



“十四五”职业教育国家规划教材

职业教育国家在线精品课程配套教材

“互联网+”新形态立体化教材·汽车类专业系列教材

王爱国 总主编



新能源汽车 电器与控制技术

王爱国 李 琤 景 园 主 编

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

新能源汽车电器与控制技术 / 王爱国, 李琰, 景园
主编. -- 北京: 中国科学技术出版社, 2024.3

“互联网+”新形态立体化教材. 汽车类专业系列教材 / 王爱国总主编

ISBN 978-7-5236-0502-8

I. ①新… II. ①王… ②李… ③景… III. ①新能源—汽车—电气设备 ②新能源—汽车—电子控制 IV. ①U469.7

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2024) 第 043181 号

策划编辑 王晓义
责任编辑 付晓鑫
封面设计 唐韵文化
正文设计 梧桐影
责任校对 吕传新
责任印制 徐 飞

出 版 中国科学技术出版社
发 行 中国科学技术出版社有限公司
地 址 北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编 100081
发行电话 010-62173865
传 真 010-62173081
网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>

开 本 889mm × 1194mm 1/16
字 数 490 千字
印 张 17
版 次 2024 年 3 月第 1 版
印 次 2024 年 3 月第 1 次印刷
印 刷 北京荣玉印刷有限公司
书 号 ISBN 978-7-5236-0502-8 / U · 107
定 价 69.80 元

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社销售中心负责调换)

▶▶ 在线课程学习指南

本书配套的是安徽省精品课程《新能源汽车技术》，读者可在学银在线平台进行学习。

一、搜索课程

进入学银在线并登录（若无账号请先注册），搜索“新能源汽车技术”，选择“新能源汽车”课程。



新能源汽车技术（第十一期）

课程层次 高职

简介：[查看简介](#)

学校 [安徽机电职业技术学院](#)

教师团队 [王爱国](#)，[景园](#)，[李琤](#)，[郭顺](#)，……

二、在线学习

选择对应课程后进入课程界面，选择对应期次，单击“加入课程”即可开始学习。



新能源汽车技术（第十一期）

分享：[□](#) [□](#)

主讲教师：[王爱国](#) 教授 / [安徽机电职业技术学院](#)

期次：[第11期](#) ▼

起止日期：2024-02-26至2024-07-31

教学进度：[预报名](#) [进行中](#) [已结束](#)

学时：96学时

课程简介：依据国家专业教学标准（2022年版），本课程是首批国家级学徒制试点专业、省级高职高水平特色专业——汽车制造与试验技术专业的专业核心课程《新能源汽车技术》。本课程由国家级教师教学创新团队负责人王爱国教授牵头，带领省级技术能手、省级教坛新秀等组成的课程团队，与“链主企业、龙头企业”奇...

加入课程

前言

PREFACE

环境污染、石油短缺等是全球汽车产业目前面临的挑战。为了积极应对挑战，发展新能源汽车成为新时代产业的热点。我国工业和信息化部等部委陆续发出多个与新能源汽车相关的文件或配套政策，推动了国内新能源汽车的快速发展及运行。

本书讲解了新能源汽车的发展概况、新能源汽车的关键技术、新能源汽车动力电池的结构原理及故障检修、国内外新能源汽车充电系统的标准及技术要求、新能源汽车充电类型及典型充电故障、新能源汽车常见电机结构及控制原理、电机故障及检修、新能源汽车高压互锁、新能源汽车高压上电、新能源汽车电动助力转向系统工作原理及故障检修、EPB 等新能源汽车安全系统技术、新能源汽车空调和暖风系统工作原理及故障检修、CAN 网等整车控制网络系统技术等相关知识。

党的二十大精神是推进一切工作的行动指南，也是教育与塑造大学生的思想武器。课程思政是贯彻落实党的二十大精神，推进党的二十大精神入脑、入心、入行的有效渠道。把党的二十大精神全面融入课程思政教学，教育引导大学生牢牢把握习近平新时代中国特色社会主义思想的世界观和方法论，牢牢把握以中国式现代化推进中华民族伟大复兴的使命任务，牢牢把握团结奋斗的时代要求，既是党和国家永续发展的政治要求，又是时代新人成长成才的时代要求，更是课程思政教学提质增效的实践要求。因此，本书在编写的过程中，以“工匠精神、技能成才”为主线，落实课程思政要求，教材中系列化设计了工匠榜样——岗位标兵案例、中国汽车故事、解读丰富内涵的图片；技能实操任务注重职业素养评价，力求培养学生爱岗敬业、勇于奉献、吃苦耐劳的精神，帮助学生树立正确的“三观”，培养学生爱党、爱国、爱社会主义、爱人民的品质和精神。

本书由安徽机电职业技术学院和奇瑞汽车股份有限公司等单位联合编写。王爱国、李琤、景园担任主编，李敏、姜能惠、郭顺、邹家鹏、陆邦志担任副主编，参加编写的还有程煜、蔡志军、吴文一、张贤栋、常媛媛。邹家鹏编写项目一，李琤编写项目二，李敏编写项目三，景园编写项目四，王爱国编写项目五，姜能惠编写项目六，程煜编写项目七，郭顺编写项目八，蔡志军编写项目九，奇瑞汽车股份有限公司陆邦志提供实车维修案例，吴文一、张贤栋、常媛媛编写实车检测数据和维修过程。

本书在编写的过程中参考了大量的相关资料，在此向所有参考资料的作者表示感谢，特别感谢奇瑞汽车股份有限公司提供的技术支持。

由于编者水平有限，涉及内容较新，书中存在的不足之处，恳请广大读者和专家批评指正。

编者

2023 年 10 月

目 录

CONTENTS

项目一 新能源汽车的认知	1
任务一 国内外新能源汽车发展	2
任务导入	2
预备知识	2
任务实施	4
任务小结	5
任务二 电动汽车基本结构和工作原理	6
任务导入	6
预备知识	6
任务实施	8
任务小结	9
企业案例与素养园地	9
学习检测	10
项目二 新能源汽车动力电池系统技术	11
任务一 动力电池性能指标及要求	12
任务导入	12
预备知识	12
任务实施	17
任务小结	18
任务二 主流动力电池结构及原理	19
任务导入	19
预备知识	19
任务实施	32
任务小结	34

任务三 电池管理系统原理与检修 (以国赛车型比亚迪秦 EV 为例)	35
任务导入	35
预备知识	35
任务实施	42
任务小结	44
企业案例与素养园地	44
学习检测	45

项目三 新能源汽车电机及控制系统技术 47

任务一 新能源汽车常见驱动电机结构	48
任务导入	48
预备知识	48
任务实施	54
任务小结	59
任务二 新能源汽车驱动电机工作原理	60
任务导入	60
预备知识	60
任务实施	70
任务小结	72
任务三 新能源汽车驱动电机故障及检修 (以国赛车型比亚迪秦 EV 为例)	73
任务导入	73
预备知识	73
任务实施	78
任务小结	81
企业案例与素养园地	81
学习检测	82

项目四 新能源汽车充电系统技术 84

任务一 充电系统的标准和技术要求	85
任务导入	85
预备知识	85
任务实施	91

任务小结	92
任务二 充电的类型和操作使用	93
任务导入	93
预备知识	93
任务实施	98
任务小结	99
任务三 充电桩工作原理及连接方式	100
任务导入	100
预备知识	100
任务实施	109
任务小结	111
任务四 新能源汽车充电系统故障 (以国赛车型比亚迪秦 EV 为例)	112
任务导入	112
预备知识	112
任务实施	120
任务小结	121
企业案例与素养园地	121
学习检测	122

项目五 新能源汽车上电技术 **124**

任务一 新能源汽车上电流程	125
任务导入	125
预备知识	125
任务实施	129
任务小结	130
任务二 新能源汽车上电控制策略	131
任务导入	131
预备知识	131
任务实施	134
任务小结	136
任务三 新能源汽车上电故障检修 (以国赛车型比亚迪秦 EV 为例)	137
任务导入	137
预备知识	137

任务实施	144
任务小结	145
企业案例与素养园地	145
学习检测	146

项目六 新能源汽车电动助力转向系统技术 148

任务一 电动助力转向系统的功能与组件更换	149
任务导入	149
预备知识	149
任务实施	154
任务小结	161
任务二 电动助力转向系统的工作原理	162
任务导入	162
预备知识	162
任务实施	165
任务小结	168
任务三 电动助力转向系统故障检修 (以国赛车型比亚迪秦 EV 为例)	169
任务导入	169
预备知识	169
任务实施	173
任务小结	174
企业案例与素养园地	174
学习检测	175

项目七 新能源汽车安全系统技术 177

任务一 新能源汽车 EPB 技术	178
任务导入	178
预备知识	178
任务实施	183
任务小结	184
任务二 新能源汽车 ABS 技术	185
任务导入	185
预备知识	185

任务实施	192
任务小结	194
任务三 新能源汽车 ESP 技术	195
任务导入	195
预备知识	195
任务实施	201
任务小结	203
任务四 新能源汽车 SRS 技术 (以国赛车型比亚迪秦 EV 为例)	204
任务导入	204
预备知识	204
任务实施	211
任务小结	213
企业案例与素养园地	213
学习检测	214

项目八 新能源汽车暖风和空调系统技术 216

任务一 暖风和空调系统的功能与组件更换	217
任务导入	217
预备知识	217
任务实施	225
任务小结	226
任务二 暖风和空调系统的工作原理	227
任务导入	227
预备知识	227
任务实施	230
任务小结	232
任务三 暖风和空调系统故障检修 (以国赛车型比亚迪秦 EV 为例)	233
任务导入	233
预备知识	233
任务实施	234
任务小结	235
企业案例与素养园地	235
学习检测	236

项目九 新能源汽车整车控制网络系统技术	237
任务一 整车控制系统概述	238
任务导入	238
预备知识	238
任务实施	242
任务小结	243
任务二 车载网络框架结构	244
任务导入	244
预备知识	244
任务实施	247
任务小结	248
任务三 整车控制网络系统故障检修 (以国赛车型比亚迪秦 EV 为例)	249
任务导入	249
预备知识	249
任务实施	257
任务小结	258
企业案例与素养园地	258
学习检测	259
参考文献	260

项目一

新能源汽车的认知

基于能源和环境的长远考虑，越来越多的国家开始重视清洁能源的开发和应用。2014年5月，习近平总书记赴上海考察期间来到上汽集团技术中心。针对发展新能源汽车，他强调，要加大研发力度，认真研究市场，用好用活政策，开发适应各种需求的产品，使之成为一个强劲的增长点。目前电动汽车、混合动力汽车和燃料电池汽车（统称新能源汽车）的研发取得了可喜的进展，电池等关键部件、整车技术路线、系统集成、标准法规和示范应用等研究开发逐渐完善，其技术日趋成熟，新能源汽车的产量、保有量和车型覆盖面迅速增长。



学习目标

知识目标

- 了解各个国家的新能源汽车
- 了解新能源汽车的关键技术
- 了解新能源汽车的基本结构
- 了解新能源汽车的工作原理

能力目标

- 能够说出什么是新能源汽车
- 能够说出新能源汽车关键技术有哪些
- 能够说出新能源汽车工作过程

素质目标

- 具备自主学习专业技能的意识
- 了解专业优势，增加专业自信
- 培养持续学习和不断完善的工匠精神，深刻理解“志合者，不以山海为远”的时代精神

任 务 一

国内外新能源汽车发展

任务导入

近年来,世界主要汽车生产国都把发展新能源汽车作为提高产业竞争能力、保持经济社会可持续发展的重大战略举措。目前国内外新能源汽车的发展情况如何?新能源汽车有哪些关键技术呢?带着这些问题我们一起进入下面的学习吧。

预备知识



一、国内外新能源汽车发展概况

从国际上看,随着技术的不断创新与突破,面对金融危机、油价攀升和日益严峻的节能减排压力,2008年以来,以美国、日本、欧盟为代表的国家和地区相继发布实施了新的电动汽车发展战略。

日本以产业竞争力为第一目标,全面发展混合动力、纯电动、燃料电池三种电动汽车,研发和产业化均走在世界前列。美国以能源安全为首要任务,强调插电式电动汽车发展。欧盟以二氧化碳排放法规为主驱动力,重视发展纯电动驱动汽车。

经多年探索实践,国际汽车产业界达成了电动汽车产业化战略共识。在技术路线上,前期,以纯电动汽车和插电式混合动力汽车为主,提高汽车动力系统电气化程度。中远期(2020年以后),各种纯电动驱动技术将逐步占据主导地位,通过进一步发展纯电动汽车和燃料电池汽车。在车型应用方面,纯电动、混合动力和燃料电池等不同类型的电动汽车技术各自具有最优的交通出行适用范围。对于城市短途出行需求,小型纯电动汽车具有优势;对于长途出行需求,适合采用混合动力汽车、插电式混合动力汽车或者燃料电池汽车。

1. 美国

1834年,世界上第一辆电动汽车在美国诞生。20世纪90年代中期,美国政府制定电动车的“新一代汽车伙伴计划”,集中研究电池驱动的纯电动汽车。但由于纯电动汽车一次充电后续驶里程短,充电时间长,降低电池造价困难,在技术上难以解决废旧电池二次污染、回收困难的问题,商业化进展缓慢。

2002年,美国政府重新提出 Freedom CAR(自由燃料)计划,这一时期美国在氢燃料电池汽车领域取得了一定进展,但燃料电池汽车仍然有一系列技术瓶颈有待突破,产业化进程缓慢。

2009年,美国电动汽车产业链上的各方发起成立了美国电动汽车联盟,成员涵盖雷诺汽车、江森自控等企业。美国电动汽车联盟主要致力于从政策和行动上推动大规模实施电动汽车计划,最终实现美国电动汽车的革命性变化。

2. 日本

以丰田普锐斯为代表的日本混合动力汽车,成为目前较成功的混合动力车型。2010年4月12日,日本经济产业省提出了截至2020年将建设普通充电站200万座、快速充电站5000座的目标。日本从2009年4月1日起实施“绿色税”,它的适用对象包括纯电动汽车、混合动力汽车、清洁柴油汽车、天然气汽车,以及获得认定的低排放且燃油消耗量低的车辆。

3. 法国

标致雪铁龙集团与雷诺汽车公司一直在积极研制电动汽车。1990 年, 标致雪铁龙集团的 J-5 和 C-25 电动货车投入生产, 该集团 1995 年正式将标致 106 和雪铁龙 AX 电动轿车投入生产。

20 世纪 90 年代中期, 法国开始推广电动汽车和天然气汽车。1999 年, 政府要求所有市政部门的电动汽车及天然气汽车必须占市政部门拥有车辆总数的 20% 以上, 以此带动整个社会选择环保车型。21 世纪以来雷诺 - 日产联盟、标致雪铁龙集团与日本三菱汽车公司合作, 相继推出了环保电动汽车。

4. 德国

宝马公司是氢动力发动机车型研究的先行者。2004 年, 宝马公司所研发的 H2R 赛车搭载的 6.0L-V12 氢动力发动机, 最高车速达到了 300 km/h 以上, 破百时间被严格地控制在了 6 s 以内。2023 年, 德国新能源汽车销量为 699 937 辆。

5. 中国

我国高度重视电动汽车技术的发展。“十五”期间, 启动了“863”计划电动汽车重大科技专项, 确立了“三纵三横”(三纵的是混合动力汽车、纯电动汽车、燃料电池汽车; 三横是电池、电机、电控) 的研发布局, 取得了一大批电动汽车技术创新成果。“十一五”以来, 我国提出“节能和新能源汽车”战略, 政府高度关注新能源汽车的研发和产业化。

