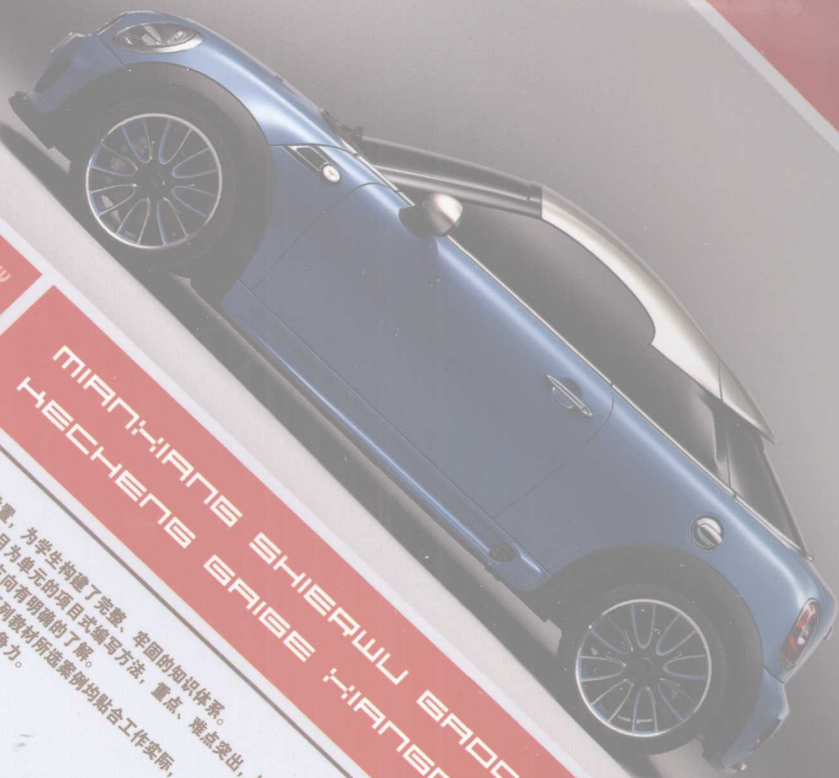




“十二五”
汽车类

MIANXIANG SHIJIWU GAOJIAO JIAOYU
HECHENG GAIGE XIANSHU YANJIU CHENGGUO

汽车类



面向“十二五”
高等教育课程改革项目研究成果

汽车

电气设备与维修

主编 孙志刚



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

汽车电气设备与维修

主 编 孙志刚

副主编 何南昌 蔡伟学 梁晨露



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书从现场的实际需求分析,以了解汽车电气系统、正确使用汽车电气设备、解决汽车电气设备中的实际故障为目的。内容选取注重理论结合实践,采用任务驱动方式组织教材,将理论知识与实践操作有机地组织起来。加强针对性与实用性的同时,重点突出学以致用,根据所学理论知识及故障分析的方法,使学员具备在维修现场解决实际问题的能力,做到举一反三。

本书可作为高等教育汽车检测与维修技术专业、汽车运用与维修专业、汽车电子技术专业、汽车整形技术专业、汽车定损与评估及汽车技术服务与营销专业的教学用书,也可作为广大自学者的自学用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车电气设备与维修/孙志刚主编. —北京:北京理工大学出版社, 2010. 7

ISBN 978-7-5640-3726-0

I. ①汽… II. ①孙… III. ①汽车—电气设备—车辆修理—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①U472. 41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 165391 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 18.75

字 数 / 357 千字

版 次 / 2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 1500 册

定 价 / 39.00 元



责任编辑 / 莫 莉

张慧峰

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

本书从现场的实际需求分析,以了解汽车电气系统、正确使用汽车电气设备、解决汽车电气设备中的实际故障为目的。内容选取注重理论结合实践,采用任务驱动方式组织教材,将理论知识与实践操作有机地组织起来。加强针对性与实用性的同时,重点突出学以致用,根据所学理论知识及故障分析的方法,使学员具备在维修现场解决实际问题的能力,做到举一反三。本书语言精练,图文并茂,易学易懂易用;内容详实,保持汽车电气系统的完整性与系统性。

