

免费提供
★★★ 精品教学资料包
服务热线: 400-615-1233
www.huatengzy.com

中等职业教育新能源汽车技术系列教材

书 名	主 编
汽车电路识图	葛昱麟
电动汽车充电桩安装与维护	胡克晓
新能源汽车使用与维护	徐 峰
电动汽车动力系统原理与维修	鲁建秋
新能源汽车充电系统检修	赵玉田 王江兰 胡克晓
新能源汽车电气系统检修	房宏威 胡克晓 祝政杰
新能源汽车整车控制技术	贺天柱 马占立 吴 喆
新能源汽车动力电池系统检修	胡克晓
新能源汽车驱动电机系统检修	贾燕红 冯 帆 胡克晓
新能源汽车销售实务	丁仰阳 刘云霞



ISBN 978-7-5612-8864-1

9 787561 288641 >

定价: 35.00元



新能源汽车动力电池系统检修

主编 胡克晓

西北工业大学出版社

中等职业教育新能源汽车技术系列教材

新能源汽车 动力电池系统检修

主编 胡克晓

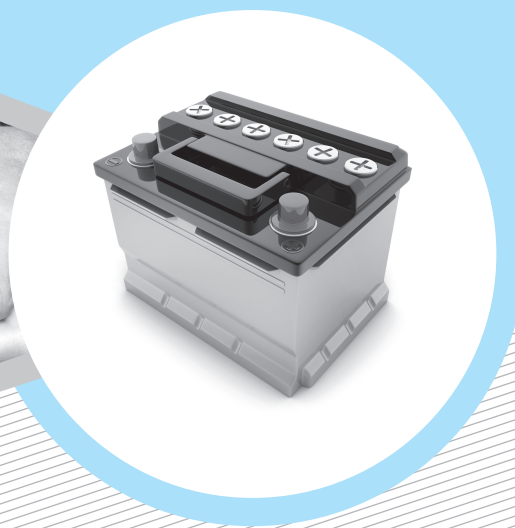


西北工业大学出版社

中等职业教育新能源汽车技术系列教材

新能源汽车 动力电池系统检修

主编 胡克晓



西北工业大学出版社
西安

【内容简介】 本书是采用“基于工作过程”的方法进行开发的,以典型工作任务为载体组织内容,主要包括动力电池的认知、动力电池成组管理、动力电池的维护及检测、动力电池的检修四个项目,每个项目下包含若干学习任务,每个学习任务包括案例导入、知识储备、任务实施、拓展知识、课后练习等五部分,便于读者更好地进行系统化学习。

本书适合于开设了新能源汽车专业的职业院校使用,也可以供新能源汽车技术培训机构使用,还可作为新能源汽车从业人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

新能源汽车动力电池系统检修 / 胡克晓主编. —西安:西北工业大学出版社,2023. 8

ISBN 978-7-5612-8864-1

I. ①新… II. ①胡… III. ①新能源-汽车-蓄电池-检修-中等专业学校-教材 IV. ①U469.720.7

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 154778 号

XINNENGYUAN QICHE DONGLI DIANCHI XITONG JIANXIU

新能源汽车动力电池系统检修

胡克晓 主编

责任编辑:李杰

装帧设计:黄燕美

责任校对:王瑞霞

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号

邮编:710072

电话:(029)88491757, 88493844

网址:www.nwpup.com

印刷者:大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:9.75

字数:175 千字

版次:2023 年 8 月第 1 版

2023 年 8 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-5612-8864-1

定价:35.00 元

如有印装问题请与出版社联系调换



党的二十大报告指出,推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节,加快推动产业结构、能源结构、交通运输结构等调整优化。2020 年 10 月,由工业和信息化部指导、中国汽车工程学会组织修订的《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》,对新能源汽车技术发展提出了更为明确的思路和路径。2021 年,我国新能源汽车产量达 354.5 万辆,产销量连续 7 年位居世界首位。截至 2022 年年底,我国新能源汽车保有量达 1 310 万辆,中国新能源汽车产业已走在世界前列。

2017 年,由教育部、人力资源和社会保障部、工业和信息化部联合印发的《制造业人才发展规划指南》预测:到 2025 年,节能与新能源汽车人才需求总量达到 120 万人,人才缺口为 103 万人。目前,我国职业院校肩负着培养新能源汽车技术技能人才的历史重任。

本书采用“基于工作过程”的方法进行开发,在对新能源汽车相关岗位进行调研的基础上,先分析出岗位典型工作任务,然后根据典型工作任务提炼了行动领域,在此基础上构建了工作过程系统化的课程体系。

本书主要内容包括动力电池的认知、动力电池成组管理、动力电池的维护及检测、动力电池的检修四个项目,每个项目下还包含若干学习任务。本书全部实训内容均在实车上进行了验证。

在编写本书的过程中,编者大量参考了国内外一些作者的相关著作和资料,并得到了相关企业的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错漏之处,敬请读者批评指正。

编 者

2023 年 4 月



项目一 动力电池的认知 1

- 任务一 认知新能源汽车对动力电池的要求 1
- 任务二 认知铅酸动力电池 13
- 任务三 认知镍氢动力电池 24
- 任务四 认知磷酸铁锂动力电池 38
- 任务五 认知三元锂动力电池 49
- 任务六 认知氢燃料动力电池与其他类型动力电池 ... 57



项目二 动力电池成组管理 79

- 任务一 认知动力电池组 79
- 任务二 认知动力电池管理系统 91



项目三 动力电池的维护及检测 104

- 任务一 动力电池的日常保养 104
- 任务二 动力电池的更换与开盖维修 118
- 任务三 汽车动力电池的检测 131



项目四 动力电池的检修 138

- 任务一 检修动力电池的绝缘故障 138
- 任务二 检修动力电池管理系统的电源故障 144



参考文献 150

项目一

动力电池的认知

本项目共包括 6 个任务:任务一认知新能源汽车对动力电池的要求,任务二认知铅酸动力电池,任务三认知镍氢动力电池,任务四认知磷酸铁锂动力电池,任务五认知三元锂动力电池,任务六认知氢燃料动力电池与其他类型动力电池。学生通过学习,应掌握各类动力电池的基本特点,了解动力电池的类别,进而能在适当节点,为客户解析各类动力电池的特性及优缺点。



任务一 认知新能源汽车对动力电池的要求



图文

任务目标

案例导入

某客户新买了一辆吉利帝豪 EV450 轿车,但该客户缺乏对该车动力电池的了解。作为专业人员,你需要给客户讲解新能源汽车动力电池的相关知识。你能完成任务吗?

知识储备

一、动力电池概述

动力电池是新能源汽车的动力源泉,也是一直制约新能源汽车发展的关键因素。



到目前为止,动力电池经过了三代的发展,如图 1-1 所示,已取得了突破性的进展。第一代是铅酸电池,主要是阀控铅酸电池,由于其比能量较高、价格低和能高倍率放电,是适合大批量生产的动力电池。第二代是碱性电池,主要有镍镉电池、镍氢电池、钠硫电池、锂离子电池和锌空气电池等,其比能量和比功率都比铅酸电池高,因此大大提高了新能源汽车的动力性能和续航里程。第三代是以燃料电池为主的电池。燃料电池直接将燃料的化学能转化为电能,能量转化效率高,比能量和比功率都高,并且可以控制反应过程,能量转化过程可以连续进行,因此是理想的动力电池。目前燃料电池还处于研制阶段,一些关键技术还有待突破。

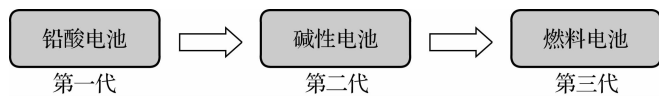


图 1-1 动力电池的发展

二、动力电池的性能要求

动力电池是新能源汽车的关键核心部件。对于纯电动汽车来说,动力电池是唯一的动力来源。因此,新能源汽车对动力电池的要求很高,具体表现为以下几个方面。

- (1)工作温度范围宽广,以满足夏季高温和冬季低温($-40\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$)的运行需要。
- (2)输出功率密度高,以满足驾驶性能的要求。
- (3)能量密度高,以提高运行效率和续航里程。
- (4)循环寿命长,以保证电池的使用年限和行驶总里程。
- (5)自放电率小,以满足车辆较长时间搁置的需求。
- (6)安全性好,可靠性高,能够适应各种恶劣环境,能够抗振动、碰撞等。