2006—2007 年, 我国新能源汽车产业取得了重大的发展, 我国自主研发的纯电动、混合动力和燃料电池三类新能源汽车整车产品相继问世; 混合动力和纯电动客车实现了规模示范; 纯电动汽车实现批量出口; 燃料电池轿车的研发进入世界先进行列。时至今日, 我国已经成为全球最大的新能源汽车生产和销售市场。中国消费者协会数据显示, 2022 年中国新能源汽车销量为 688.7 万辆。



二、新能源汽车关键技术

1. 电机技术

目前, 新能源汽车行业为了满足混合动力大规模产业化的需求, 正在开发混合动力发动机 / 电机总成 (发动机 + ISG/BSG) 和机电耦合传动总成 (电机 + 变速器), 使之形成系列化产品和市场竞争力, 为混合动力电动汽车大规模产业化提供技术支撑; 为了满足纯电驱动大规模商业化需求, 正在开发纯电动汽车驱动电机及其传动系统系列, 同步开发配套的发动机发电机组 (APU) 系列, 为实现纯电动汽车大规模商业化提供技术支撑; 为了满足下一代纯电驱动系统, 从新材料 / 新结构 / 自传感电机、IGBT 芯片封装和驱动系统混合集成、新型传动结构等方面着手, 正在开发高效率、高材料利用率、高密度和适应极限环境条件的电力电子、电机与传动技术, 同时探索下一代车用电机驱动及其传动系统解决方案, 满足电动汽车可持续发展需求。

2. 电池技术

新能源汽车行业以车用能量型动力电池为主要发展方向, 兼顾功率型动力电池和超级电容器的发展, 全面提高动力电池输入输出特性、安全性、一致性、耐久性和性价比等综合性能, 并深入动力电池系统集成与热 - 电综合管理技术、动力电池模块化技术、新型锂离子蓄电池等领域, 为电动汽车产业中长期发展进行技术储备。

3. 电控技术

针对混合动力电动汽车, 重点开发混合动力专用发动机先进控制算法、混合动力系统先进实时控制网络协议、多部件间转矩耦合和动态协调控制算法, 满足大规模产业化技术需求。

针对混合动力电动汽车, 重点开发纯电动驱动控制系统、电动化总成控制系统、车载信息系统、智能充电系统等, 满足大规模产业化技术需求。

任务实施



一、任务实施的要求

1. 任务实施的目的

- (1) 能调研国内新能源汽车企业发展情况。
- (2) 掌握国内外新能源汽车的发展概况。
- (3) 能准确指出新能源汽车的关键技术。

2. 实训仪器和设备

录音笔、签字笔等。



二、任务实施的步骤

请通过网络搜集、电话访问、实地走访等方式对国内的新能源汽车企业展开调研，填写好任务工单。



三、任务工单：国内新能源汽车调研

任务名称	国内新能源汽车调研		
中车行 1+X 汽车运用与维修 (含智能新能源汽车) 职业技能等级证书模块	新能源汽车多种能源高新系统技术		
小组成员: _____	班级: _____		
自评: ☐ 合格 ☐ 不合格	师评: ☐ 合格 ☐ 不合格		
日期: _____	日期: _____		
一、制作新能源汽车企业调查问卷			
二、新能源汽车企业信息记录			
企业名称		创立时间	
法人		新能源车型销量	
所在地		传统燃油车型销量	
三、该新能源汽车企业的销冠新能源车型信息记录			
1. 配置型号: 2. 销售价格: 3. 电机参数: 4. 电池参数: 5. 智驾参数: 6. 年销售额:			

续表

四、请阐述该新能源汽车企业采用的高新系统技术			
五、现场整理与评价			
序号	项目及评价标准	占比分数	实际得分
1	小组成员是否明确任务	10	
2	知识准备是否充分	20	
3	小组工作流程是否完整规范	30	
4	实训工单是否认真填写	15	
5	设备归位及场地整理得分	10	
6	小组合作得分	15	
总分			

任务小结

- (1) 国外（美国、日本、法国、德国）新能源汽车的发展概况。
- (2) 国内新能源汽车的发展概况。

任务二

电动汽车基本结构和工作原理

任务导入

新能源汽车是采用非常规的车用燃料作为动力来源或使用常规的车用燃料，但采用新型车载动力装置，具有新技术、新结构的汽车。有哪些类型的新能源汽车？它们是如何进行工作的，都有些什么特点？带着这些问题我们一起进入下面的学习吧。

预备知识



一、纯电动汽车

1. 工作原理

纯电动汽车是一种采用单一蓄电池作为储能动力源的汽车。它利用蓄电池作为储能动力源，通过电池向电机提供电能，驱动电机转起来。

2. 特点

纯电动汽车本身不排放污染大气的有害气体，即使将所耗电量换算为发电厂的排放，污染物也不多。由于电力可以从多种一次能源获得，如核能、水力、风力、光、热等，可解除人们对石油资源日渐枯竭的担心。电动汽车还可以充分利用晚间用电低谷时富余的电力充电，使发电设备能充分利用，大大提高了经济效益。因此，电动汽车的研究和应用成为汽车工业的“热点”。



二、混合动力电动汽车

1. 工作原理

混合动力汽车是指驱动系统由两个或多个能同时运转的单个驱动系统联合组成的车辆，车辆的行驶功率依据实际的车辆行驶状态由单个驱动系统单独或多个驱动系统共同提供。因各个组成部件、布置方式和控制策略不同，混合动力汽车有多种形式。

2. 特点

采用混合动力后可按平均使用的功率来确定内燃机的最大功率，此时处于油耗低、污染少的最优工况下。需要大功率，但内燃机功率不足时，能量由电池来补充；负荷小时，富余的功率可发电给电池充电。由于内燃机可持续工作，电池又可以不断得到充电，故采用混合动力的汽车行程和普通汽车的一样。而且，因为有了电池，可以十分方便地回收制动时、下坡时、怠速时的能量。



三、燃料电池电动汽车

1. 工作原理

一般来说，燃料电池通过电化学反应将化学能转化为电能。电化学反应所需的还原剂一般采用氢气，氧化剂则采用氧气，因此最早开发的燃料电池电动汽车多是直接采用氢燃料。氢气的储存可采用液化氢、压缩氢气或金属氢化物储氢等形式。

2. 特点

燃料电池汽车具有以下优点：零排放或近似零排放；减少了机油泄漏可能带来的污染；减少了温室气体的排放；提高了燃油的经济性；提高了发动机燃烧效率；运行平稳、无噪声。

任务实施



一、任务实施的要求

1. 任务实施的目的

- (1) 能准确指出常见的纯电动汽车具体的结构。
- (2) 能正确阐述常见的纯电动汽车的工作原理。

2. 实训仪器和设备

比亚迪秦 EV 整车、便利贴、签字笔等。



二、任务实施的步骤

请将表 1-2-1 中的部件 / 零件池中的线控转向、线控驱动、线控制动的零部件名称写在便利贴上，并粘贴在对应的整车的零部件上，填写好任务工单。

表 1-2-1 纯电动汽车部件 / 零件池

系统	部件 / 零件池
驱动系统	驱动电机、驱动电机控制器、动力电池、加速踏板
转向系统	转向盘总成、转向器、转向助力电机、转向控制单元
制动系统	制动控制单元、制动执行器、轮速传感器、制动踏板



三、任务工单：纯电动汽车认知

任务名称	纯电动汽车认知		
中车行 1+X 汽车运用与维修 (含智能新能源汽车) 职业技能等级证书模块	新能源汽车动力驱动电机电池技术		
小组成员: _____	班级: _____		
自评: ☐ 合格 ☐ 不合格	师评: ☐ 合格 ☐ 不合格		
日期: _____	日期: _____		
一、车辆信息记录			
车辆品牌		整车型号	
生产日期		电机型号	
车辆识别码		行驶里程	
二、请绘制比亚迪秦 EV 的驱动系统结构位置图			

续表

三、请绘制比亚迪秦 EV 的转向系统结构位置图			
四、请绘制比亚迪秦 EV 的制动系统结构位置图			
五、请绘制比亚迪秦 EV 的工作原理图			
六、现场整理与评价			
序号	项目及评价标准	占比分数	实际得分
1	小组成员是否明确任务	10	
2	知识准备是否充分	20	
3	小组工作流程是否完整规范	30	
4	实训工单是否认真填写	15	
5	设备归位及场地整理得分	10	
6	小组合作得分	15	
总分			

任务小结

(1) 纯电动汽车利用电池作为储能动力源，通过电池向电机提供电能，电能驱动电机转起来，从而推动汽车行驶。

(2) 混合动力汽车是指驱动系统由两个或多个能同时运转的单个驱动系统联合组成的车辆。

(3) 最早开发的燃料电池电动汽车多是直接采用氢燃料，氢气的储存可采用液化氢、压缩氢气或金属氢化物储氢等形式。



企业案例与素养园地



企业案例
新能源汽车环车检查流程（以奇瑞小蚂蚁车型为例）



素养园地
“中国这头睡狮已经醒了”——智能电动汽车今日世界格局



学习检测

一、填空题

1. 日本以产业竞争力为第一目标,全面发展_____、_____和_____三种电动汽车。
2. 美国以能源安全为首要任务,强调_____发展。
3. 欧盟以二氧化碳排放法规为主驱动力,重视发展_____。
4. 纯电动汽车利用_____作为储能动力源,通过电池向电机提供电能,电能驱动电机转起来,从而推动汽车行驶。
5. 燃料电池是通过电化学反应将_____转化为_____。

二、判断题

1. 对于城市短途出行需求,小型纯电动汽车具有优势。()
2. 对长途出行需求,适合采用混合动力汽车、插电式混合动力汽车或者燃料电池汽车。()
3. 纯电动汽车电池造价较高,在技术上难以解决废旧电池二次污染。()
4. 日本从 2009 年 4 月 1 日起实施“绿色税制”,适用对象包括燃油车、纯电动汽车、混合动力汽车等车辆。()
5. 宝马公司是氢动力发动机车型研究的先行者。()
6. “十五”期间,我国政府启动了“863”计划电动汽车重大科技专项,确立了“三纵三横”的研发布局。()
7. 以丰田普锐斯为代表的日本混合动力汽车,成为目前最成功的混合动力车型。()
8. 电动汽车还可以充分利用晚间用电低谷时富余的电力充电,使发电设备能充分利用,大大提高了经济效益。()
9. 时至今日我国已经成为全球最大的新能源汽车生产和销售市场。()
10. 燃料电池汽车增加了温室气体的排放。()

三、选择题

1. 下列国家中,2022 年新能源汽车产销量最高的是()。
A. 中国 B. 美国 C. 日本 D. 德国
2. () 不属于未来电机研发重点。
A. 自传感电机技术 B. IGBT 芯片封装技术
C. 驱动系统混合集成技术 D. 直流电机技术
3. () 不属于驱动系统。
A. 驱动电机 B. 驱动电机控制器 C. 动力电池 D. 转向盘总成
4. 电池技术的性能包括()、耐久性和性价比等综合性能。
A. 安电池输入输出特性 B. 安全性
C. 一致性 D. 以上都对
5. 对于混合动力汽车而言,需要大功率,但内燃机功率不足时,可由电池来补充能量;负荷小时,富余的功率可发电给电池充电,() 可持续工作,电池又可以不断得到充电。
A. 发动机 B. 驱动电机 C. 燃料电池 D. 飞轮电池

四、简答题

1. 新能源汽车的关键技术是什么?
2. 纯电动汽车的特点是什么?

项目二

新能源汽车动力电池系统技术

2020年7月23日下午，习近平总书记来到中国一汽集团研发总院，他强调，“我们发展自己的汽车制造业，像一汽这样的企业要当先锋。一定要把关键核心技术掌握在自己手里，要立这个志向，把民族汽车品牌搞上去。”动力电池是新能源汽车的关键核心技术之一，同时也是新能源汽车发展的瓶颈，新能源汽车的续航里程、充电速度、使用安全等多方面都受到动力电池的影响。本项目主要介绍动力电池的分类、工作原理及相关评价、测试和维修要求，以便后期开展相关维修保养等工作。



学习目标

知识目标

- 了解动力电池的发展现状及趋势
- 掌握动力电池的主要性能指标的含义
- 掌握铅酸蓄电池、镍氢电池、锂离子电池的结构组成和工作原理
- 了解燃料电池、飞轮电池、超级电容器的结构组成和工作原理
- 掌握电池管理系统的功能及基本组成

能力目标

- 能说出动力电池的性能指标对电动汽车的影响和意义
- 能对比分析铅酸蓄电池、镍氢电池、锂离子电池的性能特点
- 能按照工作流程，掌握动力电池的数据采集方法
- 具备动力蓄电池管理模块线路分析的能力
- 能熟练且规范地完成实车 DC-DC 部件的检测与维修

素质目标

- 培养严谨规范的职业素养和精益求精的工匠精神
- 通过学习动力电池新技术，培养爱国情怀和民族自信，深刻理解“国货当自强”的时代精神

任 务 一

动力电池性能指标及要求

任务导入

动力电池的性能好坏决定了电动汽车的性能，描述动力电池的性能指标有哪些？它们对电动汽车的性能有什么影响和意义？带着这些问题我们一起进入下面的学习吧。

预备知识



一、动力电池性能指标

1. 电压

电压分为端电压、开路电压、额定电压、放电电压、充电终止电压和放电终止电压等。

(1) 端电压。电池的端电压是指电池正极与负极之间的电位差。

(2) 开路电压。电池在开路状态下的端电压称为开路电压，即电池在没有负载情况下的端电压。

(3) 额定电压。额定电压是指电池在常温下的典型工作电压，又称标称电压或平台电压，是选用不同种类电池时的参考。它只与电极活性物质的种类有关，而与活性物质的数量无关。

(4) 放电电压。电池的放电电压是指电池接通负载后在放电过程中所显示的电压，又称工作电压。在电池放电初始的工作电压称为初始电压。

(5) 充电终止电压。蓄电池充满电时，极板上的活性物质已达到饱和状态，若继续充电，电池的电压也不会上升，此时的电压称为充电终止电压。

(6) 放电终止电压。放电终止电压是指电池在一定标准所规定的放电条件下放电时，电池的电压将逐渐降低，当电池再不宜继续放电时，电池的最低工作电压。如果电压低于放电终止电压后电池继续放电，那么电池两端电压会迅速下降，形成深度放电。这样，极板上形成的生成物在正常充电时就不易再恢复，从而影响电池的寿命。放电终止电压和放电率有关，放电电流直接影响放电终止电压。在规定的放电终止电压下，放电电流越大，电池的容量越小。

三种主流动力电池的相关电压数据如表 2-1-1 所示。

表 2-1-1 主流动力电池的电压

电池类型（单体）	额定电压 /V	放电电压 /V	充电终止电压 /V	放电终止电压 /V
铅酸蓄电池	2	1.8 ~ 2	2.5	1.6 ~ 1.75
镍氢电池	1.2	1.1 ~ 1.4	1.4 ~ 1.6	1.0
磷酸铁锂电池	3.2	2.75 ~ 3.6	3.7 ~ 4	2 ~ 2.5

2. 容量

电池在一定的放电条件下所能放出的电量称为电池的容量。电池的容量常用单位为 $A \cdot h$ ，它等于放电电流与放电时间的乘积。电池的容量可以分为理论容量、额定容量、实际容量和比容量等。

(1) 理论容量。理论容量是把活性物质的质量按法拉第电磁感应定律计算而得到的最高理论值。它可以根据相关数据精确计算出来。

(2) 额定容量。额定容量也称保证容量，是按国家或有关部门颁布的标准，保证电流在一定的放电条件下应该放出的最低限度的容量。

(3) 实际容量。实际容量是指电池在一定条件下所能输出的电量，它等于放电电流与放电时间的乘积，单位为 $A \cdot h$ ，其值小于理论容量，但通常比额定容量大 $10\% \sim 20\%$ 。实际容量反映了电池实际存储电量的大小，电池容量越大，电动汽车的续驶里程就越远。在使用过程中，电池的实际容量会逐步衰减。国家标准规定新出厂的电池实际容量大于额定容量值为合格电池。