本书打破了传统教材的编写方式,以现场的专项修理任务为情境,设定学习目标,使培养过程工作化。全书共设九个情境,包括:蓄电池的检修与维护,交流发电机的检测与维护,起动机的检修与维护,点火系的拆装、检测与诊断,照明与信号系统的检修与维护,仪表、报警灯与电子显示装置维护,安全与舒适系统维护,空调系统的检修与维护,电路图组成内容识读。在每一情境中又包括了学习目标、情境描述、相关知识、实操演练、评价反馈等部分。相关知识中的每个学习单元都配备了强化训练,供学生练习、自测,每个情境都采用实际维修案例来展开,并在文后增加了实操演练部分供学生进一步深入研究领会相关知识。实操演练部分依据现场汽车电气设备故障的维修任务流程来编制,包括:任务资讯,诊断方案确认,诊断方案实施,排除故障,结论、心得和感悟等部分。通过学习可使学生尽早明确学习的意义和将来在企业中的社会身份。

参加本书编写工作的有:孙志刚、何南昌、蔡伟学、梁晨露、董大伟、黄延刚。全书由孙志刚担任主编,何南昌、蔡伟学、梁晨露任副主编。

本书可作为高等教育汽车检测与维修技术专业、汽车运用与维修专业、汽车电子技术专业、汽车整形技术专业、汽车定损与评估及汽车技术服务与营销专业的教学用书,也可作为广大自学者的自学用书。

本书在编写过程中参阅了许多国内公开出版的同类教材,在此深表感谢。

由于编者水平有限,书中错误在所难免,请读者批评指正。

编 者

目 录

学习情境一 蓄电池的检修与维护	1
学习目标.....	1
情境描述.....	1
相关知识.....	1
单元一 蓄电池的基本知识	1
单元二 蓄电池的检修方法	7
单元三 蓄电池的使用与保养	14
实操演练	21
评价反馈	24
学习情境二 交流发电机的检测与维护	25
学习目标	25
情境描述	25
相关知识	25
单元一 交流发电机的基本知识	25
单元二 充电系的常见故障及各零部件的检修方法	44
单元三 交流发电机与调节器的使用及维护	53
实操演练	56
评价反馈	59
学习情境三 起动机的检修与维护	60
学习目标	60
情境描述	60
相关知识	60
单元一 起动机的基本知识	60
单元二 起动机的常见故障及各零部件的检修方法	77
单元三 起动机的使用及维护	82
实操演练	83
评价反馈	86
学习情境四 点火系的拆装、检测与诊断	87
学习目标	87
情境描述	87
相关知识	87
单元一 点火系的基本知识	87
单元二 点火系的故障诊断与维修	120

实操演练	134
评价反馈	137
学习情境五 照明与信号系统的检修与维护	138
学习目标	138
情境描述	138
相关知识	138
单元一 照明与信号系统的基本知识	138
单元二 汽车灯系的故障检修	161
实操演练	163
评价反馈	166
学习情境六 仪表、报警灯与电子显示装置维护	167
学习目标	167
情境描述	167
相关知识	167
单元一 仪表、报警灯与电子显示装置的基本知识	167
单元二 汽车仪表常见故障与排除	184
实操演练	187
评价反馈	190
学习情境七 安全与舒适系统维护	191
学习目标	191
情境描述	191
相关知识	191
单元一 安全与舒适系统的基本知识	191
单元二 各种常见系统的检修	218
实操演练	220
评价反馈	223
学习情境八 空调系统的检修与维护	224
学习目标	224
情境描述	224
相关知识	224
单元一 空调系统的基本知识	224
单元二 空调系统的维护	249
单元三 空调系统的故障诊断	261
实操演练	265
评价反馈	268
学习情境九 电路图组成内容识读	269
学习目标	269
情境描述	269
相关知识	269

单元一 汽车电路图的基本知识	269
单元二 汽车电路图的识读	280
单元三 利用电路图排除故障	283
实操演练	288
评价反馈	290
参考文献	291

学习情境一 蓄电池的检修与维护

学习目标

为了完成蓄电池的检测与维护任务，必须了解蓄电池的结构、工作原理及作用；掌握蓄电池型号的含义及选择蓄电池型号的原则；掌握蓄电池的充电方法，常见故障及排除方法；掌握蓄电池的维护内容等。

情境描述

售后服务经理接到客户反映：汽车启动时，起动机转速很快降低，转动无力；按喇叭声音弱、无力；开启大灯，灯光很暗；平时发现电解液耗损过快；蓄电池自行放电严重。经理布置给学员一个检查蓄电池技术状况、维护蓄电池的任务，要求检查蓄电池的容量，判断是否有故障，确定蓄电池是否可再用。如果可用，那么进行检修，并排除可能出现的故障；如不可用，那么确定更换蓄电池的型号，并进行更换。将检修、维护的相关信息告知经理，并得到经理的确认，提交一份分析报告并归档。

