



21世纪全国高职高专汽车类规划教材

汽车电器 构造原理及检修

QICHE DIANQI GOUZAO YUANLI JI JIANXIU

马明金 主 编
徐静航 副主编
高树德 主 审
王 强

3.6
7



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专汽车类规划教材

汽车电器构造原理及检修

马明金 主 编

王 强
徐静航 副主编

崔秀虹

刘昌仁 参 编

孔春花

高树德 主 审



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书由浅入深、通俗易懂地讲解了汽车电器装置及元件的原理、结构、故障诊断方式和维护方法等现代汽车电器设备的基础知识。对传统点火系统和微机控制现代汽车点火系统的相关知识进行了重点的整合。全书主要包括蓄电池、交流发电机及调节器、起动机、汽车点火系统、照明与信号系统、汽车仪表和警报装置、汽车辅助电器设备和汽车电路分析等 8 章内容。

本书可作为高职高专学生的教材,也可作为汽车电器基础知识专项培训用书,以及汽车修理技术人员、驾驶员和汽车知识爱好者的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电器构造原理及检修/马明金主编. —北京:北京大学出版社, 2006.9

(21 世纪全国高职高专汽车类规划教材)

ISBN 7-301-09958-4

I. 汽… II. 马… III. ① 汽车—电气设备—构造—高等学校: 技术学校—教材 ② 汽车—电气设备—车辆修理—高等学校: 技术学校—教材 IV. U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 132696 号

书 名: 汽车电器构造原理及检修

著作责任者: 马明金 主编

责任编辑: 郭 芳

标准书号: ISBN 7-301-09958-4/TH·0042

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765126 出版部 62754962

网 址: <http://www.pup.cn>

电子信箱: xxjs@pup.pku.edu.cn

印 刷 者: 北京飞达印刷有限责任公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×980 毫米 16 开本 15.5 印张 336 千字

2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 28.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010—62752024; 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

随着我国国民经济的迅猛发展,汽车的保有量飞速增加,同时,为了满足安全、节能、舒适、环保等方面的要求,许许多多的高新技术被融入到汽车中来,汽车电子化的程度越来越高,尤其是随着微机的发展使汽车控制系统的技术含量越来越高,现今汽车上采用微机调节的电源系统、微机控制点火系统、故障自诊断系统、智能前照灯、智能座椅、自动空调系统、音响、自动导航系统、防盗系统等无不体现电子科技的发展带给汽车工业的变化,甚至有人说汽车工业代表着一个国家的生产力的水平,但同时也给汽车工业的生产、使用和维护等带来了很多新的问题,亟需大量掌握相关知识的应用型人才,因此也迫切需要与之相适应的专业技术教材。

目前,我国职业教育处于蓬勃发展阶段,各地职业技术学院大量涌现,职业教育肩负着培养高技能型人才的重任,然而适合职业院校使用的汽车类教材较少,为了满足职业院校教学需要和广大汽车维修人员技术提高的要求,针对高职高专类学生和广大汽车维修技术人员的实际需要,我们编写了本书。

本书主要介绍了汽车电源系统、起动系统、点火系统、照明与信号系统、仪表与报警系统、辅助电器系统等的结构组成、工作原理、检修方法及故障诊断与排除方法。本书以我国现今较为普遍的轿车车型为基础,并适当介绍了其他国内外最新车型以适应汽车技术日新月异的发展,同时参考了近年来国内外许多关于汽车电器方面的著作,针对高职高专类学生和广大汽车维修技术人员的特点,全书从教学出发,以职业教育注重实践为特点,坚持图文并茂、由浅入深、循序渐进、便于学习理解的指导思想,力求使学生在短时间内系统地掌握现代汽车电器系统的基本原理、结构和维护方法。本书章后附有习题,便于读者复习与自学的需要。

本书由马明金担任主编,王强、徐静航担任副主编,高树德教授担任主审。参加本书编写的人员还有:崔秀虹、刘昌仁、孔春花。

本书在编写过程中,参阅了相关的文献资料,在此向作者致以诚挚的谢意!同时也向给予我们帮助与指导的同志表示感谢!