(4) 比容量。单位质量或单位体积的电池所输出的电量，相应地称为质量比容量和体积比容量，单位为 $A \cdot h/kg$ 或 $A \cdot h/L$ 。该指标常用于不同种类电池的性能比较。

(5) 荷电状态 (SOC)。电池在一定放电率下，剩余电量与相同条件下额定容量的比值，称作荷电状态，反映电池容量的变化。SOC 为 1 表示电池充满状态。随着电池的放电，电池的电荷数逐渐减少，此时电池的充电状态，可以用 SOC 的百分数的相对量来表示电池中电荷的变化状态。一般电池放电高效率区为 $(50\% \sim 80\%)$ SOC。

(6) 放电深度 (DOD)。表示蓄电池放电状态的参数等于实际放电容量与额定容量的百分比。放电深度的高低和电池的充电寿命有很大的关系，电池的放电深度越深，其充电寿命就越短，会导致电池的使用寿命变短，因此应尽量避免深度放电。例如容量为 $100 A \cdot h$ 的电池，若放电后容量变为 $30 A \cdot h$ ，则称为 70% DOD。

3. 内阻

电池的内阻是指电流流过电池内部时所受到的阻力。电池内阻越大，电池自身消耗掉的能量就越多，电池的使用效率也越低。由于内阻的存在，电池的工作电压总是小于电池的电动势或开路电压。电池的内阻不是常数，在充放电过程中会随时间不断变化，这是因为电池由活性物质组成，电解液的浓度和温度都在不断地改变，随着电池使用次数的增多，电池的内阻会有不同程度的升高。

4. 能量

电池的能量是指在一定放电机制下，电池所能输出的电能，单位是 $W \cdot h$ 。

(1) 理论能量。理论能量是电池的理论容量与额定电压的乘积，指一定标准所规定的放电条件下，电池所输出的能量。

(2) 实际能量。实际能量是电池实际容量与平均工作电压的乘积，表示在一定条件下电池所能输出的能量。

(3) 比能量。比能量也称质量比能量，是指电池单位质量所能输出的电能，单位是 $W \cdot h/kg$ 。常用比能量来比较不同的电池系统。不同能量源的标准比能量值如表 2-1-2 所示。

表 2-1-2 不同能量源的标准比能量值

能量源	标准比能量 / ($W \cdot h \cdot kg^{-1}$)	能量源	标准比能量 / ($W \cdot h \cdot kg^{-1}$)
汽油	12500	煤	8200
柴油	12000	铅酸电池	35
天然气	9350	镍氢电池	80
乙醇	8300	锂聚合物电池	200

(4) 能量密度。能量密度也称体积比能量,是指电池单位体积所能输出的电能,单位是 $\text{W} \cdot \text{h/L}$ 。

5. 功率

电池的功率是指电池在一定放电机制下,单位时间内所输出能量的大小,单位为 W 。电池的功率决定了电动汽车的加速性能和爬坡能力。

(1) 比功率。单位质量电池所能输出的功率称为比功率,也称质量比功率,单位为 W/kg 。

(2) 功率密度。单位体积电池所能输出的功率称为功率密度,也称体积比功率,单位为 W/L 。

6. 输出效率

动力电池作为能量存储器,充电时把电能转化为化学能储存起来,放电时把电能释放出来。在这个可逆的电化学转换过程中,有一定的能量损耗。通常用电池的容量效率和能量效率来表示。

(1) 容量效率。容量效率是指电池放电时输出的容量与充电时输入的容量之比,即

$$\eta_c = \frac{C_{\text{放}}}{C_{\text{充}}} \times 100\%$$

式中: η_c 为电池的容量效率; $C_{\text{放}}$ 为电池放电时输出的容量; $C_{\text{充}}$ 为电池充电时输入的容量。影响电池容量效率的主要因素是副反应。当电池充电时,有一部分电量消耗在水的分解上。此外,自放电,电极活性物质的脱落、结块、孔率收缩等也会降低容量输出。

(2) 能量效率。能量效率也称电能效率,是指电池放电时输出的能量与充电时输入的能量之比,即

$$\eta_w = \frac{W_{\text{放}}}{W_{\text{充}}} \times 100\%$$

式中: η_w 为电的能量效率; $W_{\text{放}}$ 为电池放电时输出的能量; $W_{\text{充}}$ 为电池充电时输入的能量。影响能量效率的原因是电池存在内阻,它使电池充电电压增加,放电电压下降。内阻的能量损耗以电池发热的形式损耗掉。

7. 自放电率

自放电率是指电池在存放期间容量的下降率,即电池无负荷时自身放电使容量损失的速度。自放电率用单位时间容量降低的百分数表示,其表达式为

$$\eta_{\Delta C} = \frac{C_a - C_b}{C_a \cdot T} \times 100\%$$

式中: C_a 为电池存储前的容量 ($\text{A} \cdot \text{h}$); C_b 为电池存储后的容量 ($\text{A} \cdot \text{h}$); T 为电池存储的时间,常用日、月计算。

电池的自放电率主要由电极材料、制造工艺、储存条件等多方面因素决定,一般情况下,在低温和低湿的条件下,电池的自放电率低,有利于电池的存储。镍氢电池的月自放电率比较大,能达到 30% 左右;锂离子电池的月自放电率较小,大约为 1%。

8. 放电倍率

电池放电电流的大小常用“放电倍率”表示,即电池的放电倍率用放电时间表示或者说以一定的放电电流放完额定容量所需的小时数来表示,由此可见,放电时间越短,即放电倍率越高,则放电电流越大。

放电倍率等于额定容量与放电电流之比。根据放电倍率的大小,可分为低倍率 ($< 0.5C$)、中倍率 ($0.5 \sim 3.5C$)、高倍率 ($3.5 \sim 7.0C$)、超高倍率 ($> 7.0C$)。

例如:某电池的额定容量为 $20\text{A} \cdot \text{h}$,若用 4A 电流放电,则放完 $20\text{A} \cdot \text{h}$ 的额定容量需用 5h ,也

就是说以 5 倍率放电，用符号 $C/5$ 或 $0.2C$ 表示，为低倍率。

9. 循环寿命

电池完全充电一次和放电一次称为一个循环。循环寿命是蓄电池在满足规定条件下所能达到的最大充放电循环次数。在规定循环寿命时必须同时规定充放电循环试验的制度，包括充放电速率、放电深度和环境温度范围等。根据国标 GB/T 31484—2015《电动汽车用动力蓄电池循环寿命要求及试验方法》要求，动力电池的电芯和模组在 500 次完整循环后还能维持不少于初始状态 90% 的容量，在 1000 次充放电循环后，还能维持不少于 80% 的容量，这是市面上对动力电池寿命最基本的要求。一般认为，能量型电池的可用容量衰减到初始容量的 80% 时，即视为寿命终止。目前电动汽车领域的电池循环寿命已经达到 2000 次甚至是 2500 次以上。

10. 动力电池包的额定电压、容量及能量计算

一个动力电池包是由若干个单体电芯通过串、并联组合构成，动力电池包与单体电芯参数之间的关系为：

动力电池包的额定电压 = 单体电芯额定电压 × 单体电芯串联个数，单位为 V，即

$$U_{\text{总}} = U_{\text{单}} \times n_{\text{串}}$$

动力电池包的容量 = 单体电芯容量 × 单体电芯串联个数，单位为 A · h，即

$$C_{\text{总}} = C_{\text{单}} \times m_{\text{并}}$$

动力电池包总能量 = 动力电池包的额定电压 × 动力电池包的容量，单位为 W · h，即

$$W_{\text{总}} = U_{\text{总}} \times C_{\text{总}}$$

动力电池包质量比能量 = 动力电池包总能量 ÷ 动力电池包质量，单位为 (W · h) / kg，即

$$W_{\text{比}} = \frac{W_{\text{总}}}{m}$$



二、电动汽车对动力电池性的要求

电动汽车对动力电池的要求主要有以下几点。

1. 比能量高

为了提高电动汽车的续航里程，要求电动汽车上的动力电池尽可能储存多的能量，但电动汽车又不能太重，其安装电池的空间也有限，这就要求电池具有高的比能量。

2. 比功率大

要使电动汽车在加速行驶、爬坡能力和负载行驶等方面能与燃油汽车相竞争，就要求电池具有高的比功率。

3. 循环寿命长

循环寿命越长，电池在正常使用周期内支撑电动汽车行驶的里程数就越多，有助于降低车辆使用期内的运行成本。

4. 均匀一致性好

对于电动汽车而言，电池组的工作电压大多应达到数百伏，这就要求至少有几十到上百节的电池进行串联。为达到设计容量要求，有时甚至需要更多的单体并联。由于电池组的使用性能会受到性能最差的某些单节电池的制约，因此设计上要求各电池单体在容量、内阻、功率特性和循环特性等方面具有高度的均匀一致性。

5. 高低温性能好、环境适应性强

电动汽车作为一种交通工具，要求电池既能在北方冬天极冷的气温下长期稳定地工作，又能在南方夏天炎热环境中长期稳定地工作。在最恶劣的气候条件下，电池的工作温度可能要从 -40°C 变到 60°C ，甚至 80°C 。因此，要求电池应当具有良好的高低温特性。

6. 安全性好

能够有效避免因泄漏、短路、撞击、颠簸等引起的起火或爆炸等危险事故发生，确保汽车在正常行驶或非正常行驶过程中的安全。

7. 价格低廉

包括材料来源丰富、电池制造成本低，以降低整车价格，提高电动汽车的市场竞争力。

8. 绿色环保

要求电池制作的材料与环境友好、无二次污染，并可再生利用。

任务实施

一、任务实施的要求

1. 任务实施的目的

- (1) 能掌握动力电池的主要性能指标的含义。
- (2) 能说出动力电池的性能指标对电动汽车的影响和意义。

2. 实训仪器和设备

国标 GB/T 31484—2015《电动汽车用动力蓄电池循环寿命要求及试验方法》。

二、任务实施的步骤

《电动汽车用动力蓄电池循环寿命要求及试验方法》(GB/T 31484—2015) 是 2015 年 5 月 15 日实施的一项中国国家标准，归口于全国汽车标准化技术委员会。《电动汽车用动力蓄电池循环寿命要求及试验方法》(GB/T 31484—2015) 规定了电动汽车用动力蓄电池的标准循环寿命的要求、试验方法、检验规则和工况循环寿命的试验方法和检验规则。该标准适用于装载在电动汽车上的动力蓄电池。

我国工业和信息化部（以下简称工信部）颁发的先进动力电池系统规格和等级如表 2-1-3 所示。

表 2-1-3 先进动力电池系统规格和等级

先进动力 电池系统	工作温度：-20 ~ 55℃
	储存和运输温度：-40 ~ 80℃
	比能量≥ 90（W·h）/kg（以电池包总体计）
	最大放电倍率≥ 5C
	最大充电倍率≥ 3C
	循环寿命≥ 2000 次（单体），1200 次（系统）
电池管理 系统	工作温度：-40 ~ 125℃
	SOC 估算精度偏差< 8%
	具备电池状态检测、绝缘检测、电池功率计算、电池热管理、电池故障检测、电池安全保护、OBD、CAN 网络信息交互等功能，并满足国家相关标准要求

三、任务工单：动力电池主要性能指标认知

任务名称	动力电池主要性能指标认知	
中车行 1+X 汽车运用与维修 （含智能新能源汽车） 职业技能等级证书模块	新能源汽车动力驱动电机电池技术	
小组成员：_____	班级：_____	
自评：□合格 □不合格	师评：□合格 □不合格	
日期：_____	日期：_____	

续表

一、车辆信息记录			
车辆品牌		整车型号	
生产日期		电机型号	
车辆识别码		行驶里程	
二、指出动力电池的主要性能指标及含义			
性能指标	含义		
三、动力电池性能指标计算			
任务描述	已知某电池参数为“11.1 V 4000 mA · h”，使用 18650（3.7 V 2000 mA · h）电芯组成，试推断该电池一共用了几节这样的电芯，具体组成方式是怎样的。		
任务解决			
四、现场整理与评价			
序号	项目及评价标准	占比分数	实际得分
1	小组成员是否明确任务	10	
2	知识准备是否充分	20	
3	小组工作流程是否完整规范	30	
4	实训工单是否认真填写	15	
5	设备归位及场地整理得分	10	
6	小组合作得分	15	
总分			

任务小结

（1）新能源汽车动力电池性能指标主要包含电压、容量、内阻、能量、功率、输出效率、自放电率、放电倍率、循环寿命，以及动力电池包的额定电压、容量和能量。

（2）电动汽车对动力电池的要求主要是，比能量高、比功率大、循环寿命长、均匀一致性好、高温性能好且环境适应性强、安全性好、价格低廉和绿色环保。

（3）了解国标 GB/T 31484—2015《电动汽车用动力蓄电池循环寿命要求及试验方法》实施背景和内容。

任务二

主流动力电池结构及原理

任务导入

随着全球能源危机与环境污染的加剧,作为重要影响因素的汽车,电气化方向发展已经成为必然的趋势,续航里程也成为人们对新能源汽车较关注的指标,而影响续航里程的主导因素就是汽车的动力电池。汽车上主流的动力电池有哪些?它们各自的结构组成、工作原理和性能特点是什么?让我们一起进入今天的学习之旅。

预备知识



一、铅酸蓄电池

1. 铅酸蓄电池的结构组成

一般来说,铅酸蓄电池主要由正极板、负极板、隔板、电解液、蓄电池壳和其他零部件组成,如图 2-2-1 所示。

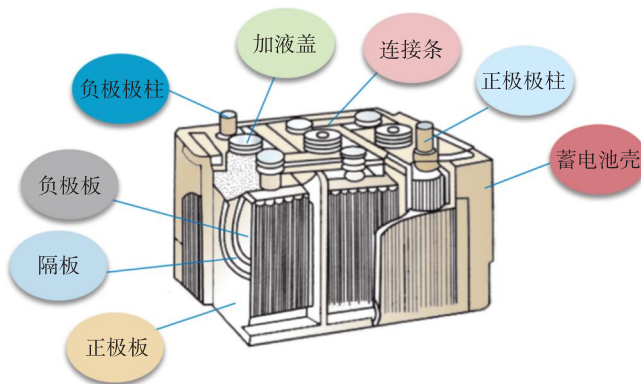


图 2-2-1 铅酸蓄电池的结构

1) 极板

极板由活性物质和起支撑作用的栅架组成,分为正极板和负极板,正极板活性物质为 PbO_2 , 颜色为棕色、棕褐色、棕红色,负极板活性物质为海绵状金属铅 (Pb), 颜色为灰色、浅灰色、深灰色。

栅架是铅酸蓄电池的主要组成部件,有浇铸栅架和拉网栅架两种。浇铸栅架是在重力作用下将加热熔化的铅合金灌入栅架模具中,然后冷却成形,再经过加工而成。拉网栅架是将一定宽度的钢带在冲床上做出规定的长方形孔,经过拉伸成形。栅架常用的材料是铅锑合金、铅钙合金。

2) 隔板

放在蓄电池正、负极板之间,由允许离子穿过的电绝缘材料构成。它能防止正极板和负极板直接接

触而造成短路，通常有 PE 隔板、橡胶隔板、塑料隔板、复合玻璃纤维隔板、AGM 隔板等。

目前电动汽车用铅酸蓄电池循环寿命较短，通过改进电池内部电极材料性能、提高蓄电池的循环使用寿命，是促进电动汽车产业健康快速发展的关键。国内外有许多企图通过对隔板的改性来增加蓄电池的复合效率的研究，例如，在隔板中直接加入聚丙烯短纤维、特种聚酯纤维和一些有机物，这样做虽然增加了隔板的透气性，提高了复合效率，但增加了热失控的概率，其效果并不理想。