相关知识

单元一 蓄电池的基本知识

一、概述

蓄电池（俗称“电瓶”）是一种将化学能与电能互相转换的装置，是可逆的低压直流电源。蓄电池放电时，将其储存的化学能转换为电能；蓄电池充电时，将电能转换为化学能储存起来，直到化学能储存满时充电结束。

1. 蓄电池的分类

根据电解液的不同蓄电池可分为铅酸蓄电池和镍碱蓄电池，具体如下：

铅酸蓄电池	普通蓄电池
	免维护蓄电池
	干荷电蓄电池
	胶体电解质蓄电池
特点：具有价格便宜、内阻小等特点，在汽车上广泛应用。	
镍碱蓄电池	铁镍蓄电池
	铜镍蓄电池
特点：具有容量大、使用寿命长、维护简单等优点，但价格昂贵，目前只在少数汽车上使用。	

2. 蓄电池的作用

汽车上装有发电机与蓄电池两个直流电源，蓄电池与发电机并联，共同向全车用电设备供电。在发动机正常工作时，由发电机向全车用电设备供电，与此同时，蓄电池处于充电状态，由发电机给蓄电池充电。

蓄电池的作用如下：

①在发动机启动时，给起动机提供大电流，同时向点火系统、燃油喷射系统及其他用电设备供电。

②在发电机不发电时，由蓄电池向用电设备供电。

③当取下汽车钥匙时，由蓄电池向时钟、发动机及车身的 ECU (Electronic Control Unit) 存储器、电子音响系统及防盗报警系统等供电。

④当发电机超载时，蓄电池协助发电机供电。

⑤当发电机正常发电时，蓄电池可将发电机的电能转换为化学能储存起来（即充电）。

⑥蓄电池相当于一个大容量电容器，在发电机转速和负载变化较大时，能够保持汽车电源电压的相对稳定。同时，还可吸收电路中产生的瞬间过电压，保护汽车电子元件不被损坏。

汽车上所使用的蓄电池主要是为了满足起动机的需要，所以通常称之为启动型蓄电池。启动型蓄电池在短时间（5~10 s）内可提供强大的启动电流（一般为 200~600 A，最大可达 800~1 000 A）。

二、蓄电池的构造与型号

1. 蓄电池的构造

普通铅酸蓄电池主要由极板、隔板、电解液、外壳、联条、极柱（桩）等部分组成。蓄电池由单体电池组成，12 V 蓄电池由 6 个单体电池串联而成，每个单体电池电压为 2.1 V，如图 1-1 所示。

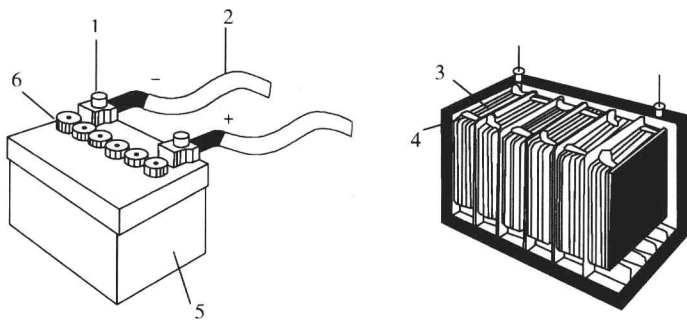


图 1-1 蓄电池的构造

1—极柱；2—启动电缆；3—单体电池；4—联条；5—外壳；6—加液孔盖

极板：极板分为正极板和负极板两种，均由栅架和填充在其上的活性物质构成，如图 1-2 所示。蓄电池充、放电过程中，电能和化学能的相互转换就是依靠极板上活性物质和电解液中硫酸的化学反应来实现的。

正极板：其上活性物质是二氧化铅（ PbO_2 ），呈深棕色。

负极板：其上活性物质是海绵状纯铅（ Pb ），呈青灰色。

栅架：其作用是容纳活性物质并使极板成形，一般由铅锑合金浇铸而成。其中含锑5%~7%，加入锑是为了提高栅架的机械强度并改善浇铸性能，但加锑的副作用是会引起蓄电池的自放电。

国产负极板的厚度为1.8 mm、正极板的厚度为2.2 mm（正极活性物质脱落和栅架腐蚀是决定蓄电池使用寿命的主要原因）。进口蓄电池普遍采用薄型极板，正、负极板的厚度均在1.1~1.5 mm。薄型极板在相同体积的情况下可以提高蓄电池的容量，改善蓄电池的启动性能。