三、动力电池的基本参数

动力电池的参数指标非常多,主要考虑以下几个。

1. 能量密度

能量密度指电池的单位体积或质量所释放出的电能。

$$\text{能量密度} = \frac{\text{电池容量} \times \text{放电平台}}{\text{电池体积/质量}}$$

2. 电压

动力电池的电压(端电压)是指其正极与负极之间的电位差。根据电池的不同状态,电压可以分为开路电压、放电电压和充电电压等。开路电压一般能较好地反映电池的现有容量,但也受到电池内电化学反应状态的影响。

3. 比功率

比功率是指每千克动力电池所能释放的功率值,它代表电池充放电的速度水平。比功率一般不需要精确标定。

4. 比能量

比能量是指参与电极反应的单位质量的电极材料放出电能的大小。它比能量密度的概念更加精细和专业,适用于电池能量密度的准确比较。

5. 荷电状态

荷电状态(state of charge, SOC)也称剩余容量,是表征电池状态的重要参数之一,是电池管理系统的重要依据,准确计量 SOC 是保证电池安全和优化控制充放电能量的保证。

6. 性能状态

性能状态又称健康状态(state of health, SOH),是指在一定条件下电池所能充入或放出的电量(满充容量)与电池标称容量的百分比,它反映电池的整体性能及电池放电的能力。

7. 循环寿命

循环寿命是指电池在保持输出一定容量的情况下所能进行的充放电循环次数,也称为使用寿命。

8. 剩余使用寿命

剩余使用寿命是根据当前电池状况对电池剩余使用寿命的预测。

四、动力电池的分类

动力电池主要包括铅酸电池、镍镉电池、镍氢电池和锂离子电池等。

1. 铅酸电池

铅酸电池(见图 1-2)用填满海绵状铅的铅板做负极,正极采用填满二氧化铅的铅板,并用 1.28% 的稀硫酸做电解液。充电时电能转化为化学能,放电时化学能又转化为电能。电池在放电时,金属铅是负极,发生氧化反应,被氧化为硫酸

铅;二氧化铅是正极,发生还原反应,被还原为硫酸铅。电池在用直流电充电时,两极分别生成铅和二氧化铅。移去电源后,它又恢复到放电前的状态。铅酸电池是能反复充电、放电的电池,称为二次电池,它的电压是 2 V,使用时通常把 3 个铅酸电池串联起来,电压是 6 V,汽车上用的低压电池是 6 个铅酸电池串联成的 12 V 电池组。铅酸电池在使用一段时间后要补充蒸馏水,使电解质保持稀硫酸浓度(质量浓度)在 1.2%~1.8%。



图 1-2 铅酸电池

2. 镍镉电池

镍镉电池(见图 1-3)具有内阻小、可快速充电、充放电寿命较长(约是铅酸电池的 2 倍,充放电次数可达 1 000 次)、比能量高等优点,应用仅次于铅酸电池。但因其存在工作电压低(1.2 V)、自放电率高、有记忆效应、对环境有污染等缺点,所以不能广泛应用于新能源汽车,其将会逐渐被性能更好的镍氢电池取代。



图 1-3 镍镉电池

3. 镍氢电池

镍氢电池(见图 1-4)是 20 世纪 90 年代发展起来的一种电池。镍氢电池正极活性物质为氢氧化镍(电极称氢氧化镍电极),负极活性物质为金属氧化物,也称

储氢合金(电极称储氢电极),电解液为氢氧化钾。

镍氢电池的性能指标普遍高于镍镉电池。镍氢电池的比能量是镍镉电池的 1.5~2 倍。镍氢电池充放电时无记忆效应,低温特性好,综合性能优于镍镉电池,同时废旧镍镉电池处理复杂,在能源紧张、环境污染严重的今天,镍氢电池显示出广阔的应用前景。因为正极镍电极同镍镉电池完全一样,所以镍镉电池与镍氢电池性能相似,凡是能使用镍镉电池的电器都可以使用镍氢电池。



图 1-4 镍氢电池

4. 锂离子电池

锂元素是锂离子电池的核心,锂是自然界最轻的金属。虽然锂离子电池(见图 1-5)的种类很多,但其工作原理相似。锂离子电池充电时,锂离子从正极材料的晶格中脱离出来,经电解液和隔膜,嵌入负极材料的晶格中;放电时,则是相反过程。在充放电全过程中,锂离子往返于正负极材料间,因此这种电池称为“摇椅式电池”(见图 1-6)。



图 1-5 锂离子电池

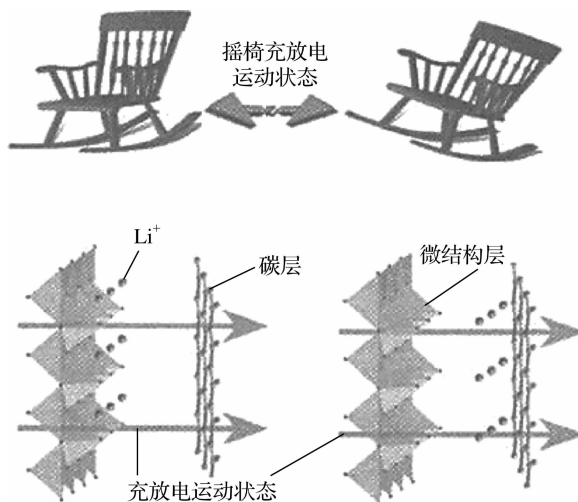


图 1-6 摇椅式电池

在锂离子电池的整个充放电过程中,锂元素始终以离子态存在,在电池的正负极之间嵌入和脱出。锂离子电池中电流的大小与单位时间内反应产生的电荷数量的多少直接相关。物理上一般规定电流的方向为正电荷的流动方向或负电荷流动的反方向。充电时外电路电流的方向为从电池的负极流向正极。同时,在电池的内部,锂离子(正电荷)从电池的正极迁移到电池的负极,且离子数量及

电荷量和外电路的完全一样,流动的方向从电池的正极流向负极,形成与外电路同样大小的电流,构成闭合的电流回路。放电过程则相反。

五、动力电池类型选取

动力电池技术的制约是目前纯电动汽车发展最大的难题之一。动力电池的种类很多,目前发展最成熟的应用在纯电动汽车上的电池主要为化学电池,包括铅酸电池、镍镉电池、镍氢电池和锂离子电池等。车用电池不同于其他用途的电池,它有其特别的要求。不同电池的性能见表 1-1。

表 1-1 不同电池的性能

动力电池类型	铅酸电池	镍镉电池	镍氢电池	锂离子电池
工作电压/V	2	1.2	1.2	3.2
质量比能量/(W·h·kg ⁻¹)	35~70	40~60	60~80	90~160
体积比能量/(W·h·L ⁻¹)	70	150	200	270
循环寿命/次	300~500	500~1 000	500~1 000	500~2 000
自每月放电率	4%~5%	25%~30%	30%~35%	6%~9%
记忆效应	无	有	无	无
环境污染	污染	严重污染	无污染	无污染

目前,汽车领域技术最成熟、最常用的电池是铅酸电池,其主要作为汽车各种电子设备的能量源。尽管铅酸电池有着能量密度低、功率密度低、循环寿命短等缺点,但其性能稳定、价格低廉,这使其得到了广泛的应用,特别是在一些低速纯电动汽车上,如旅游观光车、城市代步车等,如图 1-7 所示。



图 1-7 低速纯电动汽车

镍镉电池的环保问题成为制约其使用的最大因素,目前镍镉电池基本由镍氢电池所替代。

镍氢电池有着非常优异的性能,不仅比能量、比功率、循环寿命较高,安全性、环保性也很好,一度被誉为“绿色电池”。其主要缺点是由于温度较敏感,温度过高或过低都会使其容量明显变小,而且价格高昂的金属镍也使其生产成本太高,制约了镍氢电池的大规模生产发展。

锂离子电池凭借其优异的整体性能,目前已经成为新能源汽车领域应用的主流选择。其具有比能量高、比功率高、循环寿命长、自放电率低、污染小等优点。锂离子电池种类繁多,目前电动汽车上应用较多的是磷酸铁锂电池和三元锂电池。磷酸铁锂电池的能量密度相对于其他锂离子电池较低,但其拥有良好的热稳定性和安全性,主要应用于电动大巴等。而三元锂电池虽然热稳定性和安全性相对欠缺,但其拥有更大的能量密度,主要应用于电动乘用车,如图 1-8 所示。