3) 电解液

电解液是含有移动离子的液相或固相物质，其有导电作用，并参加成流反应。铅酸蓄电池电解液的密度与它所用的场所有关，相对而言，用于电动汽车动力电池的电解液密度要大一些。电解液密度一般为 1.24 g/cm^3 的浓硫酸和纯净水配制而成。硫酸是强氧化剂，与水有亲和作用，溶于水时放出大量的热量，因此操作人员要戴上护目镜、耐酸手套，穿胶鞋，围好橡皮围裙。配制前要将容器清洗干净，为防酸液溅到皮肤上，要先准备好 5% 氢氧化钠或碳酸钠溶液及清水，当溅上酸液时，可迅速用上述的溶液擦洗，再用清水冲洗。

选择电解液浓度时，还要考虑蓄电池的工作环境温度。在寒冷的温度下，电解液浓度应高一点；在炎热的温度下，电解液浓度可低一点。一般情况下，在 25°C （电解液温度）时密度为 1.28 g/cm^3 ，在其他温度下的密度可按如下公式计算：

$$\rho = D_a - D_t + 0.0007(t - 25)$$

式中， D_a 为 25°C 时的密度； D_t 为实际温度时的密度； t 为测定时电解液的温度。配制时，估算好浓硫酸和水的需要量，先把水倒入容器内，然后将浓硫酸缓缓倒入水中，并不断搅拌溶液。刚配制的溶液温度很高，不可马上注入蓄电池内，要等温度降到 40°C 以下后测量溶液浓度并调整到标准值时，再注入蓄电池内。

4) 蓄电池壳

蓄电池壳是容纳蓄电池群组、电解液而不受电解液腐蚀的容器，一般由硬橡胶或塑料制成。

5) 其他零部件

其他零部件主要是指蓄电池盖、加液盖、连接条、正负极柱等。

2. 铅酸蓄电池的工作原理

1) 铅酸蓄电池电动势的产生

铅酸蓄电池正极板是二氧化铅 (PbO_2)，充电后，在硫酸溶液中水分子的作用下，少量二氧化铅与水生成可离解的不稳定物质——氢氧化铅 $[\text{Pb}(\text{OH})_2]$ ，氢氧根 (OH^-) 离子在溶液中，正二价铅离子 (Pb^{2+}) 留在正极板上，故正极板上缺少电子。

铅酸蓄电池充电后，负极板是铅 (Pb)，与电解液中的硫酸 (H_2SO_4) 发生反应，变成正二价铅离子 (Pb^{2+})，铅离子转移到电解液中，负极板上留下多余的两个电子。可见，在未接通外电路时（电池开路），由于化学作用，正极板上缺少电子，负极板上有多余电子，两极板间就产生了一定的电位差，这就是电池的电动势。

2) 铅酸蓄电池放电过程的电化学反应

铅酸蓄电池放电时，在蓄电池的电位差作用下，负极板上的电子经负载进入正极板形成电流，同时在电池内部进行化学反应。

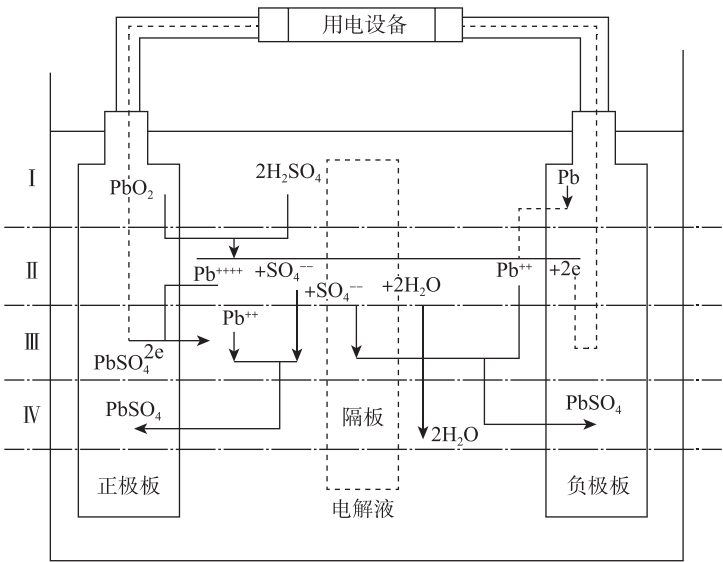
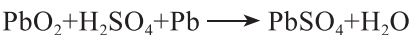
负极板上每个铅原子放出两个电子后，生成的正二价铅离子（ Pb^{2+} ）与电解液中的硫酸根离子（ SO_4^{2-} ）反应，在极板上生成难溶的硫酸铅（ PbSO_4 ）。

正极板的二氧化铅（ PbO_2 ）得到来自负极的两个电子后，铅变成正二价铅离子（ Pb^{2+} ），与电解液中的硫酸根离子（ SO_4^{2-} ）反应，在极板上生成难溶的硫酸铅（ PbSO_4 ）。正极板水解出的氧离子（ O^{2-} ）与电解液中的氢离子（ H^+ ）反应，生成稳定物质水。

电解液中存在的硫酸根离子和氢离子在电场的作用下分别移向电池的正负极，在电池内部形成电流，整个形成回路，蓄电池向外持续放电。

放电时， H_2SO_4 浓度不断下降，正负极板上的硫酸铅（ PbSO_4 ）增加，电池内阻增大（硫酸铅不导电），电解液浓度下降，电池电动势降低。

铅酸蓄电池的放电过程示意图如图 2-2-2 所示，放电化学反应式为



I—充电状态；II—溶解电离；III—接入负载；IV—放电状态。

图 2-2-2 铅酸蓄电池的放电过程示意图

3) 铅酸蓄电池充电过程的电化学反应

充电时，应外接一直流电源（充电器或整流器），使正负极板在放电后生成的物质恢复成原来的活性物质，并把外界的电能转变为化学能储存起来。

在正极板上，在外界电流的作用下，硫酸铅被离解为正二价铅离子（ Pb^{2+} ）和硫酸根离子（ SO_4^{2-} ）。由于外电源不断从正极吸取电子，正极板附近游离的正二价铅离子（ Pb^{2+} ）不断放出两个电子来补充，然后变成正四价铅离子（ Pb^{4+} ），并与水继续反应，最终在正极板上生成二氧化铅（ PbO_2 ）。

在负极板上，在外界电流的作用下，硫酸铅被离解为正二价铅离子（ Pb^{2+} ）和硫酸根离子（ SO_4^{2-} ），由于负极不断从外电源获得电子，负极板附近游离的正二价铅离子（ Pb^{2+} ）被中和为铅（ Pb ），并以绒状铅的形式附在负极板上。

电解液中，正极不断产生游离的氢离子（ H^+ ）和硫酸根离子（ SO_4^{2-} ），负极不断产生硫酸根离子（ SO_4^{2-} ），在电场的作用下，氢离子向负极移动，硫酸根离子向正极移动形成电流。

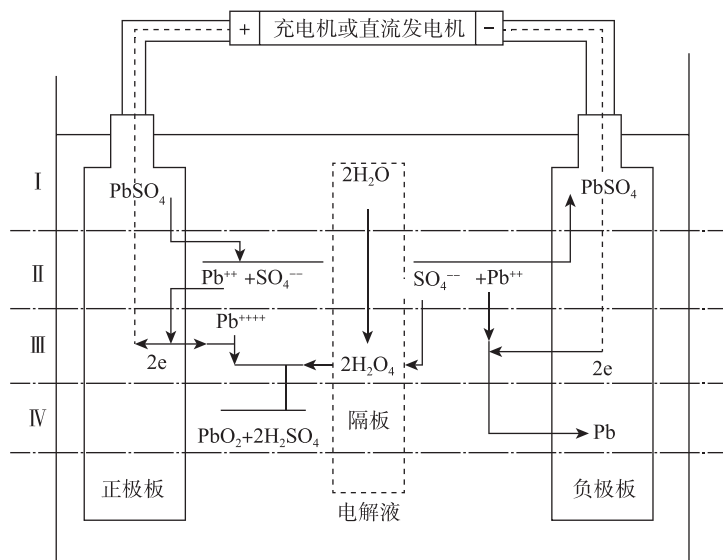
充电后期，在外电流的作用下，溶液中还会发生水的电解反应。

铅酸蓄电池的充电过程示意图如图 2-2-3 所示，充电化学反应式为



4) 铅酸蓄电池充放电后电解液的变化

- (1) 铅酸蓄电池放电时，电解液中的硫酸不断减少，水逐渐增多，溶液密度下降。
- (2) 铅酸蓄电池充电时，电解液中的硫酸不断增多，水逐渐减少，溶液密度上升。
- (3) 实际工作中，可以根据电解液密度的变化来判断铅酸蓄电池的充电程度。



I—放电状态；II—溶解电离；III—通入电流；IV—充电状态。

图 2-2-3 铅酸蓄电池的充电过程示意图

3. 铅酸蓄电池的性能特点

1) 铅酸蓄电池的充放电特性

(1) 充电特性及过充电。

铅酸蓄电池的充电特性是指在恒流充电过程中，蓄电池的端电压、静止电动势和电解液密度随充电时间的变化关系。蓄电池充电終了的主要标志：单体电池的端电压升高到 2.7V 左右而不再升高、电解液密度不再增大、电解液中出现大量气泡，呈现所谓“沸腾”状态。1967 年，美国人马斯经过大量实验提出：在充电的任一时间里，只要充电电流大于电池当时的可接受电流，便会产生大量析气现象，即电池发生了“过充电”。过充电不仅会造成充电效率降低和电解液失水，而且还会造成负极板的损伤，对铅酸蓄电池的工作容量和工作寿命有显著的影响。

(2) 放电特性及过放电。

在电池的大部分放电过程中，电池端电压是稳定下降的，说明电池释放的能量与电池端电压的降低量之间存在一定的关系。但到了放电末期，出现一转折电压，此时电池端电压急剧下降，这是因为电解液中，硫酸的浓度已经很低，电解液扩散到极板的速度不及放电的速度，在电解质不足的情况下，极板的电动势急剧降低，造成电池端电压的下降，至此应停止放电，否则会造成电池的过放电。过放电会导致电池内部大量的硫酸铅被吸附到蓄电池的负极表面，造成电池负极酸盐化。硫酸铅是一种绝缘体，它的形成将对蓄电池的放电性能产生负面影响，因此在负极上形成的硫酸盐越多，蓄电池的内阻也越大，电池的放电性能就越差，从而使蓄电池的寿命缩短。

2) 铅酸蓄电池的优缺点

- (1) 铅酸蓄电池的优点：电压为 2.0V，是常用电池中电压最高的；价格低廉；可制成各种容量、

各种形状的蓄电池；高倍率放电性能良好，可用于引擎启动；高、低温性能良好，可在 $-40 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 条件下工作；易于浮充使用，没有记忆效应；易于识别荷电状态；电能效率高达 60%。

(2) 铅酸蓄电池的缺点：比能量低；使用寿命短，使用成本高；充电时间长；存在铅污染。



二、镍氢电池

1. 镍氢电池的结构组成

1) 镍氢电池的发展历程

镍氢电池是 20 世纪 90 年代发展起来的一种新型电池。它的正极活性物质主要由镍的氢氧化物制成，负极活性物质主要由储氢合金制成，是一种碱性蓄电池。镍氢电池具有高比能量、高比功率、适合大电流放电、可循环充放电、无污染等优点，被誉为“绿色电源”。

目前镍氢电池在电动汽车领域是商用化的主流，包括全球销量最高的丰田普锐斯在内的混合动力汽车都普遍使用了镍氢电池。从产业周期来看，镍氢电池已经进入成熟期，形成了规模化生产，具有价格上的优势。而且，镍氢电池也是目前混合动力汽车所用电池体系中唯一被实际验证并被商业化、规模化生产的动力电池。虽然镍氢电池在技术上取得了很大突破，但仍有不少因素制约其实际应用，包括高温性能、储存性能、循环寿命、电池组管理系统和热管理等。

2) 镍氢电池的结构

镍氢电池可以分为方形和圆形两种类型。镍氢电池主要由正极、负极、极板、隔板、电解液等组成，如图 2-2-4 所示。隔板采用多孔维尼纶无纺布或尼龙无纺布等。为了防止充电过程后期蓄电池内压过高，蓄电池中装有防爆装置。

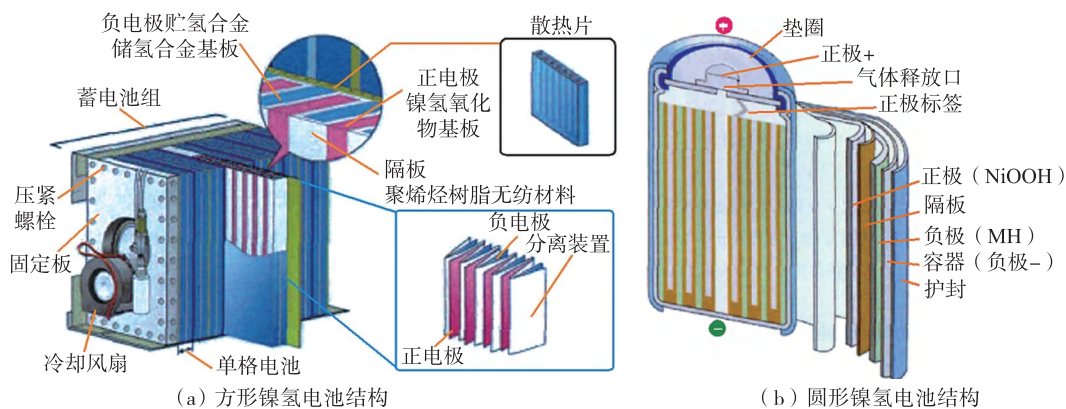


图 2-2-4 镍氢电池结构

3) 镍氢电池的电极材料

(1) 镍氢电池的正极材料。

镍氢电池的正极以质量轻、孔隙率高的泡沫镍作为电极基体，起导电和电极骨架的作用，泡沫镍的使用可增加电池容量。正极的活性物质是平均粒径为 $10 \sim 20 \mu\text{m}$ 的 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 粉末，由于纯 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 的导电性很差，通常在 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 粉末中加入一定量的导电物质，如氧化钴、镍粉、石墨或乙炔黑等来增加活性物质的导电性。粉料混合均匀后加入一定浓度的黏结剂调成膏糊状，然后涂至泡沫镍基体中，再经烘干、压片制成镍电极。

(2) 镍氢电池的负极材料。

镍氢电池负极材料为储氢合金，在充电和放电过程中发生吸氢和放氢反应，涉及电极表面电化学及体相扩散过程。特别是在大电流或高温工作时，储氢电极对镍氢电池的性能有重要影响。

2. 镍氢电池的工作原理

镍氢电池的电解质为 30% 的 KOH 溶液，加入少量的 NaOH 和 LiOH。球状 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 粉末与添加剂、黏合剂制成涂膏，涂在正极板上。正极活性物质为 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ （充电时）和 NiOOH （放电时）。 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 中镍离子的为正二价， NiOOH 中镍离子的为正三价， $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 和 NiOOH 可以互相转化， $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 可以氧化成 NiOOH ， NiOOH 可还原成 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 。电池负极为储氢合金，由能反复吸收和释放出氧原子的合金晶格构成，负极活性物质为 H_2 （放电时）和 H_2O （充电时），镍氢电池充放电过程示意图如图 2-2-5 所示。