为了增大蓄电池的容量，将多片正、负极板分别并联，组成正、负极板组，装在单体内，如图1-3所示。由于正极板的机械强度差，所以在每个单体中负极板组比正极板组多一片，这样每一片正极板都处于两片负极板之间，使其两侧放电均匀，防止正极板弯曲变形。

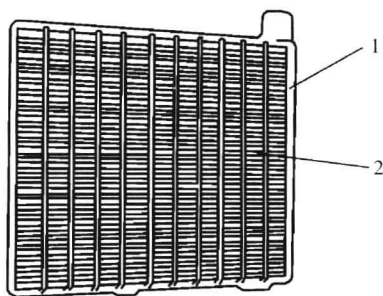


图 1-2 极板

1—栅架；2—活性物质

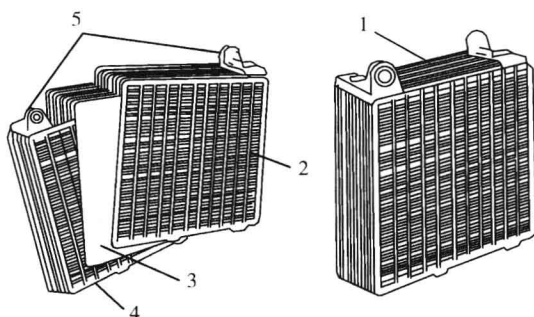


图 1-3 单体电池极板组

1—组装完的极板组；2—负极板；
3—隔板；4—正极板；5—联条

隔板：为了减小蓄电池的内阻和尺寸，蓄电池内部正、负极板应尽可能地靠近，但为了避免彼此接触而短路，正、负极板之间要用隔板隔开。隔板材料应具有多孔性和渗透性的特点，且化学性能稳定，即具有良好的耐酸性和抗氧化性。

常用的隔板有木质隔板、微孔橡胶隔板、微孔塑料隔板、玻璃纤维隔板和纸板等。

电解液：电解液由专用硫酸（密度 1.84 g/cm^3 ）和蒸馏水按一定比例配制而成，密度一般为 $1.24\sim 1.309\text{ g/cm}^3$ （电解液的温度为 25°C ）。配制电解液必须使用耐酸的器皿，切记只能将硫酸缓慢地倒入蒸馏水中，并不断搅拌。

壳体：蓄电池的壳体作用是用来盛放电解液和极板组的，因此应由耐酸、耐热、耐振、绝缘性好并且有一定机械强度的材料制成，一般采用橡胶或塑料制成。

壳体内部由6个互不相通的单体组成，底部有突起的肋条以便放置极板组。肋条之间的空间用来储存脱落下来的活性物质，以防止在极板间造成短路，极板装入壳体后，上部用与壳体相同材料制成的电池盖密封。每个单体的顶部有一个加液孔，用于添加电解液和蒸馏水，也用于检查电解液液面高度和测量电解液密度等，加液孔盖上设有通风孔，供蓄电池化学反应中产生的气体（氢气（ H_2 ）和氧气（ O_2 ）等）能随时逸出。

联条：联条的作用是将单体电池串联起来，提高整个蓄电池的端电压。普通蓄电池联条的串联方式一般是外露式，而新型蓄电池联条的串联方式是穿壁式，如图1-4所示。

2. 蓄电池的规格型号

蓄电池的型号按 JB/T 2599—1993《铅酸蓄电池产品型号编制方法》规定，产品型号含义如下：



第 I 部分：表示串联的单体蓄电池数，用阿拉伯数字表示。

第 II 部分：表示蓄电池的类型和特征，用汉语拼音字母组成。一般第一个字母用 Q，表示启动型蓄电池；其他字母表示蓄电池的特征代号，如：A 表示干荷电式，W 表示免维护式。

第 III 部分：表示蓄电池的额定容量，用 20 h 放电率额定容量来表示，以阿拉伯数字表示，单位为 A·h（安·时），在型号中单位略去。

例如：

① 6 - QA - 105：表示由 6 个单体蓄电池组成，额定电压 12 V，额定容量为 105 (A·h) 的启动型干荷电蓄电池。

② 6 - QAW - 100：表示由 6 个单体蓄电池组成，额定电压 12 V，额定容量为 100 (A·h) 的启动型干荷电免维护蓄电池。

在蓄电池的选用时，应注意按照先选“型”，再选“号”的次序进行：首先选启动型，再选电压和容量，电压必须和汽车电气系统的额定电压一致，容量必须满足汽车启动的要求。根据起动机要求的电压和容量选择，一般应满足连续启动三次以上的要求。每车尽量选用一个蓄电池，实在不行，才选用两个蓄电池。若电压不符，则两个电池串联，每个蓄电池的电压为总电压的 1/2；若容量不符，则选两个蓄电池并联，每个容量为总容量的 1/2。

