km

车辆类型	纯电续驶里程 R（工况）		
	80≤R<150	150≤R<250	R≥250
纯电动乘用车（2013 年）			
纯电动乘用车（2014 年）			

续表

车辆类型	纯电续航里程 R (工况)		
	$80 \leq R < 150$	$150 \leq R < 250$	$R \geq 250$
包括增程式在内的插电式混合动力乘用车 (2013 年)	$R \geq 50$,		
包括增程式在内的插电式混合动力乘用车 (2014 年)	$R \geq 50$,		

在 2013 年 5 月《关于继续开展新能源汽车推广应用工作的通知》中,对_____公交客车没有补助,而只对_____客车和_____客车给予补助。

(1) 车长_____m 的电动客车补助 30 万元,车长_____m 的电动客车补贴 40 万元。

(2) 车长_____m 以上的电动客车补助 50 万元,插电式混合动力车补助 25 万元。

(3) 对_____,_____快充电动客车补助 15 万元。

(4) 对_____和_____补助分别为 20 万元和 50 万元。

(5) 对纯电动专用车 (邮政、物流、环卫等),以蓄电池能量 (每 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 补助_____元) 给予补助,每辆车不超过_____万元。在“通知”中专门列出对纯电动专用车给予补助。

2014 年,新能源汽车补贴标准:按四部委 2013 年 9 月 13 日出台的政策,纯电动乘用车等 2014 年和 2015 年的补助标准将在 2013 年标准的基础上下降_____ % 和_____ %。但新标准调整为:2014 年在 2013 年标准基础上下降 5%,2015 年在 2013 年标准基础上下降_____ %,从 2014 年 1 月 1 日起开始执行。

2014 年 7 月,_____的决定在国务院常务会议上获得通过。

第三节 国内电动轿车

(1) 上网查找,写出 5 种以上较新的混合动力轿车。

(2) 上网查找,写出 5 种以上较新的纯电动轿车。

(3) 上网查找,写出 3 种以上较新的燃料电池轿车。

第二章

储能装置

第一节 储能装置的性能

一、储能装置的类型

电能的储能方式有_____储能、_____储能、_____储能和_____储能。截至目前，汽车使用的储能方式有_____储能和_____储能两种，飞轮储能没有批量生产。完成表 2-1 中各种储能装置的性能比较。

表 2-1 各种储能装置的性能比较

项目	超级电容	铅酸蓄电池	镍镉电池	镍氢电池	锂离子电池	燃料电池
充电时间						
充放电次数						
工作电流						
记忆效应						
自放电（每月）						
比能量/（W·h·kg ⁻¹ ）						
比功率/（W·kg ⁻¹ ）						
安全性						
环境						

储能装置包括_____储能和_____储能两种。

（1）化学储能：包括_____和_____两种，_____电池和_____电池目前还不能实现。

（2）物理储能：包括_____和_____两种，_____储能方式主要用在供电控制部门。

二、蓄电池的性能指标

1. 电压（V）

(1) 什么是电动势？

(2) 什么是开路电压？

(3) 什么是额定电压？

(4) 什么是工作电压（负载电压、放电电压）？

(5) 什么是终止电压？

(6) 填写表 2-2 中不同电池的电动势。

表 2-2 不同电池的电动势

电池	铅酸	镍镉	镍氢	锰钴锂	磷酸亚铁锂	钠硫	全钒液流
电压							

2. 电池容量（A·h）

(1) 什么是理论容量？

(2) 什么是实际容量？

(3) 什么是标称容量（公称容量）？

(4) 什么是额定容量？

(5) 什么是充电状态（SOC）？

3. 能量（W·h 和 kW·h）

(1) 什么是标称能量？

(2) 什么是实际能量？



(3) 什么是比能量 ($W \cdot h/kg$)?

(4) 什么是能量密度 ($W \cdot h/L$)?

4. 功率 (W 、 kW)

(1) 什么是比功率 (W/kg)?

(2) 什么是功率密度 (W/L)?

5. 电池的内阻

6. 循环次数 (次)

7. 使用年限 (年)

8. 放电速率 (放电率)

放电率一般用电池的放电时间或放电电流与额定电流的比例来表示。

(1)

(2)

9. 自放电率

自放电率用什么来表示?

