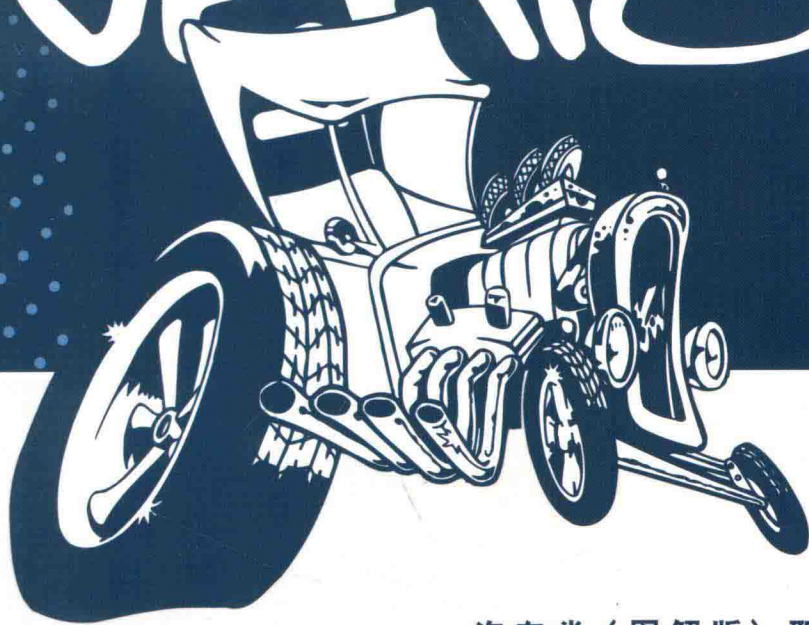


VEHICLE



汽车类（图解版）职业教育精品规划教材

汽车发动机电器 与控制系统检修

马云贵 主编

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

汽车发动机电器与控制系统检修

主 编 马云贵

内 容 简 介

本书根据汽车类专业教学标准及从事汽车职业的在岗人员对基础知识、基本技能和基本素质的需求,结合汽车专业人才培养的目的,重点介绍蓄电池、交流发电机、起动机、汽油发动机电控系统、汽油发动机电控燃油喷射系统、汽油发动机电控点火系统、汽油发动机怠速控制系统、汽油发动机辅助控制系统、电控发动机故障诊断等内容。

全书讲解清晰、简练,配有大量的图片,明了直观。本书按照汽车维修作业项目的实际工艺过程,结合目前职业院校流行的模块化教学的实际需求,理论联系实际,重视理论,突出实操。

本书适合作为职业院校汽车专业教材,也可作为汽车售后服务站专业技术人员的培训教材。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机电器与控制系统检修 / 马云贵主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2016.8

ISBN 978-7-5682-2936-4

I. ①汽… II. ①马… III. ①汽车-发动机-电气设备-车辆检修-高等职业教育-教材 ②汽车-发动机-控制系统-车辆检修-高等职业教育-教材 IV. U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 200627 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)

82562903 (教材售后服务热线)

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 / 北京佳创奇点彩色印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 14.5

字 数 / 337 千字

版 次 / 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 41.00 元

责任编辑 / 陆世立

文案编辑 / 陆世立

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

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

PREFACE

截至 2015 年 6 月,我国汽车保有量已经突破了 1.63 亿辆。在这种形势下,汽车维修、售后服务以及汽车销售人才所存在的缺口问题越来越严重。特别是建立在先进传感技术基础上的故障诊断系统在各种汽车上大量应用之后,各种现代化检测诊断仪器和维修技术也应运而生,现代汽车已发展成为机电一体化的高科技载体。这给汽车维修业带来了极大的机遇和挑战,同时也对汽车维修人员的技术水平提出了更高、更新的要求。

同时,为了解决学生学不懂、学习兴趣不浓、教材内容枯燥乏味,老师不好教等问题,北京理工大学出版社特邀请一批知名行业专家、学者以及一线骨干老师结合新的专业教学标准,规划出版了该套图解版汽车职业教育系列教材。