由于编者的水平有限,书中难免出现缺点和错误,敬请广大读者批评指正。

编 者

2006年5月

目 录

第1章 蓄电池	1
1.1 蓄电池的构造与型号	1
1.1.1 蓄电池的分类	1
1.1.2 蓄电池的功用	1
1.1.3 蓄电池的构造	2
1.1.4 蓄电池的型号	7
1.2 蓄电池的工作原理	8
1.2.1 电动势的建立	9
1.2.2 放电过程	9
1.2.3 充电过程	10
1.3 蓄电池的工作特性	11
1.3.1 蓄电池的基本电特性	11
1.3.2 蓄电池的放电特性	14
1.3.3 蓄电池的充电特性	15
1.4 蓄电池的故障	16
1.5 蓄电池的充电	17
1.5.1 充电的种类	17
1.5.2 充电方法	19
1.5.3 充电设备	21
1.6 蓄电池的使用与维护	21
1.6.1 蓄电池的使用	21
1.6.2 蓄电池的维护	22
1.7 思考题	24
第2章 交流发电机及调节器	26
2.1 交流发电机的构造	28
2.2 交流发电机的发电原理	33
2.3 整流原理	34
2.4 激磁方法	36
2.5 交流发电机的特性	36

2.6	利用中性点二极管提高输出功率的原理	38
2.7	交流发电机调节器	39
2.8	电磁振动式调节器	41
2.9	晶体管调节器	43
2.9.1	晶体管调节器基本电路	43
2.9.2	JFT106 型调节器	45
2.10	集成电路调节器	46
2.10.1	集成电路调节器的特点	47
2.10.2	集成电路调节器的电压检测法	47
2.10.3	集成电路调节器实例	49
2.10.4	多功能集成电路调节器	50
2.11	汽车电源系统的保护电路	53
2.12	交流发电机及调节器的使用	57
2.13	交流发电机的拆装及故障检查与测试	57
2.13.1	JFZ1913Z 型交流发电机的拆装和分解	57
2.13.2	解体前的检测	59
2.13.3	解体后的检查	61
2.13.4	调节器故障检查与调整	62
2.14	交流发电机的故障判断	66
2.15	其他形式的交流发电机	67
2.15.1	无刷交流发电机	67
2.15.2	带泵式交流发电机	68
2.16	思考题	69
第3章	起动机	70
3.1	直流电动机	71
3.1.1	直流电动机的工作原理	71
3.1.2	直流电动机的构造	72
3.1.3	直流电动机的转矩	74
3.1.4	转矩的自动调节原理	75
3.1.5	起动机的特性	75
3.2	起动机的传动机构	78
3.2.1	滚柱式单向离合器	78
3.2.2	弹簧式单向离合器	79
3.2.3	摩擦片式单向离合器	80

3.3 起动机的控制装置.....	81
3.3.1 电磁开关.....	81
3.3.2 起动继电器.....	82
3.4 起动机的典型结构.....	84
3.4.1 起动机的分类与型号.....	84
3.4.2 强制啮合式起动机.....	85
3.4.3 电枢移动式起动机.....	86
3.4.4 齿轮移动式起动机.....	88
3.4.5 减速式起动机.....	90
3.5 起动系的故障诊断.....	92
3.5.1 起动机的故障.....	92
3.5.2 起动机的检查.....	94
3.6 起动机的调整和试验.....	97
3.7 思考题.....	99
第4章 汽车点火系统.....	101
4.1 概述.....	101
4.1.1 对点火系统的要求.....	101
4.1.2 汽车点火系统的分类.....	108
4.1.3 汽车点火装置的发展概况.....	109
4.2 传统点火系统的组成、原理及工作过程.....	109
4.2.1 传统点火系统的基本组成及作用.....	110
4.2.2 传统点火系统的工作原理.....	114
4.2.3 电感储能点火系统点火过程的工作特性分析.....	119
4.2.4 传统点火系统的使用和故障诊断.....	125
4.3 电子点火系统的组成、原理及工作过程.....	127
4.3.1 电子点火系统的概述.....	127
4.3.2 电子点火系统的原理与信号发生器.....	130
4.3.3 典型电子点火器的结构与工作原理.....	135
4.3.4 电子点火系统的使用与维修.....	143
4.3.5 电子点火系统的故障诊断.....	146
4.4 微机控制电子点火系统.....	146
4.4.1 微机控制电子点火系统的概述.....	146
4.4.2 过渡型微机控制电子点火系统的组成与原理.....	148
4.4.3 微机控制电子直接点火系统的组成与原理.....	159
4.4.4 微机控制电子系统的故障诊断.....	164