10. 成本

完成表 2-3。

表 2-3 成本

项目	电动机	逆变器	变速箱	电池及控制器	冷却系统	与传统汽车相同的部分
占总成本比例						

三、电动汽车对蓄电池的基本要求

一般混合动力汽车电池要求有较大的_____, 而混合动力汽车所采用的动力电池组则要求有较大的_____, 两种电池在性能方面各有侧重。混合动力汽车对蓄电池的基本要求如下。

1. 比能量

比能量是保证混合动力汽车能够达到基本合理的行驶里程的重要性能, 连续 2 h 放电率

的比能量应不低于_____ $W \cdot h/kg$ 。

2. 充电时间短

蓄电池对充电技术没有特殊要求，能够实现感应充电。蓄电池的正常充电时间应小于_____ h；蓄电池能够适应快速充电的要求，蓄电池快速充电达到额定容量的_____ %的时间为_____ min 左右。

3. 连续放电率高，自放电率低

蓄电池能够适应快速放电的要求，连续 1 h 放电率可以达到额定容量的_____ % 左右。自放电率要低，以利于蓄电池长期存放。

4. 不需要复杂的运行环境

蓄电池能够在_____ 温条件下正常稳定地工作，不受环境温度的影响，不需要_____ 和_____ 热管理系统，能够适应混合动力汽车行驶时_____ 的要求。

5. 安全可靠

蓄电池应干燥、洁净，电解质不会渗漏腐蚀接线柱和外壳；不会引起_____ 或_____；在发生碰撞等事故时，不会对乘员造成伤害。废蓄电池能够进行_____ 处理和_____ 处理，蓄电池中的有害重金属能够进行集中回收处理。电池组可以采用机械装置进行整体快速更换，线路连接方便。

6. 寿命长、免维修、制造成本低

蓄电池的循环寿命不低于_____ 次，在使用寿命期限内，无须维护和修理。

四、电池的近期和中期目标

1. 近期目标

- (1) 阀控铅酸 (VRLA)：技术_____、成本_____、可_____ 充电、比功率_____、比能量_____、潜力_____。
- (2) 镍镉 (Ni - Cd)：技术_____、可实现_____ 充电、比功率_____、成本_____、比能量_____、潜力_____。
- (3) 镍氢 (Ni - MH)：比能量_____、比功率_____、可实现_____ 充电、成本_____、潜力_____。

注：事实上，现在电池的研究几乎全部集中在中期目标上，近期目标基本已全部实现。

2. 中期目标

- (1) 镍锌 (Ni - Zn)：比能量_____、比功率_____、成本_____、循环寿命_____、潜力_____。
- (2) 锌空气 (Zn/Air)：机械式_____、成本_____、非常_____ 的比能量、比功率_____、_____ 接受再生能量、潜力_____。
- (3) 铝空气 (Al/Air)：机械式_____、成本_____、非常_____ 的比能量、非常_____ 的比功率、_____ 接受再生能量、潜力_____。
- (4) 钠硫 (Na/S)：比能量_____、比功率_____、成本_____、有_____ 问

题、需要_____系统、潜力_____。

(5) 钠、氯化镍 (Na/NiCl_2): 比能量_____, 成本_____, 需要_____系统、潜力_____。

(6) 锂 (Li): 非常_____的比能量、_____的比功率、低温性能_____, 潜力_____。

(7) 锂离子 ($\text{Li} - \text{Ion}$): 非常_____的比能量、非常_____的比功率、成本_____, 潜力_____。

第二节 铅酸蓄电池

铅酸蓄电池理论比能量为_____ $\text{W} \cdot \text{h}/\text{kg}$, 实际比能量为_____ $\text{W} \cdot \text{h}/\text{kg}$, 能量密度为_____ $\text{W} \cdot \text{h}/\text{L}$ 。

注: 铅酸蓄电池的低速电动汽车_____新能源汽车, 但作_____汽车的电源还是可以的。

一、铅酸蓄电池的分类及特点

以酸性水溶液为电解质的蓄电池称为_____蓄电池。由于铅酸蓄电池电极是以_____及其_____为材料, 故又称为_____蓄电池。铅酸蓄电池于 1859 年由法国科学家普兰特 (G. Plante) 发明。1881 年法国人发明的电动汽车就是以铅酸蓄电池作为动力的, 铅酸蓄电池广泛用于_____的起动。

1. 铅酸蓄电池的分类

铅酸蓄电池按其工作环境可分为_____式和_____式两大类。固定式铅酸蓄电池的分类如下:

(1) 按电池槽结构, 分为半密封式和_____式, 半密封式又有_____式和_____式两种。

(2) 按排气方式, 密封式铅酸蓄电池可分为_____式和_____式两种。

2. 铅酸蓄电池的特点

铅酸蓄电池的特点是开路电压_____, 放电电压_____, 充电效率_____, 能够在_____下正常工作, 生产技术_____, 价格_____, 规格_____。近 10 年来, 国内外第一代电动汽车广泛采用铅酸电池。

3. 启动铅酸蓄电池和动力铅酸蓄电池

混合动力汽车的牵引用_____铅酸蓄电池 (简称动力铅酸蓄电池) 的性能与启动铅酸蓄电池的性能是不同的。

(1) 启动铅酸蓄电池的特点。

传统汽车的启动铅酸蓄电池的最大特点就是允许_____大电流放电。

(2) 动力铅酸蓄电池的特点。

动力铅酸蓄电池要有较高的_____和_____, 较高的_____次数和使用_____, 以及_____充电性能等。

目前, 已经有很多专业公司研制和开发了多种新型铅酸蓄电池, 使得铅酸蓄电池的性能

有了较大的提高。_____式铅酸蓄电池具有较高的比能量、良好的循环寿命、自动加水及少维护等特点；_____式铅酸蓄电池具有较高的比能量和质量比功率、良好的循环寿命及免维护等特点；_____式铅酸蓄电池具有较高的比功率及免维护等特点；_____式铅酸蓄电池具有较高的峰值功率、浅循环放电及免维护等特点。

二、铅酸蓄电池的构造

铅酸蓄电池的基本单元是_____电池（Battery Cell）。

三、铅酸蓄电池的原理

铅酸蓄电池放电和充电过程是铅酸蓄电池的活性物质进行可逆化学变化的过程，可以用下列化学反应方程式表示：

铅酸蓄电池放电时，化学反应由左向右进行，其相反的过程为充电的化学反应。由于在放电过程中，铅酸蓄电池中 H_2SO_4 的浓度会逐渐_____，因此，可以用密度计来测定 H_2SO_4 的密度，再由其密度确定铅酸蓄电池电解液的放电程度。单体铅酸蓄电池的电压为_____V，在使用或存放一段时间后，电池的电压可能降低到_____V以下，或 H_2SO_4 溶液的浓度下降到_____g/cm³。此时，铅酸蓄电池必须充电，因为如果电压继续下降，铅酸蓄电池将会损坏。

铅酸蓄电池通常采用密封和无锑网隔板等技术措施，并在普通铅酸蓄电池的电解液中加入硅酸胶（_____）之类的凝聚剂，使电解质成为胶状物，形成一种“_____”电解质，采用“胶体”电解质的铅酸蓄电池，使用起来更加方便。

阀控铅酸蓄电池（VRLA）指_____。安装了排气阀的铅酸蓄电池的特点是带有_____，可以使充电时产生的氢气和氧气反应生成水流回电池，因而可以防止充电时产生的氢气和氧气逸散，以控制水的消耗。

阀控铅酸蓄电池与汽车等用的普通铅酸蓄电池相比有两个主要特点：一是_____；二是_____。密封是指基本_____排出。一般情况下，阀控铅酸蓄电池在运行（充放电）过程中是“零排放”，只有在充电后期蓄电池内的气体压力超过_____的开放压力时才有少量氢和氧的混合气体排放，此时可用_____材料滤去排放时带出的少量酸雾。干态是指阀控铅酸蓄电池没有_____的电解液，可以以任何方向放置，不怕颠簸、碰撞，即使外壳破裂也不会_____。车用阀控铅酸蓄电池，如图 2-1 所示。

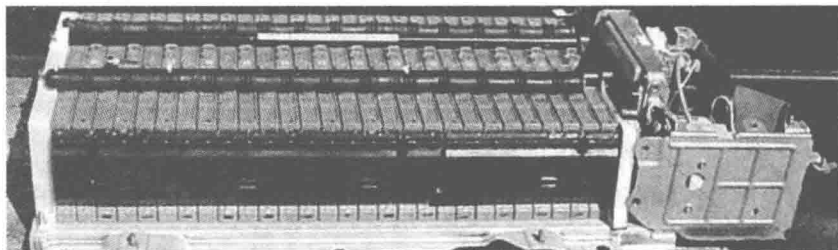


图 2-1 车用阀控铅酸蓄电池