本系列教材坚持如下定位:

- ★ 以就业为导向,培养学生的实际运用能力,以达到学以致用为目的;
- ★ 以科学性、实用性、通用性为原则,以使教材符合职业教育汽车类课程体系设置;

- ★ 以提高学生综合素质为基础,充分考虑对学生个人能力的提高;
- ★ 以内容为核心,注重形式的灵活性,以便于学生接受。

本系列教材坚持理论知识图解化的基本理念,教材配有大量的插图、表格和立体化教学资源,介绍了大量的故障诊断、维修服务和营销案例。

- ★ 在内容上强调面向应用、任务驱动、精选案例、严控质量;
- ★ 在风格上力求文字简练、脉络清晰、图表明快、版式新颖;
- ★ 在理论阐述上,遵循“必需”、“够用”的原则,在保证知识体系相对完整的同时,做到知识讲解实用、简洁和生动。

本书共分为 9 个课题,重点介绍蓄电池、交流发电机、起动机、汽油发动机电控系统、汽油发动机电控燃油喷射系统、汽油发动机电控点火系统、汽油发动机怠速控制系统、汽油发动机辅助控制系统、电控发动机故障诊

断等内容。

本书图文并茂、通俗易懂，适合作为职业院校汽车专业教材，也可作为汽车售后服务站专业技术人员的培训教材。

由于作者水平有限，书中可能会有疏漏和不妥之处，欢迎读者批评指正。

编 者

目录

CONTENTS

课题一 蓄电池	1
任务一 蓄电池的构造与检测	2
任务二 蓄电池的充电与故障诊断	13
课题二 交流发电机	21
任务一 交流发电机的构造与工作原理	22
任务二 交流发电机的检测与故障诊断	32
课题三 起动机	44
任务一 起动机的构造与工作原理	45
任务二 起动机的检测与故障诊断	52
课题四 汽油发动机电控系统	63
任务一 汽油发动机电控系统的组成与功用	64
任务二 汽油发动机电控系统的控制内容与功能	74
课题五 汽油发动机电控燃油喷射系统	79
任务一 电控燃油喷射系统的分类	80
任务二 电控燃油喷射系统的组成和工作原理	85
任务三 电控燃油喷射系统的检修	121
课题六 汽油发动机电控点火系统	135
任务一 发动机电控点火系统的功用、要求与分类	136
任务二 发动机点火系统的组成与工作原理	138

任务三 发动机电控点火系统的检修	158
------------------------	-----

课题七 汽油发动机怠速控制系统..... 169

任务一 怠速控制系统的功用、组成与工作原理	170
-----------------------------	-----

任务二 怠速控制系统的检修	176
---------------------	-----

课题八 汽油发动机辅助控制系统..... 183

任务一 谐波增压控制系统	184
--------------------	-----

任务二 废气涡轮增压控制系统	187
----------------------	-----

任务三 可变气门正时控制系统	190
----------------------	-----

任务四 可变进气歧管控制系统	196
----------------------	-----

任务五 排气管废气污染物控制	198
----------------------	-----

课题九 电控发动机故障诊断..... 207

任务一 电控系统的基本诊断方法	208
-----------------------	-----

任务二 电控发动机故障诊断流程	215
-----------------------	-----

课题一

蓄电池

学习目标

通过本课题的学习，你能：

1. 熟悉蓄电池的功用、分类。
2. 掌握蓄电池的构造与工作原理
3. 掌握蓄电池的拆装、检查方法。
4. 能够对蓄电池进行充电和简单的故障诊断与排除。

任务一 蓄电池的构造与检测

一、蓄电池的功用

蓄电池（俗称“电瓶”）是汽车上的两个电源之一，在汽车上与发电机并联，共同向用电设备供电。蓄电池在车上的安装位置如图 1-1 所示。

蓄电池是一种既能将化学能转换为电能的装置，也能将电能转化为化学能的可逆低压直流电源。当蓄电池放电时，将其储存的化学能转换为电能；当蓄电池充电时，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。汽车上蓄电池的功用如下：