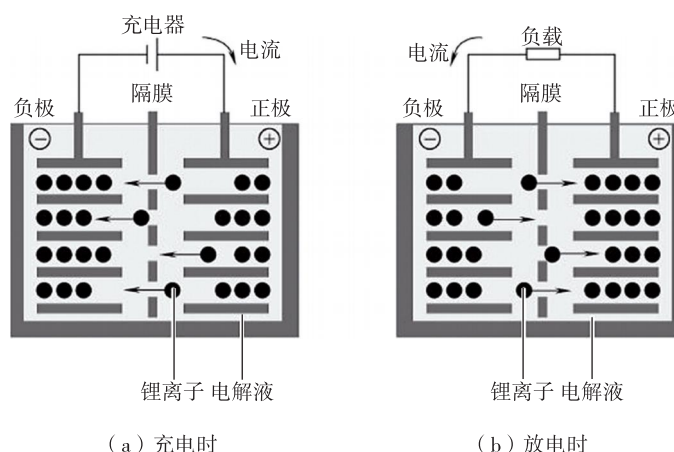
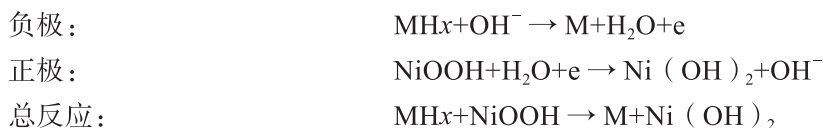
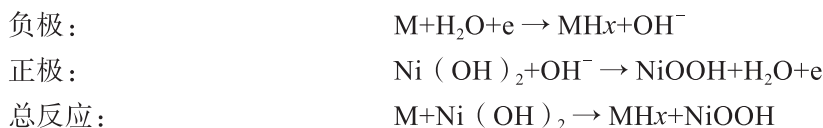


图 2-2-5 镍氢电池充放电过程示意图

电池放电时，在负极发生氧化反应，正极发生还原反应。负极参加反应的活性物质为储氢合金 MHx 释放出的 H 原子，失去电子成为 H^+ ，再和电极附近电解质 OH^- 复合生成 H_2O ；正极的活性物质为 NiOOH ，得到电子还原成 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 。放电时电化学反应式如下。



电池充电时，负极发生还原反应，正极发生氧化反应。负极参加反应的活性物质此时为 H_2O ，得到电子还原成 H_2 和 OH^- ，其中 H_2 和储氢金属合金结合；正极的活性物质为 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ，被氧化成 NiOOH 。充电时的电化学反应式如下。



由充放电的反应式可见，镍氢电池的充放电过程是可逆的，负极发生 H_2 和 H_2O 间的可逆变换，正极发生 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 和 NiOOH 的可逆变换。

电池有时会出现过放电和过充电的情况，镍氢电池有较好的耐过充过放的能力，过放电时，正极活性物质 NiOOH 消耗完了，此时正极的 H_2O 被还原成 H_2 和 OH^- ，但是在负极储氢金属合金的催化作用下，这些 H_2 又扩散到负极和 OH^- 反应生成水。可见，过放电时电池的总反应的净结果为零，保持了电池体系的稳定。过放电的反应式如下。



镍氢电池一般采用负极容量过剩的配置方式。在过充电时,正极活性物质 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 消耗完后继续充电正极会产生 O_2 , 通过隔板扩散在负极上重新化合为水, 既保持了电池内压的恒定, 又使电解液浓度不致发生过大变化。正、负极发生如下反应。

正极: $4\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$

负极: $\text{H}_2 + \text{O}_2 + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$

镍氢电池的正、负极上所发生的反应属于固相转变机制, 不额外生成和消耗电解液, 正、负极都具有较高的稳定性, 因此可以实现密封和免维护。负极容量大于正极容量的设计, 加上储氢金属合金起到储氢和参与电化学反应的双重作用, 使得正极在过充析出的 O_2 和过放析出的 H_2 都能被储氢金属合金负极吸收, 故镍氢电池具有良好的耐过充和过放能力。

3. 镍氢电池的性能特点

1) 镍氢电池的充放电特性、温度特性和自放电

(1) 充电特性。

镍氢电池刚开始充电时, 由于电池内阻产生压降, 电池电压上升较快; 此后, 电池开始接受电荷, 电池电压很缓慢地上升, 此阶段后期, 正极电化学反应产生少量氧气, 但其会扩散到负极被化合, 因此电池内部的温度和气体压力都很低; 在接近充满电时, 电解液中开始产生气泡, 这些气泡聚集在极板表面, 使极板的有效面积减小, 电池内阻抗增加, 电池电压开始较快上升; 若继续充电, 虽然产生的氧气能很快在负极被化合, 但是电池温度升高很快, 使电池电压下降, 因此电压在接近充电终了时出现峰值。

充电特性与充电电流大小有关, 充电电流越大(充电速度越快)、电池充电电压越高, 就能越早地达到充电截止电压, 能充入的电量越少, 充电效率也越低。

(2) 放电特性。

镍氢电池在刚开始放电时, 电压快速下降, 然后缓慢下降, 在接近放电终了时, 放电电压又急剧下降。另外, 放电电流越大, 放电电压越低, 就能越早地到达放电终止电压, 放电时间越短, 能放出的容量越小。

(3) 温度特性。

镍氢电池环境温度越高, 电池电压越低, 则能够充入的容量越小, 即充电效率越低。另外, 在各种环境温度下, 在电池接近充电终了时, 电池电压升高, 当充电容量达到额定容量时, 电池电压达到峰值。随后, 由于电池发热, 电池的电压又降低。

镍氢电池在 $-20 \sim 20^\circ\text{C}$ 范围内放电特性: 温度越高, 放电电压越高。但是温度过高 ($\geq 60^\circ\text{C}$), 又会导致电压急剧降低。

在小电流放电时, 温度对放电容量的影响不大。放电电流越大, 温度对放电容量影响越明显, 尤其是在低温放电时 (0°C 以下), 放电容量下降非常显著。

(4) 自放电。

镍氢电池有一定程度的自放电行为。影响镍氢电池自放电程度的因素很多, 其中储氢合金的组成、使用温度、电池的组装工艺影响较大。储氢合金的吸氢平台压力越高, 氢气越容易从合金中逸出, 自放电越明显; 温度越高, 电池自放电越大; 隔板选择不当, 组装不合理, 随着电池充放电次数增加, 合金粉末出现脱落或形成枝晶等现象, 都会加速电池自放电。

但是, 镍氢电池自放电引起的容量损失是可逆的, 长期储存的电池, 经过 3 ~ 5 次小电流充放电后, 可使电池容量恢复。

2) 镍氢电池的优缺点

(1) 镍氢电池的优点: 比能量达 $50 \sim 70\text{W} \cdot \text{h/kg}$, 比功率达 $150 \sim 300\text{W/kg}$; 使用寿命较长, 循

环充放电达 1000 次左右；耐过充过放电能力较强；绿色环保，无铅、镉等对人体有害金属的污染；使用温度范围宽，可以在 $-23 \sim 55^{\circ}\text{C}$ 下正常工作。

（2）镍氢电池的缺点：自放电损耗较大，月损失 20% ~ 40%；对温度敏感，温度对放电电压和容量有较大影响；目前成本较高，是铅酸蓄电池价格的 5 倍以上；单体电池电压较低，为 1.2V。



三、锂离子电池

1. 锂离子电池的基本资料

1) 锂离子电池发展历程

锂离子电池是 1990 年由日本索尼公司首先推向市场的新型高能蓄电池，是目前世界上新一代的充电电池。与其他蓄电池相比，锂离子电池具有电压高、比能量高、充放电寿命长、无记忆效应、无污染、快速充电、自放电率低、工作温度范围宽和安全可靠等优点，它成为国赛车型比亚迪秦 EV 的动力电池。

2) 锂离子电池的分类

按照锂离子电池外形形状，可以分为方形锂离子电池、圆柱形锂离子电池。

按照锂离子电池正极的材料，汽车用锂离子电池主要分为锰酸锂离子电池、磷酸铁锂离子电池、镍钴锂离子电池和镍钴锰锂离子电池。

3) 锂离子电池的结构

锂离子电池主要由正极、负极、电解质、隔膜板、正极引线、负极引线、中心端子、绝缘板、安全阀、密封圈、PTC 元件（正温度控制端子）和蓄电池壳（或盖板）组成。负极与蓄电池壳接触，并且将负极镍带点焊在蓄电池壳内壁上；隔膜处于正极和负极之间，起隔离作用；正极片被包在内层，正极极耳将正极与蓄电池壳连为一体，正积极耳缠有高温胶纸；电解质分布于极片、隔膜纸及蓄电池内部，电芯底部缠有普通胶纸。

圆柱形锂离子电池结构如图 2-2-6 所示。

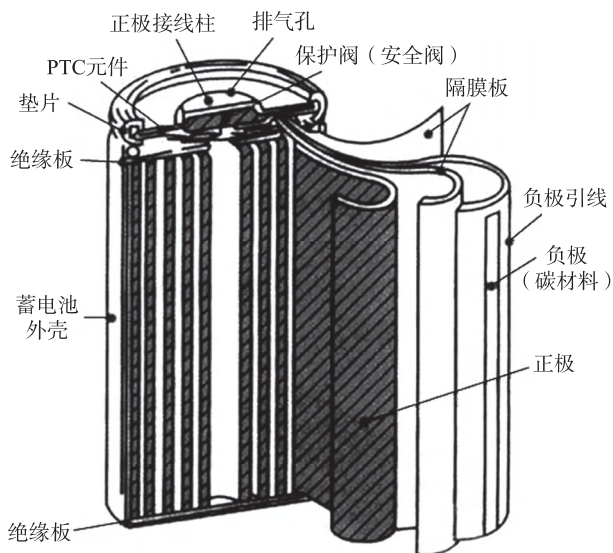


图 2-2-6 圆柱形锂离子电池结构

（1）正极。活性物质一般为锰酸锂或者钴酸锂，现在又出现了镍钴锰酸锂材料，纯的锰酸锂和磷酸铁

锂则由于体积大、性能不好或成本高而逐渐淡出。导电集流体使用厚度 $10 \sim 20 \mu\text{m}$ 的电解铝箔。一般用于正极的材料主要有氧化钴锂 (LiCoO_2)、氧化镍锂 (LiNiO_2)、氧化锰锂 (LiMn_2O_4) 及多元材料等。

(2) 隔膜板：一种经特殊成型的高分子薄膜，薄膜有微孔结构，可以让锂离子自由通过，而电子不能通过。

(3) 负极：活性物质为石墨，或近似石墨结构的碳，导电集流体使用厚度 $7 \sim 15 \mu\text{m}$ 的电解铜箔。一般用于负极的材料主要分成碳材料（石墨、无定形碳）、金属氧化物（ SnO 、 WO_2 、 MoO_2 、 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 等）、过渡金属氮化物 Li-M-N （ M 为 Co 、 Ni 、 Cu 等）、合金类（硅基、锡基）。

(4) 有机电解液：溶解有六氟磷酸锂的碳酸酯类溶剂，聚合物的则使用凝胶状电解液。

(5) 安全阀：为了保证锂离子电池的使用安全性，一般通过对外部电路的控制或者在蓄电池内部设有异常电流切断的安全装置。但在使用过程中也有可能其他原因引起蓄电池内压异常上升，这样，安全阀释放气体，以防止蓄电池破裂。安全阀是一次性非修复式的破裂膜，一旦进入工作状态，就会保护蓄电池使其停止工作，是蓄电池的最后保护手段。

(6) 电池外壳：分为钢壳（现在方形很少使用）、铝壳、镀镍铁壳（圆柱电池使用）、铝塑膜（软包装）等，还有电池的盖帽，也是电池的正负极引出端。

2. 锂离子电池的工作原理

锂离子电池实际上是一个锂离子浓差电池，正负极由两种不同的锂离子嵌入化合物构成。充电时， Li^+ 从正极脱嵌经过电解质嵌入负极，此时负极处于富锂态，正极处于贫锂态；放电时则相反， Li^+ 从负极脱嵌，经过电解质嵌入正极，正极处于富锂态，负极处于贫锂态。锂离子电池的工作电压与构成电极的锂离子嵌入化合物本身及锂离子的浓度有关。因此，在充放电循环时， Li^+ 分别在正负极上发生“嵌入—脱嵌”反应， Li^+ 便在正负极之间来回移动，所以，人们又形象地把锂离子电池称为“摇椅电池”或“摇摆电池”。

充电时，正极发生氧化反应、向外电路释放出电子、向内电路释放出锂离子；负极发生还原反应、从外电路得到电子、从内电路得到锂离子。锂离子是则经过内电路中的电解质和穿过隔膜纸，从正极进入负极。

此时，正极中的锂离子数量逐渐减少。但是，电解质中的锂离子数量没有改变。隔膜纸是电子的绝缘体，离子的透明体。负极吸收电子和锂离子，如图 2-2-7 所示。

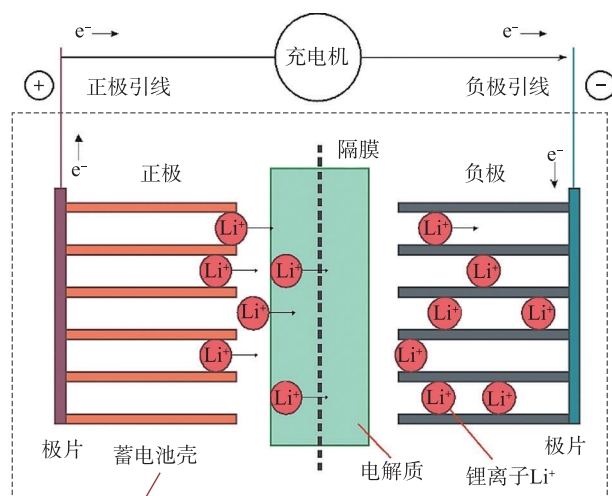


图 2-2-7 锂离子电池充电过程示意图

放电时，正极发生还原反应，从外电路得到电子，从内电路吸取锂离子；负极发生氧化反应、向外电路释放出电子、向内电路释放出锂离子。锂离子则经过内电路中的电解液和穿过隔膜纸，回到正极的

晶体结构。

此时，负极中的锂离子数量逐渐减少，而正极中的锂离子数量逐渐增多，如图 2-2-8 所示。

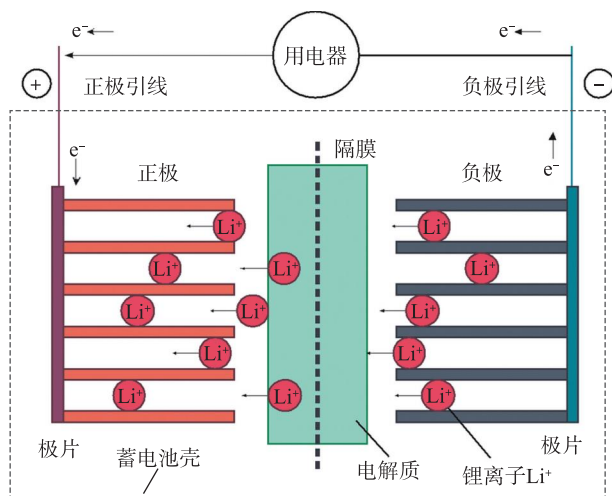


图 2-2-8 锂离子电池放电过程示意图

锂离子电池是在锂蓄电池的基础上发展起来的先进蓄电池，它基本解决了困扰锂蓄电池发展的两个技术难题，即安全性差和循环寿命短的问题。锂离子电池与锂蓄电池在原理上的相同之处是在两种电池中都采用了一种能使锂离子嵌入和脱嵌的金属氧化物或硫化物作为正极，采用一种“有机溶剂-无机盐”体系作为电解质。不同之处是在锂离子电池中采用使锂离子嵌入和脱嵌的碳材料代替纯锂作负极。因此，这种电池的工作原理更加简单，在电池工作过程中，仅仅是锂离子从一个电极“脱嵌”后进入另一个电极“嵌入”的过程。具体来说，当电池充电时锂离子是从正极中脱嵌，在碳负极中嵌入；放电时反之。在充放电过程中没有晶形变化，故具有较好的安全性和较长的循环寿命。