图 1-8 电动乘用车



任务实施

1. 结合所学内容,解释动力电池的基本参数

动力电池的基本参数填写见表 1-2。

表 1-2 动力电池的基本参数填写

基本参数	解 释
电压	
能量密度	
比功率	
荷电状态	
性能状态	

2. 结合所学内容,写出电池的名称和特点

电池示例的名称和特点填写见表 1-3。

表 1-3 电池示例的名称和特点填写

电池示例	名 称	特 点
		
		
		
		

3. 根据所学内容,补全表中空白内容

不同电池的性能填写见表 1-4。

表 1-4 不同电池的性能填写

动力电池类型	铅酸电池	镍镉电池	镍氢电池	锂离子电池
工作电压/V				
质量比能量/($W \cdot h \cdot kg^{-1}$)	35~70	40~60	60~80	90~160
体积比能量/($W \cdot h \cdot L^{-1}$)	70	150	200	270
循环寿命/次				
每月自放电率	4%~5%	20%~30%	30%~35%	6%~9%
记忆效应				
环境污染				

4. 任务评价

项目一任务一任务评价见表 1-5。

表 1-5 项目一任务一任务评价

序 号	检查项目	自我评价	小组评价	教师评价	备 注
1	任务实施 1(20 分)				
2	任务实施 2(20 分)				
3	任务实施 3(20 分)				
4	遵守纪律(20 分)				
5	做好 7S ^① 管理工作(20 分)				
合计					

拓展知识

一、电池包轻量化研究现状

根据相关资料统计,燃油汽车每减重 10%,油耗可减少 6%~8%,尾气排放能降低 4%。因此,汽车的轻量化设计已经成为汽车发展的主流趋势。汽车的轻量化设计绝非一味地将汽车质量减轻,而是在保证汽车刚度、模态和安全等性能的前提下,通过现代设计方法尽可能地减轻汽车的质量。目前,轻量化设计主要可通过结构优化、轻量化材料和先进工艺 3 种途径来实现,如图 1-9 所示。而对于电动汽车来说,汽车质量的降低不仅能够减少电池电量的消耗,同时也能提高续航里程以及改善整车的动力性能。在电动汽车各总成当中,动力电池系统的质量占据了整车质量的 30%,过重的动力电池包极大

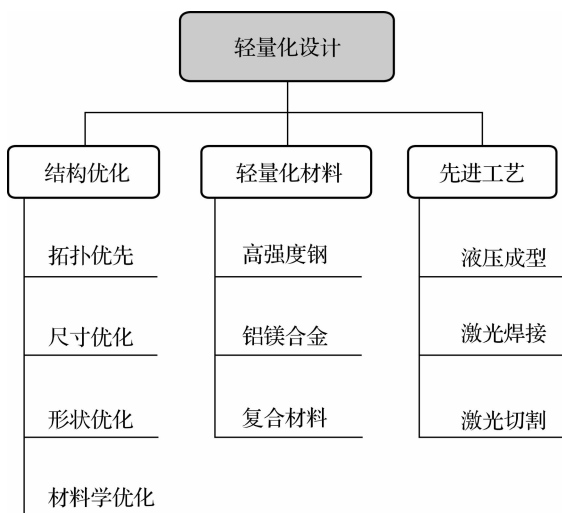


图 1-9 轻量化设计的途径

① 7S 是指整理(Seiri)、整顿(Seiton)、清扫(Seiso)、清洁(Seiketsu)、素养(Shitsuke)、安全(Safety)和速度/节约(Speed/Saving)。

地影响了电动汽车的续航里程。与此同时,电池包又作为电动汽车电池的主要载体,在维护电池安全和防止外界干扰等方面起到了关键性的作用。因此,对动力电池包进行轻量化设计具有十分重要的意义。

目前,电池包的轻量化技术已经逐渐成为电动汽车研究领域的重点。许多国内外专家与机构对电池包轻量化的设计进行了大量的研究与探索。例如,奥地利 LRK 轻金属研发中心的马蒂亚斯·哈特曼(Matthias Hartman)等人,采用计算机辅助工程(Computer Aided Engineering, CAE)仿真方法,通过有限元优化光学结构对电动汽车电池外壳进行优化设计,有效地提高了自身刚度以及激振频率范围内的固有频率,并通过减少壁厚,使电池外壳质量减轻了 20%;新加坡学者苏纳托·卡莱格(Sunarto Kaleg)等人采用 5052-0 系列铝合金作为电池箱体材料,并以最佳材料厚度为基础进行优化设计,得到了最优质量的电池箱体;美国加州理工学院米切尔(Mitchell)教授通过密度拓扑与数学规划相结合的方法对锂离子电池箱进行了优化设计,并得出电池箱体积分数与长度的最佳拓扑组合参数,有效地提高锂离子电池的性能;德国化工技术研究所研制出一款用热固性塑料制成的电池箱,这种电池箱能够承载 300 kg 以上质量的动力电池,并且自身质量仅为 35 kg,比同等规格下的钢制材料要轻 35% 以上;美国镁业公司的尼尔·尼拉姆格汉姆(Neale Neelameggham)采用压铸镁作为电池壳材料,不仅有效地减轻了电池箱的自身质量,同时极大地改善了电池组的散热性能。特斯拉 Model 3 电池包轻量化如图 1-10 所示。

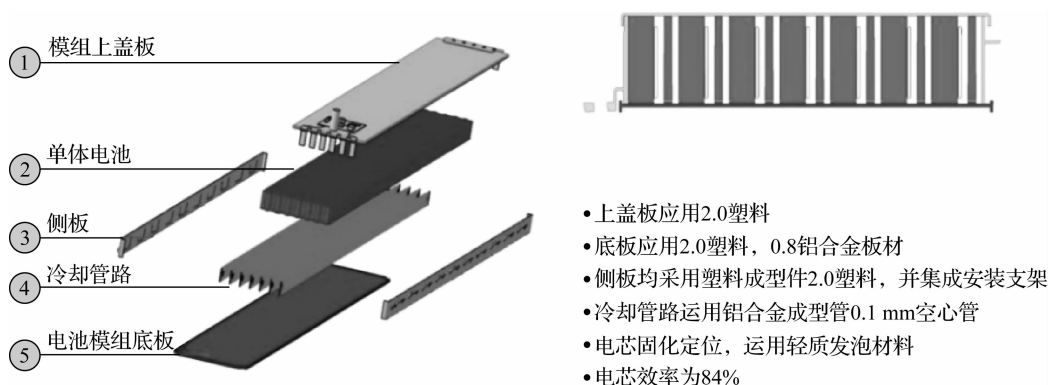


图 1-10 电池包轻量化

而相比于国外,我国在动力电池包轻量化研究领域所采用的方法更加丰富,涉及的范围更广。湖南大学杨书建通过 CAE 仿真技术对电池箱顶盖与底座进行了形貌优化,有效地提高了电池箱顶盖的固有频率和刚度。湖南大学姜高松基于有限元方法(Finite Element Method, FEM),利用有限元优化设计软件对电池箱的顶

盖、托架、横梁等部件分别进行了形貌优化和尺寸优化,使得电池箱质量减轻 5.5%,并且刚强度得以提高。北京理工大学电动车辆协同创新中心王露等人基于电池箱的稳健性对箱体进行拓扑优化设计,使得优化后的电池箱低阶模态频率提高 40%,质量减少 10%,并采用多目标拓扑优化方法对电动汽车的牵引电池外壳进行优化设计,得到了一种具有更好静态和动态性能的电池新外壳结构,并验证了该方法具有高效可行性。湖南科技大学谭华江以电池架的质量与成本为优化目标,通过遗传算法得出了多种轻型材料在电池架不同部件上的最佳组合方式,从而实现电池架减重和提高电池整体性能的目的。上汽集团和上海工程技术大学等都将碳纤维运用到电池箱体材料,并通过合理的铺层设计以及不断的仿真验证,使电池箱在承载性能不变的前提下极大地减轻了自身质量。

二、动力电池存在的问题

为了满足车辆行驶里程和功率的要求,动力电池通常由数百个单体电池串并联组成。当电池在电动汽车上使用时,由于单体电池制造工艺和包装技术的不同,单体电池之间的差异会逐渐增大。这使得电池的外部特性更加复杂,不一致性愈发明显。其中某些电池的健康状况恶化,会影响整个电池的性能,并加剧寿命衰减,甚至引发安全问题。