- 1) 在发动机起动时，向起动机和点火系统供电。
- 2) 在发电机不发电或电压较低的情况下向用电设备供电。
- 3) 当发电机超载时，协助发电机供电。
- 4) 蓄电池存电不足，而发电机负载又较少时，它可将发电机的电能转变为化学能储存起来（即充电）。
- 5) 过载保护。蓄电池相当于一个大容量电容器，在发电机转速和负载发生比较大的变化时，能够保持汽车电气系统电压的相对稳定；同时，还可吸收发电机产生的瞬间过电压，保护汽车电子元件不被损坏，所以，发电机不允许脱开蓄电池运转。



图 1-1 蓄电池在车上的安装位置

二、蓄电池的分类

汽车上所使用的蓄电池主要是为了满足起动发动机的需要，所以，通常称为起动型蓄电池。起动型蓄电池在短时间内可提供强大的起动电流（一般为 200 ~ 600A，最大可达 1 000A）。

根据电解液的不同，起动型蓄电池的分类与特点如表 1-1 所示。

表 1-1 起动型蓄电池的分类与特点

分 类		特 点	
铅酸蓄电池	普通铅酸电池	新蓄电池内没有电解液，极板不带电，使用前需加注规定量的电解液并进行初充电。在使用过程中需要定期维护	铅酸蓄电池结构简单，内阻小，起动性能好，价格低廉，所以在汽车上广泛采用
	干荷电蓄电池	又称干式荷电蓄电池，新蓄电池内没有电解液，极板处于干燥且已充电的状态下。如需使用，只要在规定的保存期（一般为 2 年）内加入规定量的电解液，静置 30min 后即可使用（无须初充电）。在使用过程中需要定期维护	
	湿荷电蓄电池	又称湿式荷电蓄电池，新蓄电池内有少量电解液，极板处于已充电的状态下。如需使用，只要在规定的保存期（一般为 2 年）内加入规定量的电解液，静置 30min 后即可使用（无须初充电）。在使用过程中需要定期维护	

续表

分 类		特 点	
铅酸蓄电池	免维护蓄电池	在有效使用期（一般为4年）内，无须检查电解液液面高度，无须添加蒸馏水，无须清理极桩等维护工作	
镍碱蓄电池	铁镍蓄电池	具有容量大、使用寿命长、维护简单等优点，但其价格昂贵，目前只在少数汽车上使用	
	镉镍蓄电池		

目前，世界各国正在不断探索和研制电动汽车，其主要的动力源为新型高能蓄电池。电动汽车新型高能蓄电池具有无污染、比容量大、充放电性能好、使用寿命长等优点，但结构复杂、成本高。

三、蓄电池的结构

汽车蓄电池由3只或6只单格电池串联而成，每只单格电池电压约为2V，串联成6V或12V以供汽车选用。普通铅酸蓄电池主要由极板、隔板、电解液、外壳、联条、极桩等组成，如图1-2所示。

1. 极板

极板是蓄电池的核心，分正极板和负极板。蓄电池极板由栅架和活性物质组成，如图1-3所示，活性物质填充在铅锑合金铸成的栅架上。蓄电池充、放电过程中，电能和化学能的相互转换是依靠极板上活性物质和电解液的化学反应来实现的。

2. 隔板

隔板的作用是将相互紧靠的正、负极板隔开，防止相互接触而短路，如图1-4所示。隔板材料应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。隔板通常一面带有沟槽，安装时，有沟槽面应对着正极板，且与底部垂直，以便于电解液的流通、脱落活性物质的下沉及气泡的逸出。