3. 锂离子电池的性能特点

1) 锂离子电池的性能

（1）比能量高。与同等容量的镍镉电池或镍氢电池相比，锂离子电池的质量轻，其体积比能量是这两类电池的 1.5 ~ 2.0 倍。

（2）高电压。锂离子电池使用高电负性的含元素锂的电极，使其端电压高达 3.7 V，这一电压是镍镉电池或镍氢电池电压的 3 倍。

（3）环保型。与铅酸电池拥有大量对人体，环境有害的重金属铅相比，锂离子电池是高环保型的产品。

（4）循环寿命长。循环寿命超过 500 次。

（5）高负载能力。锂离子电池可以大电流连续放电，从而使这种电池可被应用于摄像机、手提电脑等大功率用电器上。

（6）优良的安全性。由于锂离子电池使用优良的负极材料，克服了电池充电过程中锂枝晶的生长问题，使得电池的安全性大大提高。同时锂离子电池采用特殊的可恢复配件，保证了电池在使用过程中的安全性。

2) 锂离子电池的优点

锂离子电池工作电压为 3.6 V，是镍氢和镍镉电池工作电压的 3 倍；锂离子电池比能量已达到 150 W·h/kg，是镍镉电池的 3 倍、镍氢电池的 1.5 倍；锂离子电池循环寿命已达到 1000 次以上，在低放电温度下可达几次，超过了其他几种二次电池；离子电池月自放电率仅为 6% ~ 8%，远低于镍镉电池（25% ~ 30%）和镍氢电池（15% ~ 20%）；可根据要求随时充电，不会降低电池性能；锂离子

电池中不存在有害物质，是名副其实的“绿色电池”；能够制造成任意形状。

3) 锂离子电池的缺点

正极材料 LiCoO_2 的价格高；必须有特殊的保护电路，以防止过充。

 四、燃料电池

1. 燃料电池的基本资料

1) 燃料电池的概念及分类

燃料电池（Fuel Cell，FC）是一种化学电池，它直接把物质发生化学反应时释放出的能量转变为电能，相当于一个发电装置，工作时需要连续地向其供给活性物质——燃料和氧化剂。按照所使用的电解质来分，燃料电池可大致分为 5 类：质子交换膜燃料电池（PEMFC）、碱性燃料电池（AFC）、磷酸燃料电池（PAFC）、熔融碳酸盐燃料电池（MCFC）、固体氧化物燃料电池（SOFC）。这 5 类燃料电池的主要性能比较如表 2-2-1 所示。

表 2-2-1 5 类燃料电池的主要性能比较

燃料电池	电解质	工作温度 /℃	优点	缺点	效率 /%
碱性燃料电池	$\text{KOH}-\text{H}_2\text{O}$	80	启动快 室温常压下工作	需以纯氧作氧化剂 成本高	70
磷酸燃料电池	H_3PO_4	200	对 CO_2 不敏感	对 CO 敏感 工作温度较高 低于峰值功率输出 时性能下降	40
固体氧化物 燃料电池	$\text{ZrO}_2-\text{Y}_2\text{O}_3$	1000	可用空气做氧化剂 可用天然气或甲烷作燃料	工作温度高	>60
熔融碳酸盐 燃料电池	Na_2CO_3	650	可用空气做氧化剂 可用天然气或甲烷作燃料	工作温度高	>60
质子交换膜 燃料电池	含氟质子 交换膜	80 ~ 100	寿命长 可用空气作氧化剂 工作温度低 启动迅速	对 CO 敏感 反应物需要加湿 成本高	>60

目前被广泛应用于电动汽车的燃料电池是质子交换膜燃料电池，也被称为氢燃料电池。它的燃料采用纯氢，以空气中的氧气作为氧化剂，反应过程中不经历热机过程，也不受热力循环的控制，能将化学能直接转化为电能，且能量转换效率高达 60% 以上，是普通内燃机热效率的 2 ~ 3 倍。

其实氢燃料电池早在 20 世纪 60 年代就已经成功地应用于航天领域，当时的“阿波罗”系列飞船上就安装了这种体积小、容量大的装置，使其能多次顺利地往返于太空和地球之间。20 世纪 70 年代以后，随着多种先进的制氢技术不断出现，很快氢燃料电池又被运用于发电和汽车行业。在 2008 年 4 月 3 日波音公司还成功试飞了一架以氢燃料电池为动力源的小型飞机。

2) 氢燃料电池结构

氢燃料电池实际上不是“电池”，而是一个大的发电系统，该系统由燃料供应系统、氧化剂系统、

发电系统、水处理系统、热管理系统、电性能控制系统、安全系统等组成。

(1) 燃料及氧化剂的储存与供给单元。

为使氢燃料电池实现连续稳定地运行发电,必须配置燃料(H_2)及氧化剂(O_2 或空气)的储存与供给单元,以便不间断地向燃料电池提供电化学反应所需的氢和氧。燃料供给部分由高压氢罐及减压阀组成;氧化剂供给部分由储氧器、减压阀或空气泵组成。另外,氢燃料电池的电极用特制多孔性材料制成,这是氢燃料电池的一项关键技术,它不仅要为气体和电解质提供较大接触面,还要对电池的化学反应起催化作用。

(2) 燃料电池组(堆)。

氢燃料电池的单体电池由形成离子导电体的电解质板和其两侧分别配置的燃料电极,以及两侧气体通路构成,气体通路的作用是使空气和氢气在通路中顺利地通过。这样的一组电池也可称为组件,其化学电动势为 $1.0 \sim 1.2 \text{ V}$,负载时的输出端电压为 $0.6 \sim 0.8 \text{ V}$ 。为满足负载的额定工作电压,必须将组件多层串联叠加起来构成具有较高电压的电池组。

由于受到材料(如质子交换膜等)及工艺水平的限制,目前,单体电池的输出电流密度约 $300 \sim 600 \text{ mA/cm}^2$ 。因此,欲提高燃料电池的输出电流能力,只有将若干串联的电池组再并联组成具有较大输出能力的燃料电池堆。

(3) 燃料电池湿度与温度调节单元。

在氢燃料电池运行过程中,随着负载功率的变化,电池组内部的工况也要做相应改变,以保持电池内部电化学反应的正常进行。对氢燃料电池运行影响最大的两个因素是电池内部的湿度与温度,例如,质子交换膜湿度不够时会引起燃料电池内阻的较大增加。因此,在电池系统中需要配置燃料电池湿度与温度调节单元,以便使氢燃料电池在负荷变化时仍工作在最佳工况下。

(4) 功率变换单元。

氢燃料电池所产生的电能为直流电,其输出电压不但受内阻的影响,还随负荷的变化而改变。基于上述原因,为满足大多数负载对交流供电和电压稳定度的要求,在燃料电池系统的输出端需要配置功率变换单元。当负载需要交流供电时,应采用 DC/AC 变换器;当负载要求直流供电时,也需要用 DC/DC 变换器实现燃料电池组输出电能的升压与稳压。

(5) 系统控制单元。

由上述四个功能单元的配置和工作要求可知,氢燃料电池系统是一个涉及电化学、流体力学、热力学、电工学及自动控制等多学科的复杂系统。氢燃料电池系统在运转过程中,需要调节与控制的物理量和参数非常多,难以手动完成。为使氢燃料电池系统长时间安全、稳定地发电,必须配置系统控制单元,以实现燃料电池组与各个功能单元的协调工作。

2. 燃料电池的工作原理

和其他电池一样,燃料电池由正极、负极和电解质组成。氢燃料电池的基本工作原理是将氢气送到燃料电池的阳极板(负极),经过催化剂铂的作用,氢原子中的电子被分离出来,失去电子的氢离子(质子)穿过质子交换膜,到达燃料电池阴极板(正极),与氧原子重新结合为水,如图 2-2-9 所示。

具体反应过程及反应方程式如下。

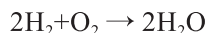
在电池一端,氢气通入阳极,在催化剂作用下,一个氢分子分解为两个氢离子,并释放出两个电子。化学反应式为



在电池另一端,氧气或空气到达阴极,同时,氢离子穿过电解质到达阴极,电子通过外电路到达阴极:



在阴极催化剂的作用下,氧气和氢离子与电子发生反应生成水,总化学反应式为



由于供应给阴极板的氧是从空气中获得的,只要不断地给阳极板供应氢、给阴极板供应空气,并及时把水(蒸汽)带走,就可以不断地提供电能。因此,严格地说,氢燃料电池是一种发电装置,它并不像其他的电池一样可以储能。氢燃料电池反应的基本原理相当于电解水反应的可逆反应。燃料及氧化剂在电池的阴极和阳极上借助催化剂的作用,电离成离子,离子能通过两极间的电解质在电极间迁移,在阴极、阳极间形成电压。

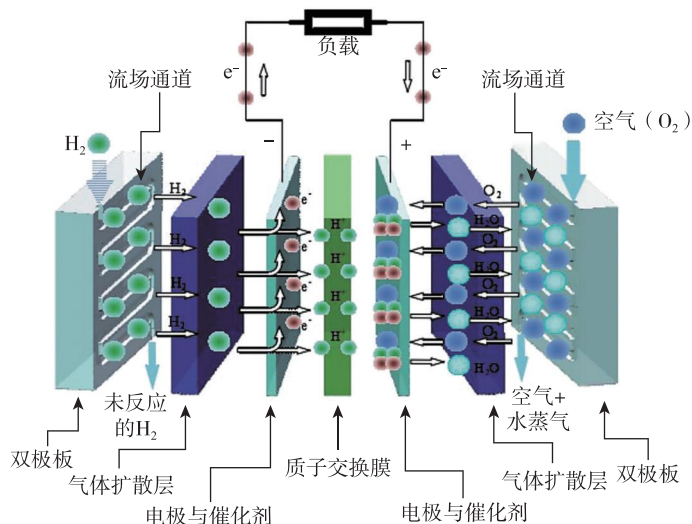


图 2-2-9 氢燃料电池反应原理

3. 燃料电池的性能特点

1) 氢燃料电池的优点

(1) 可实现零排放。氢燃料电池的反应生成物只有水,因此氢燃料电池汽车号称是终极环保汽车,也一直被作为新能源汽车技术路线之一。

(2) 一次加氢续驶里程长。就目前的技术手段而言,加一次氢续驶里程可达到 600 km 以上而且理论上若能源源不断地供给氢,则可以连续不断地提供电能,再也没有续驶里程的困扰。

(3) 加氢时间短。每次加氢所需时间为 3 ~ 5 min,跟汽油车加油的时间基本一样。

(4) 温度性能好。不受温度的限制,有较强的抗低温能力,因此可实现冷启动,启动速度快。

(5) 能量转化效率高。能量转换效率高达 60% 以上,是普通内燃机热效率的 2 ~ 3 倍。

(6) 运行平稳、噪声低。

(7) 可靠性高。电池系统由固定的几个模块构成,没有可移动的部分,不需要润滑,维护维修方便。

(8) 功率特性好。比功率大,且输出功率可随时调整。

2) 氢燃料电池当前存在的问题

(1) 成本高。因为质子交换膜和用作催化剂的铂价格都很昂贵,导致制造成本过高。早期若要制造一个功率为 100 kW 相当于 1.8 L 排量的氢燃料电池汽车,仅氢燃料电池组的成本就接近 100 万元人民币。现阶段根据氢燃料电池车的产量,这一产量下电池成本大约为每千瓦 180 美元,因此制造一个 100 kW 的氢燃料电池组,所需成本约 12.6 万元人民币。再加上储氢罐、动力电池等成本,一套氢能源汽车动力总成的价格就接近 20 万元人民币。

(2) 氢气的来源问题。氢气虽然来源比较广泛,但目前除了通过甲烷转化,获得绿色氢气的主要方式是通过电解水。但在这个生产过程中也存在能量损失和环境的污染问题,而且燃料电池对氢气的纯度要求很高。

(3) 氢气的安全性。目前大多数研发燃料电池的汽车公司都采用高压储氢罐在车上储存氢气,但因为氢气是一种易爆的活性气体,怎样更为安全地运输氢气及在车上保存氢气也是问题。

(4) 配套设施不够完善。氢燃料电池汽车技术门槛高,产业基础薄弱,需要巨额投入,而加氢站等配套设施严重不足,限制了氢燃料电池汽车的产业化。

任务实施



一、任务实施的要求

1. 任务实施的目的

- (1) 能正确认知新能源汽车动力蓄电池部件及组成。
- (2) 能正确查询新能源汽车动力蓄电池参数。

2. 实训仪器和设备

比亚迪秦 EV 整车、新能源汽车高压测量仪、绝缘手套。



二、任务实施的步骤

1. 结构组成

比亚迪秦 EV 动力电池是汽车的动力能源，它为整车驱动和其他用电器提供电能，由动力蓄电池模组、动力输出及控制接口、动力蓄电池采集系统 BIC、采集线束、衔接电阻、高压熔断器、继电器、动力蓄电池冷却管路等组成，如图 2-2-10 所示。

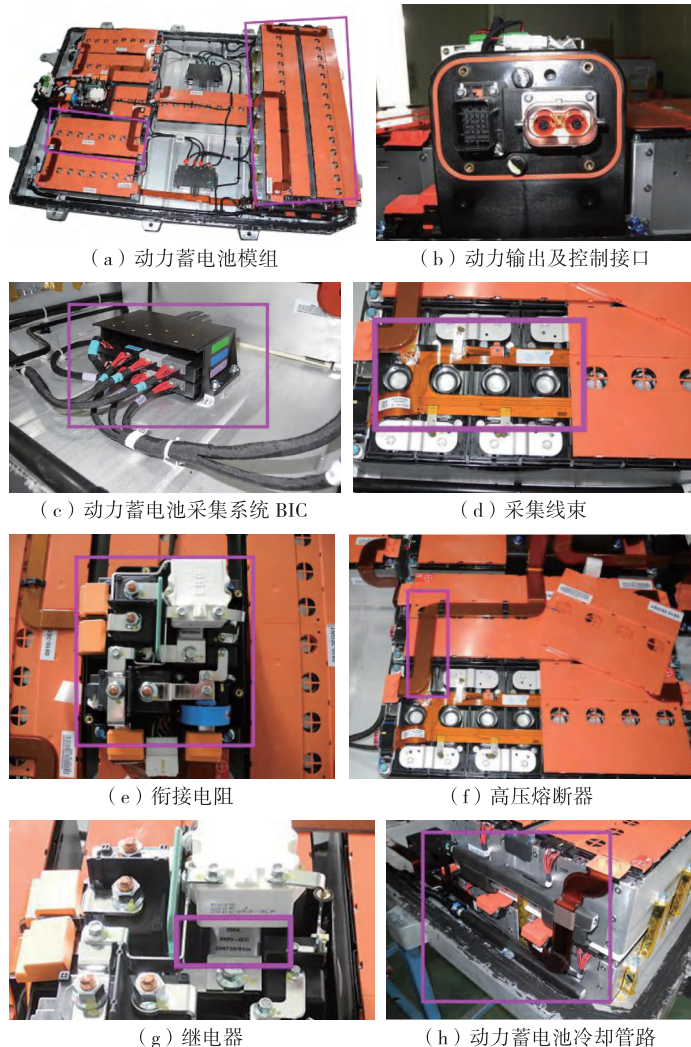


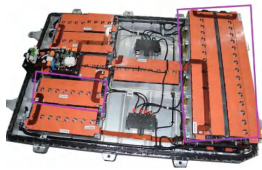
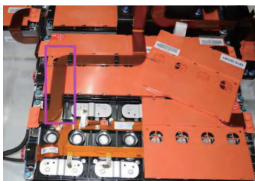
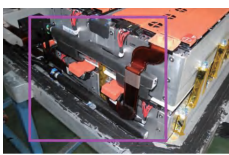
图 2-2-10 比亚迪秦 EV 轿车动力蓄电池组成结构图