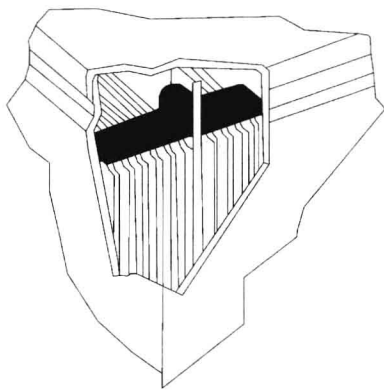


图 1-4 单体电池的串联方式

三、蓄电池的工作原理和工作特性

1. 蓄电池的工作原理

(1) 电动势的建立

当正负极板各一片浸入电解液时，通过活性物质与电解液反应的过程使负极板带负电，正极板带正电。当反应达到平衡时，溶解便停止，此时负极板具有负电位，约为 -0.1 V，正极板呈正电位，约为 +2.0 V。因此，当外电路未接通时，蓄电池的静止电动势约为 2.1 V。

(2) 蓄电池的放电

当蓄电池接上负载后，在电动势的作用下，电流 I 从正极经过负载流往负极（即电子从负极到正极）。

(3) 蓄电池的充电

充电时，应将蓄电池接直流电源（充电器）。当电源电压高于蓄电池电动势时，在电源电压作用下，电流从蓄电池正极流入，负极流出（外电路电子是从正极流向负极）。

2. 蓄电池的工作特性

蓄电池的内阻由极板电阻、电解液电阻、隔板电阻及联条电阻四部分组成。正常情况下，蓄电池的内阻很小，所以能够为起动机提供几百安培的启动电流。

极板电阻总的来说是很小的。随着蓄电池放电的进行,正、负极板表面 PbSO_4 逐渐增多,由于 PbSO_4 的导电性差,因此放电程度越高,极板电阻越大。

隔板电阻与材料有关。木质隔板由于其多孔性差,所以其电阻比橡胶隔板和塑料隔板的电阻大。

联条电阻与联条形式有关。传统外露式联条电阻比内部穿壁式、跨越式联条的电阻要大。

电解液电阻与电解液的密度和温度有关。温度低,黏度大,则电解液电阻大,而电解液的密度过高或过低,均会使电解液电阻增大。电解液的相对密度为1.2时(电解液的温度为 15°C),电解液的电阻最小。电解液电阻与相对密度的关系如图1-5所示。

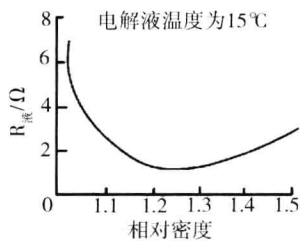


图 1-5 电解液电阻与密度的关系

(1) 放电特性

蓄电池的放电特性是指在恒流放电过程中,蓄电池的端电压 U_f 和电解液密度随时间变化的规律。

蓄电池放电终止的特征是:

- ①电解液密度下降至最小允许值。
- ②单体蓄电池的端电压下降至放电终止电压。

允许的放电终止电压与放电电流有关,放电电流越大,持续放电时间则越短,则允许的放电终止电压越低,见表1-1。

表 1-1 允许的放电终止电压与放电电流的关系

放电电流/A	$0.05C_{20}$	$0.1C_{20}$	$0.25C_{20}$	$1C_{20}$	$3C_{20}$
持续放电时间	20 h	10 h	3 h	30 min	5.5 min
单体电池允许的放电终止电压/V	1.75	1.70	1.65	1.55	1.50

(2) 充电特性

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 U_c 和电解液密度随充电时间变化的规律。

蓄电池充电终止的特征:

- ①蓄电池电解液内产生大量气泡,呈“沸腾”状态。
- ②端电压和电解液密度均上升至最大值,且2~3 h内不再增加。

四、蓄电池的容量及影响因素

1. 蓄电池的容量

蓄电池的容量是标志蓄电池对外放电能力、衡量蓄电池性能优劣以及选用蓄电池的最重要指标。

蓄电池容量是指在规定的放电条件下,完全充电的蓄电池所能输出的电量,用“C”表示,单位为 $\text{A} \cdot \text{h}$ (安·时)。

蓄电池容量分为20 h放电率额定容量、启动容量及储备容量等。这里只介绍常用的20 h放电率额定容量,简称额定容量。

完全充电的蓄电池,在电解液温度为 25°C 时,以20 h放电率(放电电流为 $0.05C_{20}$)连

续放电，直到单体蓄电池端电压降至 1.75 V 时为止，蓄电池所输出的电量称为额定容量，用 C_{20} 表示。额定容量是设计容量，是蓄电池性能的重要指标之一。例如，6Q100 型蓄电池，其“100”就是额定容量，是在电解液平均温度为 25℃ 时，以 5 A 的电流连续放电 20 h 后，单体蓄电池端电压降至 1.75 V 时得到的。

2. 影响蓄电池容量的因素

放电电流的影响：放电电流越大，端电压下降越快，放电时间越短，故蓄电池容量越小。

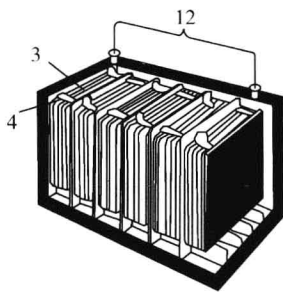
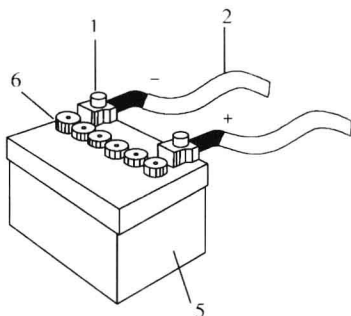
电解液温度的影响：电解液温度降低，蓄电池容量减小。因此，冬季在寒冷地区使用蓄电池时，应特别注意蓄电池的保温。

电解液密度的影响：适当增加电解液的密度，可以减小蓄电池内阻，提高电解液的渗透速度，使蓄电池容量增大。实践证明，电解液密度稍低有利于提高蓄电池的放电电流和容量，有利于延长蓄电池的使用寿命。因此，冬季在保证电解液不结冰的前提下，也应尽可能使用密度稍低的电解液。

强化训练

1. 定义：蓄电池（俗称“_____”）是一种_____将转变为_____的装置，是可逆的低压直流电源。能量的转换：蓄电池放电时，将_____转变为电能；蓄电池充电时，将电能转化为_____储存起来，直到化学能储存满时充电结束。

2. 构造：写出下图中各部分的名称及各部分的组成物质及作用：



- (1) _____ (2) _____ (3) _____
 (4) _____ (5) _____ (6) _____

各部分的组成物质及作用		
名称	组成物质	作用
正负极板		
栅架		
壳体		
电解液		
联条		

单元二 蓄电池的检修方法

一、蓄电池的常见故障及其排除

(一) 内部故障

1. 极板硫化

蓄电池长期充电不足或放电后长时间未充电,极板上会逐渐生成一层白色大晶粒 Pb-SO_4 ,这种现象称为硫酸铅硬化,简称硫化。它阻碍了电解液的渗透和扩散,使蓄电池的内阻增加,启动时不能给起动机提供足够大的启动电流,以致不能启动发动机。

蓄电池极板硫化后的现象:在充、放电时会有异常现象,如放电时蓄电池容量下降很快,用高率放电计检查时,单体蓄电池端电压急剧降低;充电时单体蓄电池端电压上升快,电解液温度迅速升高,但密度却提高很慢,且过早出现“沸腾”现象。

产生极板硫化的主要原因是:

- ①蓄电池长期充电不足或放电后没有及时充电。
- ②蓄电池内液面过低,使极板上部与空气接触而发生氧化(主要是负极板)。
- ③电解液密度过高、电解液不纯、环境温度温差较大等因素也能引起蓄电池极板硫化。

平时注意事项:为了避免极板硫化,蓄电池应经常处于充满电的状态,放完电的蓄电池应及时进行补充充电,电解液密度要选择恰当,液面高度应符合规定。

对于已经硫化的蓄电池极板,轻者可用去硫化充电法消除极板硫化,而重者蓄电池应报废。

2. 自放电

充足电的蓄电池,放置不用会逐渐失去电量,这种现象称为蓄电池的自放电。

造成自放电的原因有以下几个方面:

- ①电解液中有杂质,这些杂质在极板周围形成局部蓄电池而产生自放电。
- ②蓄电池内部短路引起的自放电。
- ③蓄电池盖表面不清洁,如有电解液等,会造成自放电,还会使极柱腐蚀。