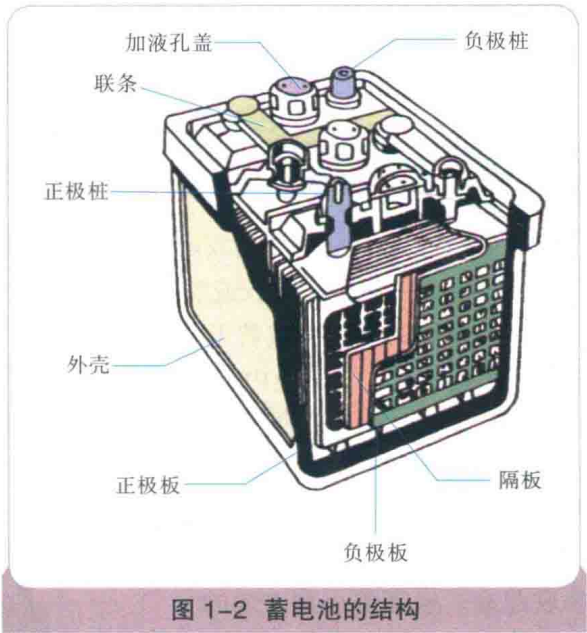


图 1-2 蓄电池的结构

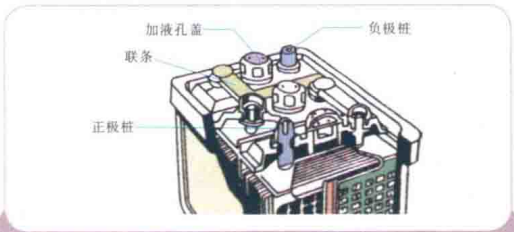


图 1-3 极板的组成



图 1-4 单体电池极板组

3. 电解液

电解液是蓄电池内部发生化学反应的主要物质，由纯净硫酸和蒸馏水按一定的比例配制而成。

蓄电池电解液的密度一般为 $1.24 \sim 1.31\text{g/cm}^3$ ，使用中密度应根据地区、气候条件和制造厂的要求而定，如表 1-2 所示。对于透明塑料容器的蓄电池，可以通过观察液面高度指示线检查电解液的液面高度，如图 1-5 所示。

表 1-2 不同气温下电解液密度的选择

使用地区最低温度 /℃	冬季 / ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	夏季 / ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)
< -40	1.30	1.26
-30 ~ -40	1.28	1.25
-20 ~ -30	1.27	1.24
0 ~ 20	1.26	1.23



图 1-5 电解液

4. 外壳

蓄电池的外壳是用来盛放电解液和极板组的。它必须耐酸、耐温、耐寒、抗振，并具有足够的机械强度，一般采用橡胶或塑料制成。

一个整体的外壳分成若干个单格。汽车用蓄电池电压多为 6V 和 12V 两种规格，6V 蓄电池内分 3 个单格，12V 蓄电池内分 6 个单格。

5. 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。单体电池的串联方式有传统外露式、内部穿壁式和跨越式 3 种，如图 1-6 所示。