2. 基本参数

- (1) 电芯：镍钴锰酸锂。
- (2) 电池容量：130（1C）A•h。
- (3) 模组数量：10（4×16S+6×8S）。
- (4) 电芯数量：112 个。
- (5) 充电截止电压：4.3 V。
- (6) 额定电压：408.8 V。
- (7) 电芯标称电压：3.65 V。
- (8) 放电截止电压：2.8 V。
- (9) 额定功率：53.1 kW。



三、任务工单：新能源汽车动力电池认知（以国赛车型为例）

任务名称		新能源汽车动力电池认知（以国赛车型为例）	
中车行 1+X 汽车运用与维修（含智能新能源汽车） 职业技能等级证书模块		新能源汽车动力驱动电机电池技术	
小组成员：_____		班级：_____	
自评： ☐ 合格 ☐ 不合格		师评： ☐ 合格 ☐ 不合格	
日期：_____		日期：_____	
一、车辆信息记录			
车辆品牌	_____	整车型号	_____
生产日期	_____	电机型号	_____
车辆识别码	_____	行驶里程	_____
二、指出下列图片对应的动力蓄电池的部件名称			
(1) 	_____	(2) 	_____
(3) 	_____	(4) 	_____
(5) 	_____	(6) 	_____
(7) 	_____	(8) 	_____

续表

三、国赛车型动力蓄电池基本参数			
参数	数值	单位	
电芯			
电池容量			
模组数量			
电芯数量			
充电截止电压			
额定电压			
电芯标称电压			
放电截止电压			
额定功率			
四、现场整理与评价			
序号	项目及评价标准	占比分数	实际得分
1	小组成员是否明确任务	10	
2	知识准备是否充分	20	
3	小组工作流程是否完整规范	30	
4	实训工单是否认真填写	15	
5	设备归位及场地整理得分	10	
6	小组合作得分	15	
总分			

任务小结

- (1) 铅酸蓄电池主要由正极板、负极板、隔膜、电解液、电池壳和其他零部件组成。
- (2) 铅酸蓄电池放电时，电解液中的硫酸不断减少，水逐渐增多，溶液密度下降；铅酸蓄电池充电时，电解液中的硫酸不断增多，水逐渐减少，溶液密度上升。
- (3) 镍氢电池主要由正极、负极、极板、隔板、电解液等组成。
- (4) 镍氢电池的充放电过程是可逆的，负极发生 H_2 和 H_2O 间的可逆变换，正极发生 $Ni(OH)_2$ 和 $NiOOH$ 的可逆变换。
- (5) 锂离子电池主要由正极、负极、电解质、隔隔板、正极引线、负极引线、中心端子、绝缘板、安全阀、密封圈，PTC 元件（正温度控制端子）和蓄电池壳（或盖板）组成。
- (6) 锂离子电池充电时， Li^+ 从正极脱嵌经过电解质嵌入负极，此时负极处于富锂态，正极处于贫锂态；放电时则相反， Li^+ 从负极脱嵌，经过电解质嵌入正极，正极处于富锂态，负极处于贫锂态。
- (7) 燃料电池包括质子交换膜燃料电池、碱性燃料电池、磷酸燃料电池、熔融碳酸盐燃料电池、固体氧化物燃料电池五种，其中电动汽车上运用最广泛的是质子交换膜燃料电池。
- (8) 比亚迪秦 EV 动力电池由动力电池模组、单体电池、动力电池管理器（BMS）、BIC 采集系统、串联线、电池采集线、温度传感器、高压熔断器、冷却管路、模组壳体、控制继电器、托盘、密封罩等组成。

任 务 三

电池管理系统原理与检修

(以国赛车型比亚迪秦 EV 为例)

任务导入

动力电池是由数千个单体电池按照一定的连接方式组合起来的，这些电池在使用的过程中行为表现不一定完全一致，电池管理系统就是通过监测这些电池的电压、电流、温度等信息，对它们进行有效管理，从而控制动力电池的充电和放电过程，提高动力电池使用过程中的安全性，延长动力电池的使用寿命。那么，电池管理系统的基本构成、数据采集是怎样的？对动力电池的状态评估、安全保护、能量控制管理、热管理及信息管理是如何实现的？带着这样的问题，我们一起开始本次任务的学习。

预备知识

一、电池管理系统的概念

在使用电动汽车动力电池时，需使电池工作在合理的电压、电流、温度范围内，所以电动汽车上动力电池的使用都需要有效管理。

电池管理系统（Battery Management System，BMS），它可以监控和管理蓄电池，使电池始终保持在最佳工作状态，在保证动力电源系统正常应用的同时，还能最大限度地延长电池寿命。BMS 是连接电池和电动汽车的重要纽带，它能和相关子系统进行电池信息的传输和交互，为系统整体决策提供判断依据，其精准的控制和有效的管理为电池的完美应用保驾护航，又可称为“电池保姆”或“电池管家”。

二、电池管理系统的功能

电池管理系统是电动汽车的核心部件，也是最重要的安全系统，其核心技术在于软件。目前电动汽车的种类很多，应用的领域从微型乘用车到大巴车、物流车等。每一种车的性能参数不一样，对电池管理系统的要求也不一样。BMS 行业内缺乏统一的技术参数及标准，分类方式也不尽相同，但它们都具有电池数据采集、电池状态分析、电池安全保护、能量控制管理、电池热管理、电池信息管理等功能，如图 2-3-1 所示。

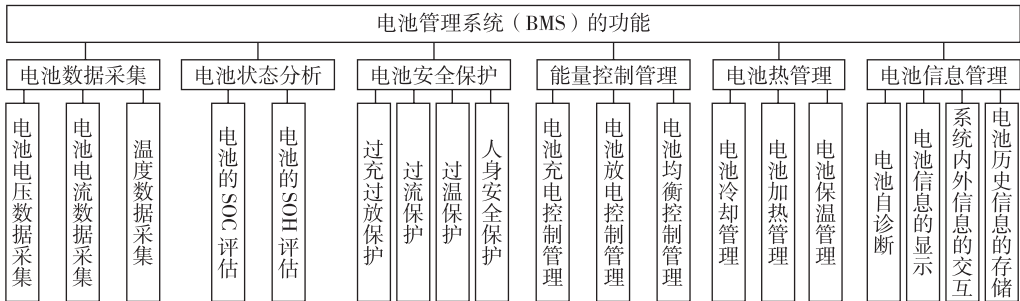


图 2-3-1 电池管理系统的功能

1. 电池数据采集

电池数据采集一般是指对电池电压、电流、温度 3 种物理量数据的采集和监测。其中温度的监测，除了针对电池本身，还应对环境温度、电池箱的温度等进行监测。该功能是一个电池管理系统最基本的功能，是其他各项功能的前提与基础。数据采集和监测相当于给电池做例行的“体检”，并且这种“体检”是在线的、持续不间断的。除了可以监测单体电池的工作状况，如单体电池电压、工作电流、环境温度等，在充放电过程中，还要实时采集电池组中每块电池的端电压、温度、充放电电流及总电压，平衡电池组单体电池间电压，使电池组中各个电池都达到均衡一致的状态，防止电池发生过充电或过放电现象。在监测过程中若发现所采集的数据有异常时，可及时查询对应电池状况，并挑选出有问题的电池做相应处理，从而保持整组电池运行的可靠性和高效性。

2. 电池状态分析

在电池“体检”结束之后，会进入分析、诊断、计算的阶段，之后生成“体检报告”，这个过程就是电池的状态分析。

1) 电池的 SOC (State of Charge) 评估

SOC 即荷电状态，它是用电池的剩余电量占电池额定电量的百分比来表示的，也经常被换算为等效时间或等效里程，电动汽车的驾驶员可以从仪表盘上获得这些直观的信息来决定该车什么时候需要充电。当然，这些都是估算值，带有一定的误差，若估算不准，带来的后果有可能是汽车抛锚、与预期的行驶里程数不符等。例如，一辆续驶里程为 300 km 的电动汽车正在道路上行驶，若 SOC 估算不准确，显示的 SOC 值是 20%，而实际只有 15%，这时可能导致驾驶员估计失误而使车不能到达目的地，带来非常不好的体验。SOC 评估是电池管理系统的一项重要和基本功能，精确地估算 SOC，可保证 SOC 维持在合理的范围内，防止电池过充和过放，并能延长电池的使用寿命，从而提高电池的利用率，大幅提升驾乘体验。

2) 电池的 SOH (State of Health) 评估

SOH 即电池老化状态，它的评估也常用一个百分比来反映，即假设一个电池在新出厂的时候最大容量为 1，那么经过多次循环以后，电池所能装载的最大容量相对于新出厂的时候的百分比，就反映了电池的老化状态。对于电动汽车的动力电池，通常在经过 500 个周期的深充电、深放电循环使用以后，SOH 仍可以达到 80% 以上。SOH 受动力电池使用过程中的工作温度、放电电流的大小等因素的影响，需要在使用过程中不断进行评估和更新，以确保驾驶员获得更准确的信息。

3. 电池安全保护

电池安全保护无疑是电动汽车管理系统首要的、最核心的功能，相当于一个“安全卫士”。它可以避免电池工作在极端的条件下使电池寿命缩短、损坏，甚至发生爆炸、起火等危害人安全的事故。这包括电池的自我保护（过充、过放、过流、过温）和人身安全的保护。简单说，当实际参数高于或低于约定值时，系统将自动作出判断，并采取断开、预充等方式保护电池安全。

1) 过充、过放保护

过充保护指的是在电池的荷电状态为 100% 的情况下，为了防止继续对电池充电造成的损坏而采取切断电池的充电回路的保护措施。另外，在电池的荷电状态是 0 的情况下，若继续对电池进行放电，也会对电池造成损坏，此时应采取措施，切断电池的放电回路，这就是过放保护。众所周知，电池过充、过放会带来局部过热，影响电池寿命不说，严重时还会威胁到电池组的安全，进而引发人身安全事故。这时，BMS 一方面与整车、充电机实现通信，另一方面实时提供电池状态，便于及时发出指令控制，有效防止高空、低放的现象发生。

在实际操作过程中，过充、过放保护有一种简单的实现方式，即设定充、放电的截至保护电压，即如果检测到的电池电压高于或者低于所设定的保护电压值，则及时切断电流回路以保护电池。

2) 过流保护

过流保护指的是在充、放电过程中，如果工作电流超过了安全值，则应该采取相应的安全保护措施。例如，电动汽车一般选用高压熔断器做动力电池系统的过流总保护装置。

动力型的磷酸铁锂电池一般都支持 1C 倍率持续充放电，例如，一个标称 100 A·h 的磷酸铁锂电池，允许持续使用 100 A 的电流对其进行充电或放电。但不同厂家、不同型号的动力电池所支持的过载电流倍率、过载持续时间都是不一样的，例如，某型号的动力电池支持不超过一分钟的 3C 过载电流，这正是电池管理系统的过流保护功能所必须考虑的。

3) 过温保护

过温保护，顾名思义就是当温度超过一定限制值的时候对动力电池采取保护性的措施。动力电池是一种化工产品，在高温下工作可能引起难以控制的化学反应，轻则损伤电池，严重时将会引起交通事故，造成人员伤亡。

过温保护需要考虑环境温度、电池组的温度以及每个单体电池本身的温度。温度的变化需要一个过程，温度控制往往也具有滞后性，因此，温度保护往往要考虑一些“提前量”。例如，如果检测到环境温度或者电池箱温度过高，接近使电池损坏的限定值，则应采取相应的保护措施。或者，某个单体电池的温度突然快速上升，虽然还没有达到安全限定值，但仍应采取一定的安保措施，例如，通过仪表对驾驶员提出警告。

4) 人身安全保护

在人身安全方面，BMS 通过高压控制的手段来保护。电池电压高达 300 ~ 500V，远超人体安全电压 36V，风险隐患极大，必须做好高压控制，最常见的措施就是继电器控制、高压互锁、绝缘监测等。周全的高压防护控制，可有效保护司机、乘客和维护人员的人身安全。

4. 能量控制管理

1) 电池的充电控制管理

电池的充电控制管理是指电池管理系统在电池充电过程中对充电电压、充电电流等参数进行实时的优化控制，优化的目标包括充电时长、充电效率以及充电的饱满程度等。

2) 电池的放电控制管理

电池的放电控制管理是指在电池的放电过程中根据电池的状态对放电电流大小进行控制，可以使动力电池组发挥更大的效能。例如，在动力电池组剩余容量小于 10% 的状态下，如果能适当地限制电池组的最大放电电流大小，尽管会对汽车的最高速度产生影响，但却有利于延长车辆的续驶里程，更为重要的是，有利于延长动力电池组的寿命。

另外，制动能量回收常常也是能量控制管理的重要内容之一。例如，在某些混合动力汽车中，需要通过充放电控制管理把电池的荷电状态维持在 60% ~ 80%，以保证有足够的电荷容量空间来接收来自制动回收的能量。这样做的另外一个考虑就是使电池工作在等效内阻较小的一个区间，从而使充放电的效率更高。

3) 电池的均衡控制管理

电池的均衡控制管理是指采取一定的措施尽可能降低电池不一致性的负面影响，以达到优化电池组

整体放电效能，延长电池组整体寿命的效果。

由于受生产工艺不稳定等“先天”因素或者使用环境不一致等“后天”因素的影响，电池组内的各个单体电池总存在一定程度的不一致性。

正如前面“电池安全保护”部分所提到的那样，电池组中只要有一个电池的电压低于放电的限定值，就要对整个电池组进行保护，但此时电池组内其他电池往往还带有一定量的剩余电荷，因此，对电池进行均衡管理有利于把剩余电荷利用起来，从而提高电池组的放电效能。

就均衡的时机而言，电池的均衡可以分为充电均衡和放电均衡；就均衡的手段而言，可以分为能量耗散型的均衡和能量转移型的均衡。

5. 电池热管理

动力电池是电动汽车的能量来源，在充放电过程中由于电池阻抗的存在，电流通过电池导致电池内部产生热量。另外，由于电池内部的电化学反应也会产生一定的热量，从而导致温度升高，而温度升高会影响电池的很多工作特性参数，如内阻、电压、SOC、可用容量、充放电效率和电池寿命等。例如，同一款电芯，当温度上升 10℃ 时，电芯的循环寿命就会下降近 50%。由此可见，温度对电池的循环寿命有很大的影响。电池热效应问题也会影响到整车的性能和循环寿命，因此，做好电池的热管理对电池的性能、寿命乃至整车行驶里程都十分重要。

因此，为了电池包性能的最优化，需要电池热管理系统确保各电芯工作在一个合理的温度范围内。从宏观上讲，动力电池热管理是对电池系统内部热环境进行制约、调节和利用，其目的是使动力电池工作在一个最佳的热环境中，充分发挥电池的性能，同时，提供一个能量平衡的环境，实现整车能量的综合利用。具体而言，热管理就是在电池系统中温度过高时，对系统进行降温；在温度过低时，对系统进行升温；在特殊情况下，例如停车等待过程中，要对系统进行保温。根据不同应用场合和功能，电池热管理分为冷却系统、加热系统和保温系统。

6. 电池信息管理

由于电动汽车动力电池组中电池的个数往往较多，每秒钟都将产生大量的数据，这些数据，有些需要通过仪表告知驾驶员，有些需要通过通信网络传送到电池管理系统以外的设备（如整车控制器、电机控制器等），也有一些需要作为历史数据被保存到系统中。