因此,为了减少蓄电池的自放电,电解液的配制应符合要求,使用中还应经常保持蓄电池表面的清洁。

3. 极板活性物质大量脱落

极板活性物质脱落一般多发生在正极板上,其特征为充电时电解液中有褐色物质自底部上升,单体蓄电池端电压上升快,电解液过早出现“沸腾”现象,而电解液密度不能达到规定的最大值;放电时,蓄电池容量明显下降。极板活性物质大量脱落的原因有充电电流过大、充电时间过长、低温长时间大电流放电等。另外,蓄电池受到剧烈振动时,也会引起极板活性物质脱落。

4. 极板短路

极板短路的故障现象是：充电过程中，电解液温度迅速上升，单体蓄电池端电压与电解液密度上升缓慢；放电时，蓄电池容量明显下降。

极板短路的原因主要有：隔板损坏；活性物质在蓄电池底部沉积过多；极板弯曲及金属杂质落入正、负极板之间等。对于短路的蓄电池必须将其拆开，查明原因，排除故障。

（二）外部故障

外部故障主要是由以下几个方面引起：

①容器破裂。造成容器破裂的原因有蓄电池固定螺母拧得过紧，行车剧烈振动、外物击伤和电解液结冰等。

检查判断方法：检查蓄电池电解液的液面高度；检查电池底部的潮湿情况。如果电解液液面高度过低及电池底部有潮湿现象，则可以判定容器有裂纹存在。

②封口胶破裂，多因质量不佳或受到撞击造成。

③极柱螺栓和螺母腐蚀。螺栓和螺母产生腐蚀污物，可以用竹片将污物刮去，再用蘸有5%的碱溶液的抹布擦去残余的污物和酸液，再用清水清洗干净，最后在极柱和接线端表面涂上凡士林油保护。

④蓄电池爆炸，主要是氢、氧排不出来，所以必须保证蓄电池排气孔通气顺畅。

二、蓄电池的充电

（一）充电种类

1. 初充电

新蓄电池或修复后的蓄电池在使用之前的首次充电称为初充电。初充电的特点是充电电流小、充电时间长。

初充电的过程如下所示：

①按规定将电解液加注到蓄电池中，加入电解液的温度不得超过35℃，加入电解液后蓄电池应静置3~6 h，电解液液面应高出极板10~15 mm。

②接通充电电源。因为新蓄电池的极板表面已被空气氧化，充电时容易过热，因此初充电一般应选用较小的充电电流。初充电通常分两个阶段：第一阶段的充电电流约为 $C_{20}/15$ ，充电至电解液产生气泡，单体蓄电池端电压达2.4 V为止；第二阶段将充电电流减半，继续充电到蓄电池充足电为止，全部充电时间约为60~70 h。

③初充电完毕后，应测量电解液的相对密度，如不符合规定，应用蒸馏水或相对密度为1.40的电解液进行调整。

在初充电过程中，如果电解液温度上升至40℃，可将充电电流减半或停止充电，待电解液温度下降后再继续充电。

2. 补充充电

使用中的蓄电池有下列现象之一时，说明蓄电池容量不足，应进行补充充电。

- ①电解液密度下降到 1.15 g/cm^3 以下。
- ②冬季放电超过 25%，夏季放电超过 50%。
- ③起动机运转无力。发动机不工作时，开前照灯，灯光暗淡；按电喇叭（以下简称喇叭），喇叭声音小。
- ④蓄电池放置时间超过一个月。

3. 去硫化充电

当蓄电池极板轻微硫化时，可进行去硫化充电，方法如下：

- ①先倒出蓄电池内的电解液，用蒸馏水反复冲洗蓄电池极板数次，然后加入蒸馏水至液面高出极板 10 ~ 15 mm。
- ②用初充电电流进行充电，当电解液密度上升到 1.15 g/cm^3 以上时，倒出电解液，加入蒸馏水，再继续充电，如此反复多次，至密度不再上升为止。
- ③用 10 h 放电率放电检查蓄电池容量，如蓄电池容量达到额定容量的 80% 时，说明硫化已基本消除，即可使用，否则蓄电池报废。