近年来,有很多因为电池故障而导致电动汽车发生火灾和爆炸的事故。2020 年 4 月,一辆特斯拉电动汽车在上海某小区停车场内突然冒出白烟,随后起火燃烧;2020 年 5 月 26 日,一辆依维柯电动汽车在深圳发生追尾事故后立即起火燃烧,经勘察确认是由于汽车发生剧烈碰撞,导致电池受损引发热失控;2020 年 5 月 28 日,一辆比亚迪电动汽车在深圳某充电站充完电后在次日早晨发生自燃。这些事故表明,锂离子电池仍存在安全隐患,容易引发热失控而导致火灾和爆炸,如图 1-11 所示。



图 1-11 电动汽车起火燃烧

电池发生热失控的主要原因包括电滥用(电池自发内短路、过充、过放等)、机械滥用(电池碰撞、挤压、针刺等)和热滥用,这些原因都会引起电池内部发生短路现象。内短路的发生往往伴随着大电流的产生,这将引起电池内部温度迅速升高,诱发电池热失控。电池中有单体电池发生热失控,会引起局部温度升高,从而影响到相邻的电池,造成电池大面积的热失控,最终导致安全事故,如图 1-12 所示。

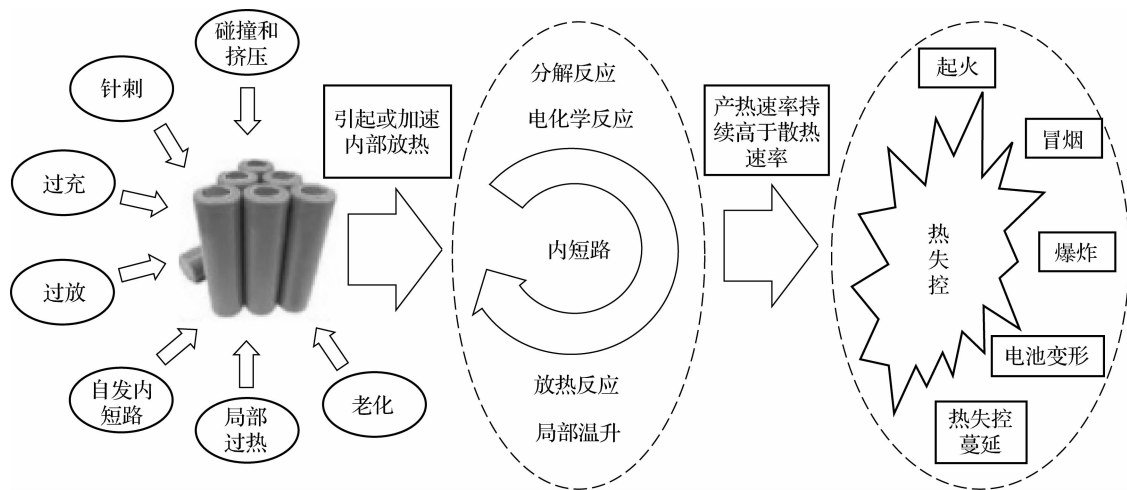


图 1-12 电池热失控

因此,准确监测电池状态对于提高电池的安全性至关重要。对电池故障进行预测和控制,不仅对改善电池性能、保证电池的安全使用和延长电池使用寿命有着重要的意义,而且为设计更加全方位的电池管理系统有着很高的研究价值和意义。合格的电池管理系统应该能够及时地监测到故障的发生,并提供相应的对策,以尽量减少故障的影响。

课后练习

一、填空题

1. 动力电池经历了_____、_____、_____三代的发展。
2. _____是指其正极与负极之间的电位差。
3. _____是指电池的单位体积或质量所释放出的电能。
4. _____是指电池在保持输出一定容量的情况下所能进行的充放电循环次数,也称为使用寿命。



5. 动力电池主要包括_____、_____、_____和锂离子电池等。
6. 锂离子电池种类繁多,目前电动汽车上应用较多的是_____和_____。
7. 电池热失控的主要原因包括_____、_____和_____。

二、判断题

1. 电池的温度降低,电池的活性会明显降低,电池的内阻、极化电压都会增大,实际可用容量会增加。 ()
2. 铅酸电池用填满海绵状铅的铅板做正极,负极采用填满二氧化铅的铅板,并用 1.28% 的稀硫酸做电解质。 ()
3. 电池过充或过放可能会引起电池内部发生短路现象。 ()
4. 镍镉电池具有能量密度高、功率密度高、可快速充放电、循环寿命长、无记忆效应、无污染、可免维护、使用安全等特点,被称为绿色电池。 ()
5. 准确监测电池状态对提高电池的安全性至关重要。 ()



任务二 认知铅酸动力电池

图文

任务目标

案例导入

某客户新买了一辆低速电动汽车,但该客户缺乏对该车铅酸电池的了解。作为专业人员,你需要从铅酸电池内部结构、铅酸电池的应用等方面向客户进行讲解。

知识储备

一、铅酸电池概况

铅酸电池作为发展历史最悠久的动力电池,1859 年由法国科学家普兰特发明,1881 年法国人发明的电动汽车就是以铅酸电池作为动力的。铅酸电池技术成熟、性能可靠、成本低廉、维护方便,在储能电源、起动电源等领域大量应用,部分电动汽车也采用铅酸电池作为主能量源,如图 1-13 所示。





图 1-13 铅酸电池

二、铅酸电池的类型

根据铅酸电池的作用可将其分为三种类型：起动式铅酸电池、固定式铅酸电池和牵引式铅酸电池。

上述三类铅酸电池中，起动式铅酸电池由于不能深度充放电，所以不能用于电动汽车的主电源，一般仅作为低压辅助电源使用；而固定式铅酸电池虽然容量可以做到很大，但是比能量较低，体积和质量很大，不适合车用，一般仅用于不间断电源等位置相对固定的场合；牵引式铅酸电池容量相对较大，可深度充放电，比能量较高，可用于电动汽车主动力电源。

随着铅酸电池技术的不断发展，牵引式铅酸电池已有很多类型，如开口式铅酸电池、阀控式密封铅酸电池、胶体电池、双极性密封铅酸电池、水平式密封铅酸电池、卷绕式圆柱形铅蓄电池、超级电池等。

典型的铅酸电池是阀控式密封铅酸电池，如图 1-14 所示。近年来，阀控式密封铅酸电池被广泛地用于传统汽油车和一些低速纯电动汽车上。如果与小型的镍镉电池或镍氢电池等密封型电池比较，阀控式密封铅酸电池则是一种阀门开启压力相当低的电池，在充电过程中利用负极吸收反应消耗正极上所产生的氧气并使之处于密封状态，未能吸收完的剩余氧气将通过控制阀向外界排出。负极吸收反应是指充电过程中正极所产生的氧气与负极的铅发生反应生成氧化铅，氧化铅又与电解液中的硫酸起反应生成硫酸铅，硫酸铅通过再次充电又被还原为铅的一整套循环。由于在整个充电过程中将持续进行这样的循环，所以电池能始终保持密封的状态。但是，液体式铅酸电池中充足的电解液

会阻碍氧气的移动,因此在阀控式密封铅酸电池中采用了一种超细玻璃纤维隔板,电解液将限制该隔板所能吸收的氧气量并使氧气平稳地向负极移动。另外,因电解液的量受到了限制,即使电池发生翻倒,电解液也不会泄漏,而且由于极板群是被栅网状的隔板牢固压紧的,所以它还具有因正极难以老化而延长寿命的特点。



图 1-14 阀控式密封铅酸电池

阀控式铅酸电池是一种免维护电池,由于其在使用中不会出现极板短路、活性物质脱落、水分损失等问题,从而提高了使用寿命。其结构如图 1-15 所示。

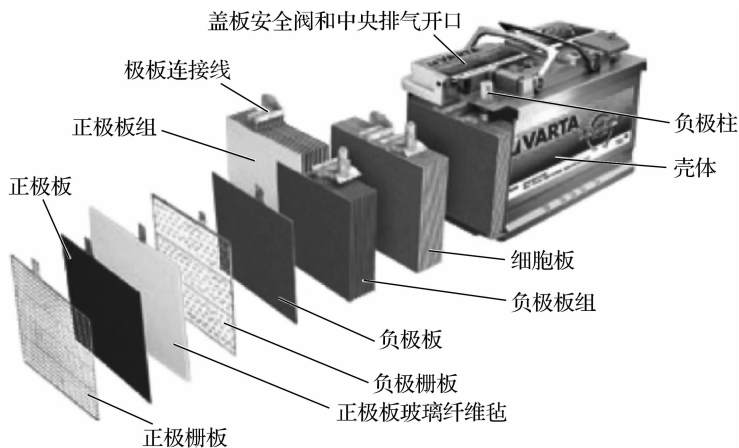


图 1-15 阀控式铅酸电池的结构

铅酸电池主要有以下几个特点。

(1) 铅酸电池的正极栅板架一般采用铅钙合金或低锡合金制作,而负极栅板架均用铅钙合金制作,以此来避免发生极板短路和活性物质脱落。

- (2)隔板的材料一般为超细玻璃纤维,或将其正极板装在袋式隔板内。
- (3)采用紧装配结构的极板组。
- (4)单格极板组之间采取内连式接法,正负极柱位于密封式壳体的外部。
- (5)壳体上部设有收集水蒸气和硫酸蒸气的集气室,待其冷却后变成液体重新流回电解槽内。