1) 电池自诊断

电池管理系统具备自诊断功能，系统上电后首先对电压、温度、通信、时钟、存储器、内部通信等硬件进行自诊断，并上报到监控系统并做必要的显示。

2) 电池信息的显示

电池管理系统通常通过仪表把电池状态信息显示出来，告知驾驶员或汽车维修人员。一般来说，需要显示的信息通常包括以下 3 类。

（1）实时电压、电流、温度信息。由于汽车上的电池个数较多，通常只需要把整个电池组的总电压、总电流、最高电池电压、最低电池电压、最高电池温度、最低电池温度等信息反映在仪表上。

（2）电池剩余电量信息。这好比传统汽车上的油量表，反映电池剩余电量的百分比。为了使驾驶员获得更为直观的感受，通常也会把剩余行驶里程的估算值或剩余可行驶时间显示在仪表上。

（3）报警信息。当电池组存在安全问题或即将发生安全问题的时候，需要及时通过仪表通知驾驶员。此时，往往还需要配合声音报警等其他多种手段来引起驾驶员的注意。

3) 系统内外信息的交互

先进的电动汽车控制，离不开车载信息通信网络。对于电池管理系统而言，往往同时具有“内网”

和“外网”两级网络。其中，内网用于传递电池管理系统的内部信息，例如，在一个分布式电动汽车电池管理系统中，所有的动力电池先被划分为若干个“小组”，各小组由一块电路板进行管理，各小组的电路板通过内网将每个电池的具体信息传至电池管理系统的主电路板。

外网应该是双工双通（支持双向通信）的。一方面，电池管理系统需要将电压、电流、温度等信息发送给其他部件；另一方面，整车控制器也需要将“是否有充电机接入”“是否允许进行充电”等信息发送给电池管理系统。

4) 电池历史信息存储

信息存储从时效上具有两种方式，即“临时存储”与“永久存储”。其中临时存储是利用 RAM 暂时保存电池信息，例如，暂存上一分钟估算所得的剩余电量及在过去一分钟内电流的变化信息，以便估算出此时此刻电池的剩余容量值；永久存储可利用 EPROM、Flash Memory 等来实现，可保存时间跨度较大的历史信息。

进行电池历史信息存储具有以下几个方面的意义。

(1) 数据缓冲，提高分析估算的精度。由于存在干扰，实时监测到的电压、电流的数位存在错误，利用历史数据，有助于对可能存在的错误数据进行滤波，以得到更精确的数据。

(2) 有助于电池状态分析。特别是能根据一段时间内电池的历史数据，对电池的老化状态等进行评估。

(3) 有助于故障分析与排除。电池历史信息存储功能类似于飞机的黑匣子，电动汽车发生故障以后，可以通过对历史数据的分析发现故障原因，有助于故障排除。



三、国赛车型比亚迪秦 EV 电池管理系统

1. 概述

国赛车型比亚迪秦 EV 采用分布式电池管理系统，由 1 个电池管理控制器（BMC）、1 个通信转换模块、4 个级联的电池信息采集器（BIC）及相关采样通讯线束组成。电池管理控制器的主要功能有充放电管理、接触器控制、功率控制、电池异常状态报警和保护、SOC/SOH 计算、自检以及通信功能等；通信转换模块和电池信息采集器的主要功能有电池电压采样、温度采样、电池均衡、采样线异常检测等。

2. 组件位置

电池管理控制器位于前舱大支架下方，位置如图 2-3-2 所示，4 个电池信息采集器分别位于动力电池包内部。

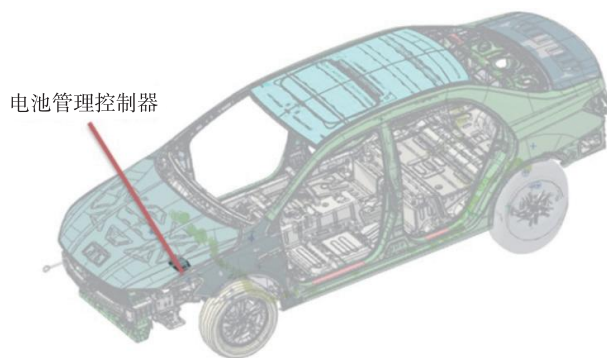


图 2-3-2 国赛车型比亚迪秦 EV 电池管理控制器

3. 动力电池的数据采集

在电池管理系统中，数据采集是对动力电池做出合理有效管理和控制的基础。动力电池的安全性要求较高，对电压敏感，所以必须采集每个单体电池的电压，检测每个单体电池的温度。根据《电动汽车用电池管理系统技术条件》（QC/T 897—2011）以及对电池管理系统在实际应用中的相关需求，制定锂离子电池和电池管理系统的技术要求和参数指标，如表 2-3-1 所示。

表 2-3-1 电池管理系统参数指标

项目	参数
BMS 供电电源	$\pm 12\text{V}$
总电压检测精度	检测范围 $0 \sim 920\text{V}$ ，误差 $\leq +0.5\%\text{FS}$ ，误差典型值 $< \pm 1\text{V}$ ，采样周期 $\leq 100\text{ms}$
单体电压检测精度	检测范围 $0 \sim 4.5\text{V}$ ，误差 $\leq +0.5\%\text{FS}$ ，误差典型值 $\leq \pm 10\text{mV}$ ，采样周期 $\leq 100\text{ms}$
温度检测精度	检测范围 $-40 \sim 75^\circ\text{C}$ ，误差 $\leq \pm 1^\circ\text{C}$ ，采样周期 $\leq 300\text{ms}$ 检测范围 $75 \sim 120^\circ\text{C}$ ，误差 $\leq 2^\circ\text{C}$ ，采样周期 $\leq 300\text{ms}$
电流检测范围	$-500 \sim 500\text{A}$
电流检测精度	检测范围 $-75 \sim 75\text{mA}$ ，误差 $\leq \pm 1.5\%\text{FS}$
SOC 估算精度	$\leq 6\%$ （SOC： $0\% \sim 30\%$ 和 $80\% \sim 100\%$ ）、 $\leq 8\%$ （SOC： $30\% \sim 80\%$ ）；符合《电动汽车用电池管理系统技术条件》（QC/T 897—2011）4.2.4 的要求
均衡电流	最大 8A
BMS 功耗	BMS 功耗 = 主控功耗 + 高压继电器功耗 + 采集模块功耗 + 均衡能量预估
通信接口	1 路内部 CAN，CAN1 支持与内部通信和诊断，按照 CAN2.0 B 标准，符合 SAE1939； 2 路独立外 CAN，CAN2 支持与整车和车载充电机（整车和车载慢充 CAN 默认共同端口 CAN2）； CAN3 支持与非车载充电机独立的 CAN 通信
CAN 匹配电阻	$120\ \Omega$

1) 电压数据采集

单体电池电压采集是动力电池组管理系统中的重要一环，其性能好坏或精度高低决定了系统对电池状态信息判断的准确程度，并进一步影响了后续的控制策略能否有效实施。常用的单体电池电压检测方法有继电器阵列法、恒流源法、隔离运放采集法、压 / 频转换电路采集法 4 种。

2) 电池温度采集

电池的工作温度不仅影响电池的性能，而且直接关系到电动汽车使用的安全问题，因此，准确采集温度参数显得尤为重要。采集温度并不难，关键是如何选择合适的温度传感器。目前，使用的温度传感器很多，如热电偶、热敏电阻、热敏晶体管、集成温度传感器等。

3) 电池工作电流采集

常用的电流检测方式有分流器、互感器、霍尔元件电流传感器和光纤传感器 4 种，各种检测方式的特点如表 2-3-2 所示。其中，分流器成本低、频响应好，但使用麻烦，必须接入电流回路；互感器只能用于交流测量；霍尔元件电流传感器性能好，使用方便；光纤传感器昂贵的价格影响了其在控制领域

应用。目前，在国赛车型比亚迪秦 EV 采用的是霍尔元件电流传感器。

表 2-3-2 各种电流检测方式的特点

项目	分流器	互感器	霍尔元件 电流传感器	光纤传感器
插入损耗	有	无	无	无
布置形式	需插入主电路	开孔、导线传入	开孔、导线传入	—
测量对象	直流、交流、脉冲	交流	直流、交流、脉冲	直流、交流
电气隔离	无隔离	隔离	隔离	隔离
使用方便性	小信号放大 需控制处理	使用较简单	使用简单	—
使用场合	小电流、控制测量	交流测量、电网控制	控制测量	高压测量
价格	较低	低	较高	高
普及程度	普及	普及	较普及	未普及

任务实施



一、任务实施的要求

1. 任务实施的目的

- (1) 能正确使用新能源汽车绝缘测量仪。
- (2) 能正确测量新能源汽车的绝缘电阻阻值。

2. 实训仪器和设备

比亚迪秦 EV 整车、绝缘手套、绝缘测试仪等。



二、任务实施的步骤

检测新能源汽车的绝缘电阻阻值方法如下。

第一步，检查整车是否能正常上电，检查各互锁线连接到位。

第二步，检查绝缘手套的密封性、绝缘性和耐压等级。

第三步，将新能源汽车绝缘测试仪红表笔接到高压输出接口，黑表笔接到接地接口。

第四步，将挡位打到 1000V 橙色电压测试挡，一人戴绝缘手套将红表笔和黑表笔分别接测量部件两端。

第五步，另一人按下绝缘阻值测试按钮，观察仪表右下方，待产生相应测试电压后松开按钮，观察仪表上测试出的绝缘阻值，并将结果填入任务工单中。注意：在进行绝缘阻值测试时候，请勿直接接触待测线路，以防发生人身安全事故。

第六步，待全部测量完毕后，查阅绝缘电阻的相关规定，判断所测绝缘阻值是否合格并将结果填入任务工单中。



三、任务工单：绝缘电阻的测量

任务名称	绝缘电阻的测量		
中车行 1+X 汽车运用与维修 (含智能新能源汽车) 职业技能等级证书模块	新能源汽车动力驱动电机电池技术		
小组成员: _____	班级: _____		
自评: ☐ 合格 ☐ 不合格	师评: ☐ 合格 ☐ 不合格		
日期: _____	日期: _____		
一、车辆信息记录			
车辆品牌		整车型号	
生产日期		电机型号	
车辆识别码		行驶里程	

续表

二、写出新能源汽车绝缘电阻测量的步骤			
步骤	描述		
三、绝缘电阻数值记录			
测量部件		绝缘电阻测量值（MΩ）	是否合格
动力电池正极一地			
动力电池负极一地			
车载充电机输出端正极一地			
车载充电机输出端负极一地			
DC/DC 输入端正极一地			
DC/DC 输入端负极一地			
电动压缩机正极一地			
电动压缩机负极一地			
PTC 正极一地			
PTC 负极一地			
电机控制器输入端正极一地			
电机控制器输入端负极一地			
高压控制盒快充输入正极一地			
高压控制盒快充输入负极一地			
绝缘地垫一地			
四、现场整理与评价			
序号	项目及评价标准	占比分数	实际得分
1	小组成员是否明确任务	10	
2	知识准备是否充分	20	
3	小组工作流程是否完整规范	30	
4	实训工单是否认真填写	15	
5	设备归位及场地整理得分	10	
6	小组合作得分	15	
总分			

任务小结

(1) 电池管理系统(BMS)可以监控和管理蓄电池,使电池始终保持在最佳工作状态,在保证动力电源系统正常应用的同时,还能最大限度地延长电池寿命。

(2) BMS 的基本构成包括硬件系统和软件系统。硬件系统构成包括主板、从板及高压盒,还包括采集电压、电流、温度等数据采集的电子器件;软件系统构成包括监测电池的电压、电流、SOC 值、绝缘电阻值、温度值,通过与VCU、充电机的通信,来控制动力蓄电池系统的充放电。

(3) 单体电池电压检测方法有继电器阵列法、恒流源法、隔离运放和压/频转换电路采集法 4 种。

(4) 电池温度采集主要有热敏电阻采集法、热电偶采集法和集成温度传感器采集法 3 种。



企业案例与素养园地



企业案例

新能源汽车整车认知与维护(以奇瑞小蚂蚁车型为例)



素养园地

“国货当自强”——汽车革命原动力之电池新技术



学习检测

一、填空题

1. 锂离子电池一般由_____、_____和_____构成。
2. 镍氢电池负极材料为_____, 在充电和放电过程中发生_____和_____反应, 涉及电极表面电化学反应及体相扩散过程。
3. 燃料电池是利用_____和空气中的氧气在催化剂的作用下, 发生电化学反应产生电能来驱动汽车, 它实际上不是电池, 而是一台_____。
4. 飞轮电池系统由_____、_____和_____构成。
5. 电池管理系统的基本功能包括电池数据采集、_____, 电池安全保护、_____, 电池热管理、_____。

二、判断题

1. 放电深度 (SOC) 表示蓄电池放电状态的参数, 等于实际放电容量与额定容量的百分比。()
2. SOC = 100% 表示电池处于充满状态。()
3. 镍氢电池具有高比能量、高比功率、适合大电流放电、可循环充放电、无污染等优点, 被誉为“绿色电源”。()
4. 锂离子电池又被称为“摇椅电池”或“摇摆电池”。()
5. 燃料电池属于物理电池。()
6. 电池管理系统是电动汽车的核心部件, 也是最重要的安全系统, 其核心技术在于硬件。()
7. 动力电池的成本占电动汽车成本的 20% 左右。()
8. CAN 通信方式是现阶段电池管理系统通信应用的主流。()
9. 电池从其工作原理上来说可分为物理电池、生物电池和化学电池三大类。()
10. 电池的能量是指在一定放电机制下, 电池所能输出的电能, 单位是 $W \cdot h$ 。()

三、选择题

1. () 不属于铅酸蓄电池的优点。
 - A. 技术成熟, 成本低
 - B. 比功率较大
 - C. 使用温度范围大
 - D. 比能量高
2. () 不属于镍氢电池负极材料要求。
 - A. 合金的储氢容量高
 - B. 有良好的电催化活性
 - C. 充放电效率高
 - D. 电和热的传导性较低
3. () 不属于锂离子电池负极材料。
 - A. 天然石墨
 - B. 人工石墨
 - C. 焦炭
 - D. 硅基
4. 在进行动力电池绝缘电阻测量时, 必须穿戴 ()。
 - A. 安全头盔
 - B. 护目镜
 - C. 绝缘手套
 - D. 绝缘鞋
5. 超级电容器也称为电化学电容器 (也称双电层电容器), 是一种新型储能装置, () 不属于其优点。
 - A. 可以在大电流下快速充放电
 - B. 循环寿命短
 - C. 能提供较大的瞬时充放电功率
 - D. 工作温度范围宽
6. 燃料电池最主要的燃料是 ()。
 - A. 氮气
 - B. 空气
 - C. 氢
 - D. 二氧化碳

7. 表示电池荷电状态（即电池的剩余电量占电池额定电量的百分比）的参数是（ ）。
- A. BMS B. SOC C. SOH D. PEU
8. 电池管理系统通常通过仪表把电池状态信息显示出来，告知驾驶员或汽车维修人员。一般来说，需要显示的信息不包括（ ）。
- A. 实时电压、电流、温度信息 B. 电池剩余电量信息
- C. 报警信息 D. 电池剩余寿命
9. BMS 中主控模块与监测模块之间的数据与控制命令的传输依靠（ ）。
- A. OBC B. PTC C. CAN 总线 D. 车载媒体
10. 锂离子电池充电截止电压为（ ）。
- A. 3.6 V B. 3.7 V C. 4.2 V D. 4.35 V

四、简答题

1. 锂离子电池的特点是什么？
2. 请叙述氢燃料电池的工作原理和优缺点。
3. 电池管理系统的基本功能有哪些？