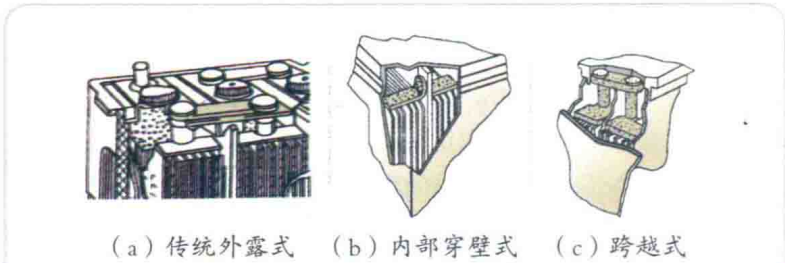


图 1-6 单体电池的串联方式

6. 极桩

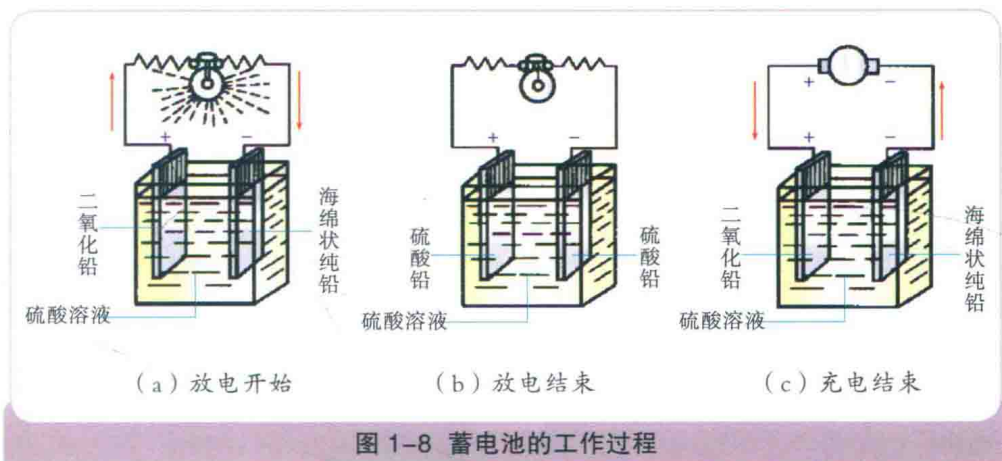
极桩有圆锥形和 L 形等形式，如图 1-7 所示。为便于识别，在正极桩的上方或旁边标刻有“+”（或 P）标记，在负极桩的上方或旁边标刻有“-”（或 N）标记，或者在正极桩上涂红色油漆。



图 1-7 极桩

四、蓄电池的工作原理

蓄电池的工作原理就是化学能与电能的相互转化。当蓄电池将化学能转化为电能而向外供电时，称为放电过程；当蓄电池与外界直流电源相连而将电能转化为化学能储存起来时，称为充电过程。蓄电池的工作过程如图 1-8 所示。

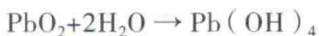


1. 电动势的建立

蓄电池的单格电池由浸在电解液中的正极板和负极板组成，电解液是硫酸水溶液。当放电尚未开始时，正极板是二氧化铅（ PbO_2 ），负极板是纯铅（ Pb ），电解液是硫酸溶（ H_2SO_4 ）。

当极板浸入电解液后，由于少量的活性物质溶解于电解液，产生了电极电位，并且由于正负极板的电极电位不同形成了蓄电池的电动势。

正极板处，少量 PbO_2 溶入电解液，与水生成 $\text{Pb}(\text{OH})_4$ 再分离成四价铅离子和氢氧根离子，即



其中，溶液中的 Pb^{4+} 有沉附于正极板的倾向，使正极板呈正电位，同时由于正、负电荷的吸引，极板上 Pb^{4+} 有与溶液中 OH^- 结合，生成 $\text{Pb}(\text{OH})_4$ 的倾向，当两者达到动态平衡时，正极板的电极电位约为 +2.0V。

在负极板处，金属铅受到两方面的作用，一方面它有溶解于电解液的倾向，因而有少量铅进入溶液，生成 Pb^{2+} ，在负极板上留下两个电子 $2e$ ，使负极板带负电；另一方面，由于正、负电荷的相互吸引， Pb^{2+} 有沉附于极板表面的倾向。当两者达到平衡时，溶解便停止，此时极板具有负电位，约为 -0.1V。

因此，当外电路未接通时，蓄电池的静止电动势约为 2.1V。

2. 蓄电池的放电过程

蓄电池的放电过程见图 1-8 (a)。蓄电池与外电路接通后,在极板电位差的作用下,电流从正极流出,经过灯泡流回负极,使灯泡通电发光。在蓄电池放电过程中,正极板活性物质由二氧化铅转变为硫酸铅,负极板上的活性物质由纯铅也转变为硫酸铅,电解液消耗硫酸生成水,电解液密度逐渐下降。