（二）充电方法

通常蓄电池的充电方法有定流充电、定压充电及脉冲快速充电三种方法，不同的充电种类应根据具体情况正确选择充电方法。

1. 定流充电

在充电过程中，充电电流保持一定的充电方法，称为定流充电。

定流充电注意事项：

- ①由于充电过程中蓄电池电动势逐渐升高，因此定流充电过程中要不断调整充电电压。当单体蓄电池的端电压上升到 2.4 V 时，电解液开始有气泡冒出，这时应将充电电流减半，直到蓄电池完全充足电为止。
- ②采用定流充电时，被充电的多个蓄电池可串联在一起充电，如图 1-6 所示。充电时，每个单体需要 2.7 V，故串联电池的单体总数不应超过 $n = U_c / 2.7$ （ U_c 为充电机的充电电压）。此外，所串联的蓄电池最好容量相同，否则充电电流的大小必须按照容量最小的蓄电池来选定。

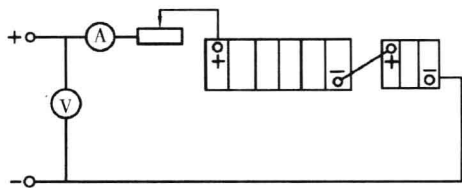


图 1-6 定流充电连接方式

- ③定流充电适用于蓄电池的初充电、补充充电及去硫化充电，其缺点是充电时间长，并且需要经常调整充电电压。

2. 定压充电

充电过程中，电源电压始终保持不变的充电方法称为定压充电，如图 1-7 所示。在定

压充电开始时, 充电电流很大。此后随着蓄电池电动势的增大, 充电电流逐渐减小, 至充电终止时, 充电电流降到最小值。如果充电电压调整得当, 当充足电时, 充电电流为零。

由于定压充电时间短, 充电过程中不需调整充电电压, 因此适用于蓄电池的补充充电。但定压充电过程, 不能调整充电电流的大小, 所以不能用于蓄电池的初充电及去硫化充电。定压充电时, 要求所有充电的蓄电池电压必须相同。

采用定压充电时, 要选择好充电电压。若充电电压过高, 则充电初期充电电流过大, 且易发生过度充电现象; 若充电电压过低, 则蓄电池充电不足。在汽车上, 发电机给蓄电池的充电是定压充电, 这样发电机的调节电压要选择适当, 过高过低对蓄电池都不利。

3. 脉冲快速充电

在充电过程的后期, 蓄电池两极板间电位差会高于两极板活性物质的平衡电极电位 (每单体为 2.1 V), 这种现象称为极化。极化阻碍了蓄电池充电过程化学反应的正常进行, 是造成充电效率低及充电时间长的主要因素。

脉冲快速充电克服了充电过程中所产生的极化现象, 有效地提高了充电效率。脉冲快速充电首先利用充电初期极化现象不明显、蓄电池可以接受大电流充电的特点, 初期采用 $(0.8 \sim 1) C_{20}$ 的大电流对蓄电池进行定流充电, 使蓄电池容量在短时间内达到 60% 左右的额定容量; 当单体蓄电池端电压达到 2.4 V, 电解液开始冒气泡时, 控制电路使充电转入脉冲快速充电阶段: 先停止充电 25 ms 左右, 接着再反向脉冲快速充电, 反向充电的脉宽一般为 $150 \sim 1\,000\ \mu\text{s}$, 脉幅为 $(1.5 \sim 3) C_{20}$ 的充电电流, 接着再停止充电 25 ms, 然后再用正向脉冲进行充电, 反复进行, 直到充足电为止, 其充电电流波形如图 1-8 所示。

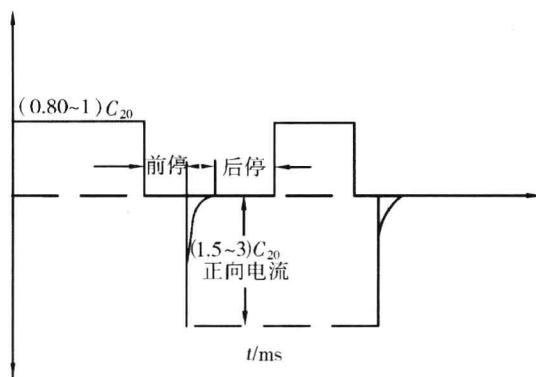


图 1-8 脉冲快速充电电流波形

脉冲快速充电的优点:

① 充电时间大大缩短, 一般初充电不多于 5 h, 补充充电需要 1~2 h, 而采用定流充电进行初充电需要 60~70 h, 采用定压充电进行补充充电需要 13~16 h。

② 可以增加蓄电池容量。

③ 去硫化作用显著。

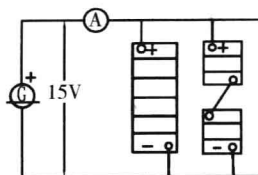


图 1-7 定压充电连接方式