4.5	思考题	165
第5章	照明与信号系统	167
5.1	汽车照明系统	167
5.1.1	车外照明系统	167
5.1.2	车内照明装置	174
5.2	灯光信号系统	177
5.3	音响信号系统	180
5.3.1	喇叭	180
5.3.2	倒车蜂鸣器	183
5.4	思考题	184
第6章	汽车仪表和报警装置	186
6.1	汽车仪表	186
6.1.1	电流表	186
6.1.2	电压表	187
6.1.3	油压表	188
6.1.4	水温表	190
6.1.5	燃油表	192
6.1.6	车速里程表	194
6.1.7	发动机转速表	196
6.2	汽车报警装置	198
6.3	思考题	201
第7章	汽车辅助电器设备	203
7.1	电动刮水器和风窗洗涤器	203
7.1.1	电动刮水器的结构	203
7.1.2	电动刮水器的变速原理	204
7.1.3	电动刮水器电机控制电路工作原理	204
7.1.4	风窗洗涤装置	207
7.2	电动车窗	207
7.3	自动操作系统	209
7.4	音响防盗	212
7.5	思考题	213
第8章	汽车电路分析	214
8.1	汽车电路图的表达方法	214
8.2	汽车电器基础原件	218
8.2.1	导线	218

8.2.2 熔断器.....	219
8.2.3 连接器.....	219
8.2.4 开关.....	221
8.2.5 继电器.....	222
8.3 汽车电路的读图.....	224
8.3.1 汽车电路设计的一般原则.....	224
8.3.2 汽车电路读图的基本方法.....	224
8.3.3 德国大众汽车公司电路图介绍.....	225
8.3.4 日本三菱汽车公司电路图介绍.....	231
8.4 思考题.....	235
参考文献.....	236

第1章 蓄 电 池

汽车电源系统主要由蓄电池、发电机和调节器组成。电源系统的功用就是向全车用电设备提供电能。其中，发电机是主要电源，蓄电池是辅助电源，调节器作为一种电压调节装置与发电机配合使用，在发电机转速发生变化时，调节器自动调节发电机的输出电压并保持其稳定。蓄电池、发电机以及全车电器设备均并联连接。

1.1 蓄电池的构造与型号

蓄电池是汽车上的两个电源之一，它是一种可逆的低压直流电源，在汽车上与发电机并联，辅助发电机向用电设备供电。

1.1.1 蓄电池的分类

目前汽车起动用蓄电池（简称蓄电池）按结构特点可分为橡胶槽蓄电池和塑料槽蓄电池两类；按性能可分为干荷电式蓄电池和免维护蓄电池两种类型。所谓干荷电式蓄电池是指蓄电池的极板在干燥状态下，能够保存较长时间（一般2年），并且能够保存在制造过程中所得到的电荷；免维护蓄电池是指在蓄电池合理的使用期限内，无须进行日常加蒸馏水等维护工作。

1.1.2 蓄电池的功用

发动机正常工作时，全车用电设备所需的电能主要由发电机供给，而蓄电池的功用有如下5种。

（1）启动发动机。当启动发动机时，向起动机及相关电器设备供电，这是汽车上铅蓄电池的主要用途。蓄电池在起动机启动发动机的短时间内（5s~10s），必须向起动机供给强大的电流（汽油机可达200A~600A，柴油机可达800A~1000A）。

（2）备用电源。当发电机低速运转发出低于蓄电池的电压或发电机停转不发电时，蓄电池可向用电设备供电。

（3）存储电能。当发电机发出电压高于蓄电池电压时，蓄电池可将一部分电能转化为

化学能储存起来（即充电）。

（4）协同供电。当发电机超负荷时，蓄电池可协助发电机向用电系统供电。

（5）稳定电压。蓄电池相当于一个较大容量的电容器，能吸收电路中随时出现的瞬变过电压，保持汽车电系的电源稳定，防止损坏电子设备。

1.1.3 蓄电池的构造

目前汽车上采用的大多是干荷电式蓄电池或免维护蓄电池，它们的构造基本相同，主要由极板、隔板、电解液和壳体四部分组成。壳体一般分隔为六个单格，每个单格均盛装有电解液，插入正负极板组便成为单体电池。每个单体电池的标称电压为 2 V，六个单体电池串联后便成为一只 12 V 的蓄电池，图 1-1 所示为蓄电池的外形解剖图。