铅酸电池目前仍然是电动汽车的主要动力源。电动车辆上应用的铅酸电池主要是阀控式密封铅酸电池。

三、铅酸电池的内部结构

铅酸电池的基本单元称为单体电池(Cell),它由四个部分组成,分别是正极板、负极板、电解液和隔离板。铅酸电池单体电池的内部结构及外形如图 1-16 所示。

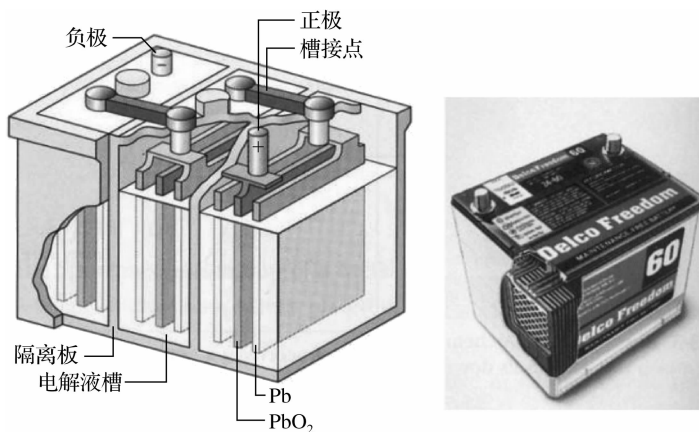


图 1-16 铅酸电池单体电池的内部结构及外形

铅酸电池内部的正极板为格子状,表面上附着一层褐色的二氧化铅,这层二氧化铅由结合氧化的铅细粒构成,在这些细粒之间能够自由地通过电解液。将正极材料磨成细粒的原因是可以增大其与电解液的接触面积,这样可以增加反应的面积,从而减小电池的内阻。在负极侧是海绵状的铅板,颜色为深灰色。电解液是浓度为 27%~37%的稀硫酸水溶液。先将两个电极尽量靠近地平行放置,并保证其不接触,然后在两个电极之间加入用绝缘材料构成的隔离板。这种隔离板上密布着细小的孔,既可以保证电解液的通过,又可以阻隔两电极板之间的接触。隔离板的种类大致分为两种:一种为合成树脂纤维,另一种为玻璃纤维。当电池两端加上



负载时,在外部电路中电子流动形成电流,而在电池内部,化学能转化为电能,电以离子的形式,从一个电极到另一个电极。正极在放电时,由外部电路接收电子,形成还原反应;负极释放电子到外部电路,形成氧化反应。电解液的作用是给正负极之间流动的离子创造一个液体环境或充当离子流动的介质。

在实际应用时,往往会遇到系统要求所使用电池两端电压比较高,或电池容量比较大的情况。在这些情况下单体电池是不能满足要求的,需要将多个单体电池连接到一起。铅酸电池的单体电池的额定电压为 2 V,通过单体电池的不同连接方式可以得到的标准电压值有 4 V、6 V、12 V 等,电量可以从几毫安时到几百安时。如果单体电池正极与另一个单体电池的负极连接,称这种连接方式为串联,串联电池两端的电压是各个单体电压的总和,但电池电量仍然是单体电池的电量;如果是单体电池的正负极都分别连在一起,称这种连接方式为并联,并联电池两端的电压仍然为单体电池的电压,但电池电量则是单体电池的电量之和。如果将这两种方式混合应用,就可以得到满足要求的各种不同型号的电池。

四、铅酸电池的应用

铅酸电池自发明 100 多年来,广泛应用于人类生产和生活的各个方面。作为起动、点火、照明电池,它主要应用于汽车、摩托车、内燃机车和电力机车;作为工业用铅酸电池,它主要用于邮电、通信、发电厂和变电所开关控制设备以及计算机备用电源等;作为动力电池,它主要用于电动汽车、高尔夫车、电动叉车等。阀控式密封铅酸电池可用于应急灯、不间断电源(Uninterruptible Power Supply, UPS)、电信、铁路、航标等。

1. 电动自行车

铅酸电池尤其是阀控式密封铅酸电池以其低价、安全等优势,成为电动自行车、电动摩托车和低速短途纯电动车的首选动力电池。其中电动自行车是以电池作为辅助能源,具有两个车轮,能实现人力骑行、电动或电助动功能的特种自行车。电动自行车阀控式密封铅酸电池在我国应用多年,电池的制造技术和产品质量都有了巨大的提高。

2021 年,我国电动自行车的市场销量约为 4 100 万辆,其中铅酸电池的占比约为 80%。根据国家规定,电动自行车必须具有脚踏骑行功能,且最高车速不大于 20 km/h,整车质量不大于 40 kg。电动自行车一般配置 3~5 只 12 V/(10 A·h)的



阀控式密封铅酸电池。电池平均寿命约为 1 年。电动自行车如图 1-17 所示。



图 1-17 电动自行车

2. 电动牵引车

电动牵引车是制造工厂、物流中心等搬运产品时的常用运输工具,主要采用富液式铅酸电池或胶体阀控式密封铅酸电池作为动力电源,具有无污染、噪声低的优点,尤其是在需要举升重物时,铅酸电池还可以起到配重作用。图 1-18 所示为采用胶体铅酸电池的电动牵引车。



图 1-18 电动牵引车

3. 低速电动车与电动乘用车

总部设在美国的国际先进铅酸电池联盟(Advanced Lead-Acid Battery Consortium, ALABC)一直致力于铅酸电池在纯电动汽车和混合动力电动汽车上的应用研究,并取得了突破性进展。采用铅酸电池作为电源的纯电动乘用车的典型代表是风靡一时的美国通用汽车公司的纯电动汽车 EV-U。中国中小城市和农村地区,以阀控式密封铅酸电池为动力电源的低速纯电动汽车,凭借其购车成本和使用成本低、环保低噪、驾驶技术要求低、安全等优点受到人们的欢迎。在山东、河南、广东等地,有许多低速纯电动车企业受益于这种需求快速发展起来。例如,山东某品牌电动汽车,采用铅酸电池作为动力电源,电池容量为

260 A·h,额定电压为 60 V,由 10 块单体电池串联组成,因其价格低廉、安全可靠,在一些地区获得用户的广泛认可。

4. 电动大客车

铅酸电池作为能量来源在大客车上也有一定的应用。例如,株洲时代集团公司研发的 TEG6120EV-2 型电动大客车采用水平铅酸电池作为动力电源,工作电压为 384 V。该车最高速度为 70 km/h,实际工况续航里程达 90 km,车内有 38 个座位,最多可承载 64 名乘客。

5. 铅酸电池在其他领域的应用

铅酸电池在其他领域中的应用有备用电源(如 UPS)、通信设备(如基站、用户交换机)、紧急设备(如应急灯、防火闸)、机械工具(如剪草机、无绳电钻)等,应急灯如图 1-19 所示。



图 1-19 应急灯

五、铅酸电池的回收

铅酸电池中的硫酸以及铅、镉、砷、镍等重金属会对环境产生污染。铅主要作用于神经系统、造血系统、消化系统和肝、肾等器官,能抑制血红蛋白的合成代谢;还能直接作用于成熟红细胞,对婴幼儿毒害很大,导致儿童身体发育迟缓,慢性铅中毒的儿童智力低下。这成为限制铅酸电池发展和应用的一个重要因素。随着社会各界对环境保护的重视,铅酸电池回收(见图 1-20)问题显得越来越重要,目前已经形成了完整的工艺,常用工艺有火法冶金、湿法冶炼、固相电解还原等。现在铅酸电池处理中的核心问题是回收网络问题,需要建立从用户到回收厂的物流体系,使散落在用户手中的废旧电池统一回收到回收厂进行处理。例如,美国某公司建立了年处理 8 万吨废旧电池的庞大体系,每天可以处理将近 20 个集装箱内装载的废旧电池,使之变成合金铅锭、塑料粒子和纯净硫酸溶液,全部可以回收利用到电池中。该公司得到了美国政府的大力支持,以保证