3. 蓄电池的充电过程

蓄电池的充电过程见图 1-8 (c)。把放电后的蓄电池接一直流电源,使蓄电池正极连接直流电源的正极,蓄电池的负极连接直流电源的负极,当外加电源电压高于蓄电池电动势时,电源电流将以与放电电流相反的方向流过蓄电池,使蓄电池正、负极板发生电化学反应对蓄电池进行充电。在铅蓄电池充电过程中,正极板活性物质由硫酸铅转变为二氧化铅,负极板上的活性物质由硫酸铅转变为纯铅,电解液中消耗了水,生成了硫酸,电解液密度逐渐上升。只要充电过程进行,上述电化学反应就不断进行。当极板上的物质全部转变完成后,蓄电池就会充满电。

4. 铅酸蓄电池充、放电后电解液的变化

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。

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。

五、蓄电池的检查与维护

1. 蓄电池的检查

《 (1) 蓄电池外壳的检查

蓄电池外壳出现裂纹,除了用肉眼观察之外,还可用以下方法检查:

1) 将蓄电池壳注满电解液,然后搁置 24h,查看其有无渗漏痕迹。

2) 也可将蓄电池加注稀硫酸溶液(相对密度为 1.1)至离蓄电池外壳上边缘 2mm,然后将蓄电池放入充满相同相对密度的稀硫酸溶液的容器中,并使蓄电池壳内与容器中的液面高度一样。将一个电极与电源相连,另一个电极与电压表相连,此时若电压表指针发生偏转,即表明外壳有渗漏,反之说明其外壳完好。还可用相同方法检查蓄电池相邻单格之间的隔板是否完好。

《 (2) 蓄电池电压的测量

如图 1-9 所示,用万用表电压挡测量蓄电池的电压,应为 12V 左右。

《 (3) 蓄电池电压降的检测

在检查蓄电池工作性能的时候,可以通过检测蓄电池电压降的方法进行判断。

1)检测蓄电池电压降时,可用万用表分别测量蓄电池正、负电极极桩与对应导线间的电压降,测得的电压应不大于 0.5V (理想状态为 0V)。

2)如果电压大于 0.5V,说明蓄电池极桩与对应的导线之间的电阻过大,原因是极桩与导线接触不良(不紧固或有氧化物析出),应清理蓄电池极桩(蓄电池极桩上的氧化物如图 1-10 所示),并重新紧固蓄电池导线。



图 1-9 蓄电池电压的测量



图 1-10 蓄电池极桩上的氧化物

《 (4) 通过观察孔判断蓄电池的技术状况

全密封型免维护蓄电池,内部安装有电解液密度计(俗称电眼),如图 1-11 所示。

通过顶端的检查孔(观察窗)观察其颜色可判断蓄电池的技术状况,如图 1-12 所示。

绿色:表示蓄电池的技术状况良好。

黑色:表示电解液密度偏低,应对蓄电池进行补充充电。

浅黄色:表示电解液液面过低,蓄电池已不能继续使用。

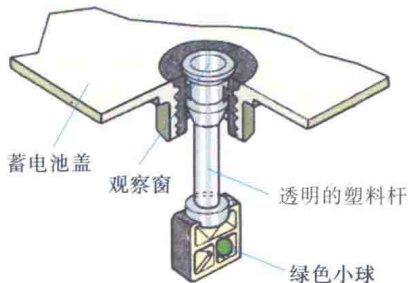


图 1-11 观察孔位置

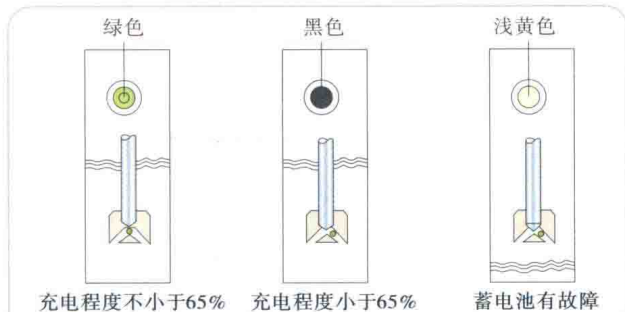


图 1-12 蓄电池的技术状况

《 (5) 电解液液面高度的检查

1)对于透明或半透明塑料壳体的蓄电池,可以直接通过外壳上的液面线检查。如图 1-13 所示,壳体前侧面上标有最高液位线和最低液位线,电解液液面应保持在高、低液位线之间,电解液不足时应加注蒸馏水。