图 1-20 铅酸电池的回收

回收网络的运转。我国也有多家铅酸电池回收企业,例如,坐落于江苏邳州的某再生资源有限责任公司是我国较大的废铅酸蓄电池综合利用企业,其自行开发成功的机械化废电池破碎分选和无污染再生铅新技术,拥有独立的自主知识产权,它也是我国铅冶炼行业以技术优势率先在国外成功办厂的企业。

任务实施

1. 结合所学内容,描述阀控式铅酸电池的特点

阀控式铅酸电池的特点填写见表 1-6。

表 1-6 阀控式铅酸电池的特点填写

序 号	特 点
1	
2	
3	
4	
5	

2. 结合所学内容,在方框内填入正确的内容

阀控式铅酸电池的结构的填写如图 1-21 所示。

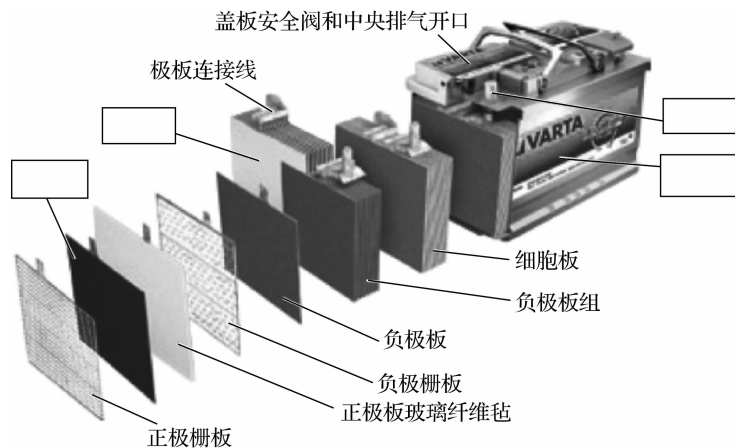


图 1-21 阀控式铅酸电池的结构的填写

3. 结合所学内容,在表中填写对应的名称和特点

铅酸电池的应用对应的名称和特点填写见表 1-7。

表 1-7 铅酸电池的应用对应的名称和特点填写

应 用	名 称	特 点
		
		
		

4. 任务评价

项目一任务二任务评价见表 1-8。

表 1-8 项目一任务二任务评价

序 号	检查项目	自我评价	小组评价	教师评价	备 注
1	任务实施 1(20 分)				
2	任务实施 2(20 分)				
3	任务实施 3(20 分)				
4	遵守纪律(20 分)				
5	做好 7S 管理工作(20 分)				
合计					



拓展知识

一、铅酸电池的发展

铅酸电池是目前最成熟的动力电池。1881年,世界上第一辆电动三轮车使用的就是铅酸电池。由于铅酸电池技术成熟,所以其在电动汽车中广泛应用。

铅酸电池在比能量、深放电循环寿命、快速充电等方面不能很好地满足电动汽车的要求。为了解决电动汽车用铅酸电池这三大技术难题,国际铅锌组织于1992年联合62家世界著名铅酸电池厂家成立了先进铅酸电池联盟,共同研制电动汽车所用的铅酸电池。先进铅酸电池联盟开发的铅酸电池的各项性能均取得了明显的提高。

美国电源公司发明了水平铅酸电池,其特点是正负极板和隔板采用卧式层叠组合,导电栅板上用玻璃纤维外挤压纯铅而成的铅丝,用此铅丝编织成铅布,正极铅膏、负极铅膏分别涂在一块铅布的两端,中间留一段未涂膏的铅布,用包装机将双极板用超细玻璃纤维布包起来做成密封电池。水平铅酸电池结构上的变化和新型复合材料的应用,大大提高了电池的比能量、比功率和循环寿命。

二、影响铅酸电池循环寿命的因素

1. 放电深度

放电深度即使用过程中放电到何种程度,如100%深度指放出全部容量。铅酸电池循环寿命受放电深度影响很大,设计考虑的重点就是选择深循环使用、浅循环使用还是浮充使用。若把浅循环使用的电池用于深循环使用需求,则铅酸电池会很快失效。因为正极活性物质二氧化铅本身的互相结合不牢,放电时生成硫酸铅,充电时又恢复为二氧化铅,硫酸铅的摩尔体积比二氧化铅大,则放电时活性物质体积膨胀。若1 mol 二氧化铅转化为1 mol 硫酸铅,体积增大95%。这样反复收缩和膨胀就使二氧化铅粒子之间的相互结合逐渐松弛,易于脱落。若1 mol 二氧化铅的活性物质只有20%放电,则收缩、膨胀的程度就大大降低,结合力破坏变缓慢。因此,放电深度越深,其循环寿命越短。

2. 过充程度

过充时有大量气体析出,这时正极板活性物质遭受气体的冲击,这种冲击会促使活性物质脱落。此外,正极栅板合金也遭受严重的正极氧化,因此电池过充



时会使循环寿命缩短。

3. 温度

在一定温度范围内,铅酸电池的循环寿命随温度升高而延长。在 $10\sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, 每升高 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, 大约增加 $5\sim 6$ 个循环;在 $35\sim 45\text{ }^{\circ}\text{C}$, 每升高 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, 可延长 25 个循环以上;高于 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, 则因负极硫化容量损失而使循环寿命缩短。

4. 硫酸浓度

硫酸浓度的增加,虽然对正极板容量有利,但电池的自放电率增大,栅板的腐蚀也加速,促使二氧化铅的松散脱落,电池循环寿命缩短。

5. 放电电流密度

随着放电电流密度的增加,电池的循环寿命缩短,因为在大电流密度和高酸浓度条件下,正极二氧化铅松散脱落。



课后练习

一、填空题

1. 铅酸电池根据其作用可分为_____、_____和_____ 3 种类型。
2. 典型的铅酸电池是_____。
3. 铅酸电池的基本单元称为单体电池,它由 4 个部分组成,分别是_____,_____,_____和_____。

二、判断题

1. 铅酸电池内部的正极板为格子状,表面上附着一层褐色的纯铅。 ()
2. 铅酸电池的电解液是浓度为 $27\%\sim 37\%$ 的稀硫酸水溶液。 ()
3. 铅酸电池的电压是 12 V 左右。 ()
4. 电池寿命在一定温度范围内随温度升高而增加,因为容量随温度升高而增加。 ()





任务三 认知镍氢动力电池

图文

任务目标

案例导入

某客户新买了一辆大众途锐混合动力汽车,装备有镍氢动力电池,但该客户缺乏对镍氢电池的了解。作为专业人员,你需要从镍氢电池的特点和混合动力汽车镍氢电池的结构等方面向客户进行讲解。

知识储备

一、碱性电池概况

碱性电池是以氢氧化钾(KOH)等碱性水溶液为电解液的电池的总称。根据极板活性物质的材料不同,碱性电池可分为锌银电池、铁镍电池、镍镉电池、镍氢电池等。一般情况下,电解液中的 KOH 不直接参与电极反应,这是碱性电池有别于铅酸电池的特点。镍镉电池和镍氢电池是碱性电池的代表类型,其中镍氢电池在电动汽车动力电池中有应用。

二、镍镉电池的特性

镍镉电池因其碱性氢氧化物中含有金属镍和镉而得名,如图 1-22 所示。其标称电压为 12 V,具有使用寿命长(可充放电循环达到1 000 次)、机械强度高、密封性能好、使用温度范围大、维护保养方便、能耐受大电流的瞬时冲击等优点。



图 1-22 镍镉电池



1. 充放电性能

镍镉电池的标准电动势是 1.299 V, 额定电压是 1.2 V, 平均工作电压为 1.20~1.25 V。刚充完电的电池开路电压较高, 可以达到 1.4 V 以上; 放置一段时间后, 正极不稳定的 NiO_2 发生分解, 开路电压会降低到 1.35 V 左右。镍镉电池的放电曲线比较平稳, 只是在放电终止时电压突然下降, 一般以 0.2 C 放电时, 电压稳定在 1.2 V 左右。

2. 高低温放电性能

温度升高时, 镍镉电池的容量会增加, 但温度超过 50 °C 时, 正极的析氧过电势降低, 正极充电不完全。同时镉的溶解会随着温度上升而增大, 迁移到隔膜中, 容易形成镉枝晶, 导致电池内部微短路。另外, 高温还会加速镍基板腐蚀和隔膜氧化, 导致电池失效。

3. 倍率持续放电特性

动力镍镉电池允许大电流放电而不会损坏, 允许放电倍率在 10 C 以上, 但是大电流放电时, 电压下降很快, 电池可放出的能量下降。

4. 耐过充和过放性能

镍镉电池具有很好的耐过充和过放能力。1 C 恒电流持续充电 2 h, 或强迫过放不超过 2 h, 电池不会损坏。铅酸电池及锂离子电池在这种情况下将发生永久性损坏。

三、镍镉电池存在的问题

1. 记忆效应

镍镉电池长期不彻底充电、放电, 易在电池内留下痕迹, 降低电池容量, 这种现象称为记忆效应。例如, 镍镉电池长期只放出 80% 的电量后就开始充电, 一段时间后, 电池充满电后也只能放出 80% 的电量。记忆效应的产生和镍镉电池烧结制作工艺有关, 该工艺使得电池在完全放电之前就充电时形成次级放电平台, 该平台在下次循环中将作为放电的终点。每次使用中任何不完全的放电都将加深这一效应, 使电池的容量变得更低。

2. 环境污染

镉是镍镉电池的必备原材料, 但大量研究表明, 人体内镉的半衰期长达 730 年, 可蓄积 50 年之久, 摄入或吸入过量的镉可引起肾、肺、肝、骨、生殖系统等的毒害效应及癌症。镉超标的大米不可食用, 如图 1-23 所示。1993 年, 国际抗癌联



盟就将镉定为一级致癌物。一般人在低剂量镉环境中暴露即可导致肾功能损伤、骨密度降低、钙排泄增加及生殖毒性。镉及其化合物是不可降解的环境污染物,可通过废水、废气、废渣大量流入环境,产生环境污染及健康危害。因此,许多发达国家已建议禁止使用镍镉电池。



图 1-23 大米镉污染

四、镍氢电池概况

镍氢电池是在镍镉电池的基础上发展起来的,相对于镍镉电池,其最大的优点是对环境友好,不存在重金属污染。民用镍氢电池又以航天用高压镍氢电池为基础,由于高压镍氢电池采用高压氢,而且需要贵金属作为催化剂,所以很难为民用市场所接受。20 世纪 70 年代中期,研究者开始探索民用的低压镍氢电池。镍氢电池于 1988 年进入实用化阶段,1990 年在日本开始规模化生产。目前,以储氢合金为负极材料的镍氢电池能满足混合动力电动汽车所要求的高能量、高功率、长寿命和足够宽的工作温度范围要求,这使其成为电动汽车动力电池市场的主流产品,同时该类电池也已经广泛地应用在电动工具、电动自行车等日常生活用品上。

同镍镉电池相比,镍氢电池具有如下特点。

- (1)环境相容性好,无镉污染。
- (2)能量密度高,同尺寸电池,其容量是镍镉电池的 1.5~2 倍。
- (3)可大电流快速充放电,充放电倍率高。
- (4)无明显记忆效应。
- (5)低温性能好,耐过充过放能力强。

镍氢电池作为镍镉电池的换代产品,电池的物理参数,如尺寸、质量和外观完全可以与镍镉电池互换,电池性能也基本一致,充放电曲线相似,放电曲线非常平滑,电量快要消耗完时,电压才会突然下降,故使用时可完全代替镍镉电池,

而不需要对设备进行任何改造。镍氢电池的缺点是自放电率与循环寿命不如镍镉电池,但也能达到 500 次循环和国际电工委员会的推荐标准。

五、混合动力汽车用镍氢电池的结构

搭载在混合动力汽车上的镍氢电池是将 84~240 个容量为 6~6.5 A·h 的单体电池以串联方式连接后制成的。迄今为止已开发出了圆形和方形的混合动力汽车用镍氢电池,如图 1-24 所示。



图 1-24 混合动力汽车用镍氢电池

尽管混合动力汽车用镍氢电池的电能(容量)还不到电动汽车用镍氢电池的 1/10,但是要求其具有与电动汽车相同的输出功率和再生恢复性能。因此,人们正在通过多种技术领域致力于对单体电池或电池模块(由多个单体电池串联而成的电池组)的研究开发工作。混合动力汽车用镍氢电池的输出功率密度的变化如图 1-25 所示。

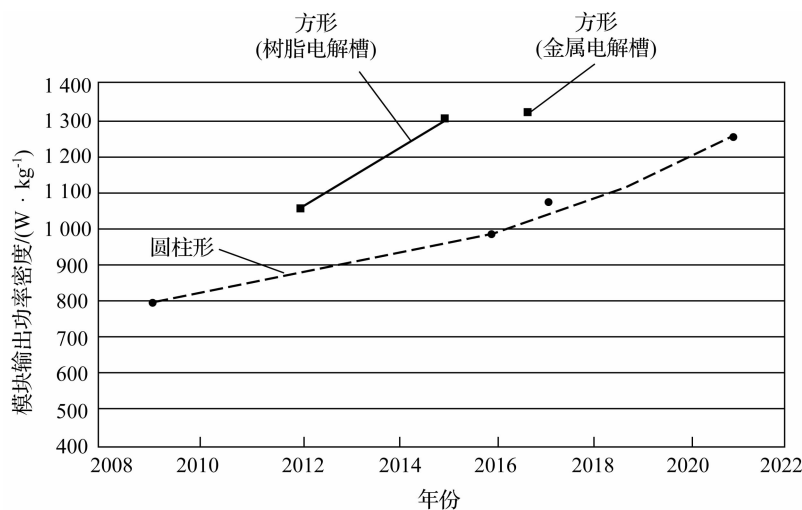


图 1-25 混合动力汽车用镍氢电池的模块输出功率密度的变化

图 1-26 所示的是圆柱密封型镍氢电池的单体电池(单一规格)和模块的结构。这种电池的结构是将以隔板作为间隔层的镍正极板和储氢合金负极板卷成涡旋形后插入用金属制成的外壳内,正极和负极分别采用烧结式(或非烧结式)的镍正极和膏状的储氢合金负极。封口的固定方法是把以绝缘垫圈作为间隔的,具有再恢复功能的安全阀的封口板预先固定在电解槽的外壳上。为了在即使有大电流流过的瞬间也能阻止电池电压的下降或发热,正极和负极的集电体采用了尽可能降低连接电阻值的设计方法。由于单体电池连接成的模块将搭载在车辆上,所以模块必须具有承受剧烈振动的能力,并必须以很低的连接电阻来承担单体电池之间的电气连接;另外,能牢固支承模块的结构体也很重要。

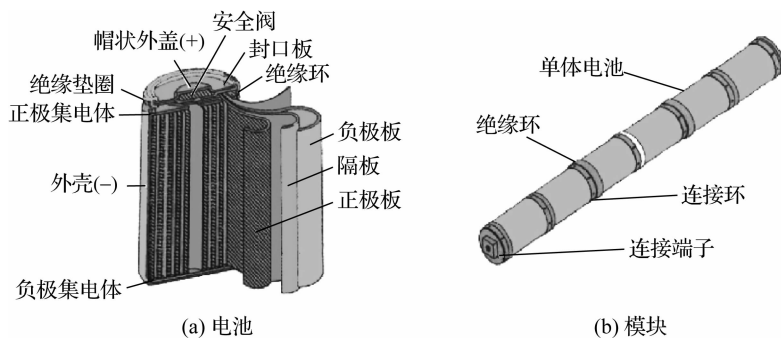


图 1-26 圆柱密封型镍氢电池的单体电池(单一规格)和模块的结构

采用碟形的连接环对单体电池之间进行电气连接。这种连接环能够以最短距离和最大宽度的方式完成连接,使单体电池之间采用低电阻接线的设想成为可能。另外,经过精心研制,这种连接环不仅具有电气连接的功能,而且其结构体以强度和柔软性兼备的特点发挥出了重要的支承作用。为了防止在单体电池之间发生短路,专门嵌入了用树脂制作的绝缘环,从而保证了模块强度的强化和安全性。位于模块两端且能够被螺钉固定在模块之间的连接母线上的端子是通过焊接方式被固定的。

图 1-27 是一种采用树脂电解槽的方形镍氢电池模块的结构。该模块是一种具有 6 个极板组结构的电池,其极板组的结构是在由 6 个单体电池组成的整体式树脂型电解槽内,分别将多块镍正极板和储氢合金负极板以隔板作为间隔层互相重叠而成的,封口采用的是一种带有可再恢复安全阀的树脂型外盖下端部与电解槽上端部之间采用热焊进行密封焊接的结构。通过将设置在模块的电解槽