2) 对于不能通过外壳上的液面线进行检测的蓄电池, 可以用玻璃管测量液面高度。

检测方法见图 1-14, 将玻璃管垂直插入蓄电池的加液孔中, 直到与保护网或隔板上缘接触为止, 然后用手指堵紧管口并将管取出, 管内所吸取的电解液的高度即液面高度, 其值应为 10 ~ 15mm。

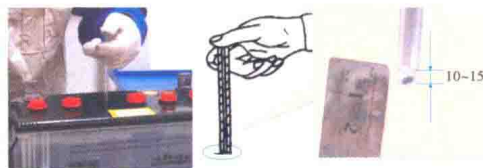


图 1-13 观察液面的高度

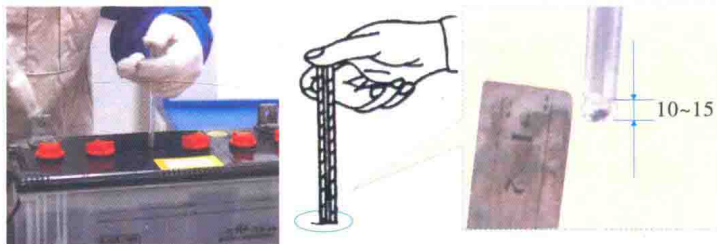


图 1-14 用玻璃管测量电解液液面高度

《 (6) 电解液密度的检测

用密度计测试电解液密度是最直接的一种测试方法。测量蓄电池电解液密度时, 蓄电池应处于稳定状态。蓄电池充、放电或加注蒸馏水后, 应静置 0.5h 后再测量。

测量方法如图 1-15 所示, 吸取蓄电池中的电解液, 直到浮子浮起, 然后检查浮子高度和浮子刻线之间的关系, 可读出高度的数值, 也可通过浮子彩色标记来判断蓄电池的放电程度。

- 1) 电解液处于黄色区域, 说明电量充足。
- 2) 电解液处于绿色区域, 说明电量比较充足。
- 3) 电解液处于红色区域, 说明蓄电池必须充电。



(a) 用密度计吸取蓄电池中的电解液



(b) 读取高度值



(c) 电解液处于黄色区域

图 1-15 测量电解液密度

《 (7) 电池端电压的检测

用高功率放电计测量放电电压。方法如下: 将高功率放电计的红色鳄鱼夹与蓄电池的正极相连, 黑色鳄鱼夹与蓄电池的负极相连, 按压高功率放电计测试开关并保持 5s 后放开, 待测试仪上的指针静止不动后读出读数, 如图 1-16 所示, 此读数即蓄电池的端电压。

- 1) 如电压大于 11.5V, 则表明蓄电池良好。
- 2) 如电压为 9.5 ~ 11.5V, 则说明蓄电池较好。
- 3) 如电压小于 9.5V, 则说明蓄电池需要充电或存在故障。



图 1-16 用高功率放电计测量蓄电池空载端电压

2. 蓄电池的维护

《 (1) 蓄电池的日常维护

为了使蓄电池经常处于完好状态, 延长其使用寿命, 对使用中的蓄电池需进行下列维护工作:

- 1) 观察蓄电池外壳表面有无电解液漏出;
- 2) 检查蓄电池在车上安装是否牢靠, 导线插头与电桩的连接是否紧固;
- 3) 经常清除蓄电池盖上的灰尘泥土, 擦去电池顶上的电解液, 通透加液孔盖上的气孔, 清除电桩和导线插头上的氧化物;
- 4) 定期检查和调整电解液的相对密度及液面高度;
- 5) 经常检查蓄电池的放电程度, 超过规定时立即充电。

《 (2) 蓄电池的储存

对于暂不使用的蓄电池, 进行湿储存的方法是先将电池充足电, 相对密度达 1.285, 液面至正常高度, 密封加液塞通气孔后放置室内暗处。储存的时间不宜超过 6 个月, 其间应定期检查电解液的相对密度并用高功率放电计检查容量, 如低于 25% 应立即充电。交付使用前也要先充足电。

对于存放期长的蓄电池, 最好以干储法储存。先将电池以 20 h 放电率完全放电, 倒出电解液, 用蒸馏水多次冲洗至水中无酸性, 倒尽水滴, 晾干后旋紧加液塞后密封储存。启用前的准备和新电池相同。

《 (3) 蓄电池正、负极性的识别

连接或充电时需要正确判断蓄电池的极性。方法如下:

- 1) 蓄电池的极柱上一般都标有 “+”、“-” 记号, 或正极柱上涂红色。

- 2) 观察极柱的颜色, 使用过的蓄电池正极柱呈深棕色, 负极柱呈淡灰色。
- 3) 用直流电压表接蓄电池的两极, 按照指针偏摆方向判断其正、负极。
- 4) 利用电解液进行识别, 将蓄电池的两极接上导线, 分别插入电解液中(不要使两导线相碰), 导线周围产生气泡多的为负极。

《《 (4) 蓄电池使用时的注意事项

- 1) 汽车使用时, 发动机每次起动时间不能超过 5s, 两次起动间隔时间必须在 15s 以上。
- 2) 经常检查蓄电池的安装是否牢靠, 起动电缆线与极柱的连接是否紧固, 检查电缆线的线夹与极柱上是否有氧化物, 若有应及时清除。
- 3) 经常检查蓄电池盖表面是否清洁, 及时清除盖上的灰尘、电解液等脏物, 保持加液孔盖上的气孔畅通。
- 4) 定期检查电解液的液面高度, 当液面降低到一定程度时, 应及时补加电解液。
- 5) 定期对蓄电池进行补充充电, 以保证蓄电池始终保持充足电的状态。
- 6) 经常检查蓄电池的放电程度, 超过规定时应立即进行补充充电。
- 7) 冬季要加强蓄电池的充电检查, 以防电解液结冰。

《《 (5) 蓄电池维护作业的内容

① 蓄电池的加液方法

初次使用的蓄电池, 加液作业应该按照使用地区温度条件加注适当密度的电解液。不同地区温度条件加注电解液的密度标准如表 1-3 所示。

表 1-3 电解液的密度标准

地区气候条件	完全充足电的蓄电池在温度为 25℃时电解液的密度 / (g/cm ³)	
	冬季	夏季
冬季温度低于 -40℃的地区	1.30	1.26
冬季温度高于 -40℃的地区	1.28	1.25
冬季温度高于 -30℃的地区	1.27	1.24
冬季温度高于 -20℃的地区	1.26	1.23
冬季温度高于 0℃的地区	1.24	1.23

在加注电解液作业时应注意以下几个问题:

- 1) 需要调整电解液密度时, 绝对禁止将蒸馏水倒入硫酸中, 以免发生爆溅造成烧伤事故。
- 2) 操作人员必须佩戴防护镜、橡胶防酸手套, 穿着塑料围裙和高筒胶鞋, 以防烧伤。当有硫酸溅到皮肤和衣服上时, 应立即用 10% 的碳酸钠水溶液中和, 然后用清水冲洗。
- 3) 配制电解液时, 因硫酸稀释放热, 使电解液温度升高, 因此配制好的电解液须待其冷却到 35℃以下时, 方可注入蓄电池内。