表面的凸筋相互对接,便能在模块之间形成间隙,这样就可以使冷却气流从该间隙中穿过,从而获得更为均匀的冷却效果。对于这种方形的电池模块,以串联方式连接 20~40 个模块时,它比圆柱形模块更节省空间且质量更轻,因此具有良好的搭载性。

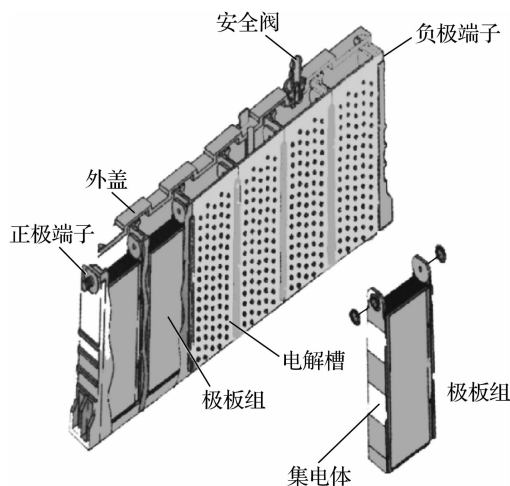


图 1-27 方形镍氢电池模块的结构

六、混合动力汽车用镍氢电池的特性

将电池封装体搭载在车辆上,不但要求它具有良好的耐振动性和耐冲击性,而且要求它在结构上应该保持其能把因大电流充放电时产生的电池热量迅速散发而使其冷却的性能。此外,电池的特性随温度不同会有较大的变化,因此最好能尽量减小封装体内电池温度的分散度。

1. 镍氢电池的充电恢复特性

混合动力汽车电池的使用方法与一般电池的使用存在很大的差异,即混合动力汽车用电池不进行完全充电和完全放电。车辆行驶时已被输出的电能始终以再生电能再度回收,以形成电能再收支的平衡。因此,混合动力汽车用镍氢电池对再生恢复能力具有很高的要求。从已投入量产的镍氢电池来看,再生恢复特性大致可以达到与输出功率密度相等的数值。此外,它在高温下的脉冲充电恢复能力也很高,能确保 90% 以上的效率。利用再生制动能够将车辆在减速时的能量进行高效回收,如图 1-28 所示。

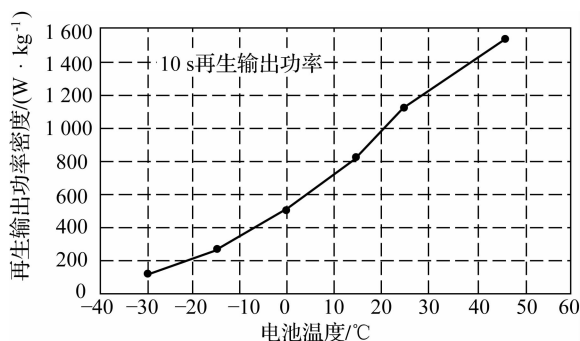


图 1-28 镍氢电池的再生输出功率密度与温度的关系

2. 镍氢电池的使用寿命特性

对于混合动力汽车用电池,需要采用控制方式使它不进行完全充电和完全放电,并维持在一个电能可以随时进出的状态。根据这样的使用方式在各种不同的条件下对电池的使用寿命特性进行计算,其结果同样表明完全能够使混合动力汽车电池大致达到与纯电动汽车电池相同的寿命,如图 1-29 所示。

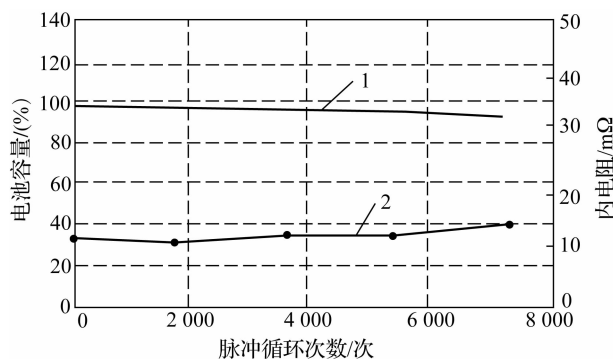


图 1-29 混合动力汽车的寿命特性曲线

1—内电阻; 2—电池容量

3. 镍氢电池的温度特性

由于电池中电极材料的活性和电解液的迁移率都与温度密切相关,所以环境温度对镍氢电池性能的影响非常关键。

镍氢电池在高温环境下,由于温度高有利于合金中氢原子的扩散,提高了合金的动力学性能,且电解液中 KOH 的电导率也随温度升高而增大,所以电池放电容量明显比低温时大。但温度过高(一般超过 45 °C)时,虽然电解质电导率增



大,电流迁移能力增强,迁移内阻减小,但电解液溶剂水分蒸发快,增加了电解液的欧姆内阻,两者相互抵消,放电容量将不再增加。

镍氢电池的正常储存温度是 $-20\sim 45\text{ }^{\circ}\text{C}$,最佳储存温度为 $10\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。一般情况下,当温度降低低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,电池中的电解液会凝固,电池内阻会变得无穷大,电池内部可能发生不可逆的变化,导致电池无法激活到正常状态,甚至无法使用。当温度超过 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,电池自放电率大大增加,电解液会发生副反应而产生大量气体,电极片中的辅助材料可能变质失效,从而导致整个电池逐渐老化和容量衰减,甚至在短期内失效。

4. 镍氢电池的储存特性和循环寿命

镍氢电池在储存过程中容量下降主要是由电极自放电引起的,自放电率高对电池储存非常不利,因此一般镍氢电池都遵从即用即充原则,不适宜较长时间放置。电池储存条件:存放区保持清洁、凉爽、通风;温度为 $10\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$,一般不应超过 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$;相对湿度不大于 65% 。除了合适的储存温度和湿度条件外,还必须注意以下两点。

(1)长期放置的电池应该采用荷电状态储存,一般可以预充 $50\%\sim 100\%$ 的电量。

(2)在储存过程中,要保证至少每3个月对电池充电一次,以恢复到饱和容量。

放完电的电池在储存过程中一方面会继续自放电造成过放,另一方面电池内正负极、隔膜和辅助材料会发生严重的电解液腐蚀,对电池整体性能造成严重损害。镍氢电池的循环寿命受充放电温度、湿度和使用方法的影响。在现有的技术状态下,当按照国际电工委员会(International Electrotechnical Commission, IEC)标准充放电时,充放电循环可以超过500次。在电动车辆上,镍氢电池一般采用浅充浅放的应用机制,即SOC在 $40\%\sim 80\%$ 应用,因此电池的使用寿命已经可以达到5年甚至10年以上。

电池失效的原因有很多方面,主要有电解液的损耗、电极材料的改变和隔膜的变化。电解液腐蚀随着电池的充放电循环而发生,并且是不可逆的。只能通过正负极材料的掺杂改性、电解液与隔膜工艺的优化、电池结构的改进等减缓其发生,以提高电池的循环使用寿命。



七、镍氢电池的应用

1. 混合动力汽车

由于镍镉电池中镉元素对环境的污染和对人体的伤害,镍氢电池逐步成为碱性动力电池应用的主体。镍氢电池满足混合动力汽车高功率密度的要求,该类电池目前在混合动力汽车尤其是日系车型中应用广泛,如丰田凯美瑞、普锐斯,雷克萨斯 CT200,本田思域等。福特公司推出的 Eescape 混合动力汽车也采用了额定电压在 300 V 左右的镍氢电池组。丰田普锐斯混合动力汽车采用的是 288 V、6.5 A·h 的镍氢动力电池组。镍氢电池组可以通过发电机实现充电,且输出功率大、质量轻、寿命长、耐久性好,如图 1-30 所示。



图 1-30 镍氢电池组

新途锐混合动力汽车(见图 1-31)是大众汽车旗下第一款采用了电驱动技术的车型,它采用镍氢电池作为动力电源。途锐混合动力汽车通过结合电力驱动、车辆滑行、能量回收和起动-停车系统四个方面的技术,使得重达 2.3 t 的 SUV 在城市路况的燃油效率较同级别车型提高了 25%;在城市道路、高速公路和乡间道路的综合路况,平均油耗降低了 17%。



图 1-31 新途锐混合动力汽车