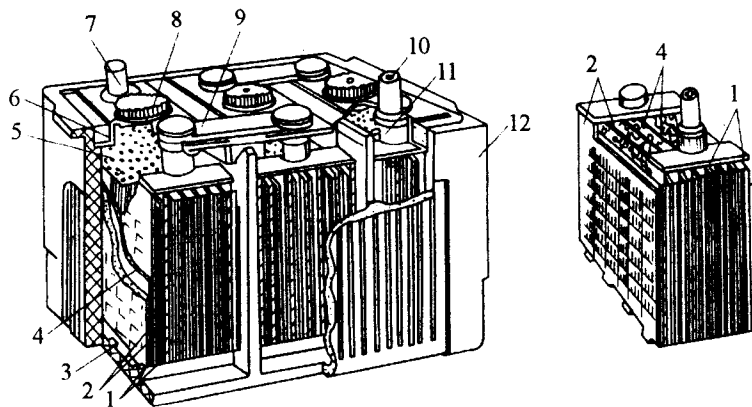


图 1-1 蓄电池的外形解剖图

1—正极板 2—负极板 3—肋条 4—隔板 5—护板 6—封料
7—负极柱 8—加液口盖 9—连接条 10—正极柱 11—极柱衬套 12—壳体

1. 极板

极板是蓄电池的核心部件，由栅架与活性物质组成，分为正极板与负极板两种。在蓄电池的充、放电过程中，电能和化学能的相互转换就是依靠极板上的活性物质和电解液中硫酸的化学反应来实现的。

传统的栅架是由金属铅添加一定比例金属锑后形成的铅锑合金浇注而成的，呈网格状或放射状。添加金属锑的目的是为了提高机械强度和改善浇注性能，但是锑易从正极板栅架中析出来，这不但容易引起蓄电池的自放电和栅架的膨胀、溃烂，而且在化学反应过程中，会增加耗水量，因此，传统普通型蓄电池的含锑量约 6%~8.5%，干荷电式蓄电池的含锑量为 1.5%~2.3%，免维护型蓄电池则向不含锑的铅钙锡合金发展，采用了耗水量少、

导电性能好的铅钙锡合金栅架，并采用热模滚压制造工艺。

铅粉是活性物质的主要原料，由铅块放入球磨机中研磨而成。将铅粉与一定密度的稀硫酸调和成膏状，涂在栅架上即可得到生极板。生极板经过干燥处理后，放入稀硫酸中充电后，便可得到正极板和负极板，通常称这种生产工艺为“化成”。正极板上的活性物质为二氧化铅（ PbO_2 ），呈深棕色。负极板上的活性物质为海绵状纯铅（ Pb ），呈深灰色。目前国内外都采用薄型极板，厚度为 $1.1\sim 1.5\text{ mm}$ ，正极板比负极稍厚。薄型极板可提高蓄电池的比容量（极板单位尺寸所提供的容量），可以改善起动性能等。

干荷电和免维护蓄电池均采用干荷电极板，即极板上的活性物质在完全呈干燥的状态下能够长期（一般为2年）保存化学反应过程中所得到的电量。这主要是因为这种电池的负极板在制造工艺上与普通型铅蓄电池不同。在生产过程中不但加入松香、油酸、硬脂酸等防氧化剂，而且在化成过程中有一次深放电循环，使活性物质达到深化，并且在化成过程中，电解液的密度不能过高，一般为 $1.01\sim 1.08\text{ g/cm}^3$ 。化成后的负极板需先用清水冲洗，再放入防氧化溶液（硼酸、水盐酸混合液）中进行浸渍处理，让负极板表面生成一层保护膜，并采用特殊干燥工艺（干燥罐中充入惰性气体）干燥处理。这样处理过的负极板化学活性高，却不易氧化。

单片极板的荷电量是有限的，为了增加蓄电池的容量，通常将多片正、负极板分别并联，并用横板焊接起来即组成正负极板组，结构如图1-2（a）所示。横板上浇铸有极桩，如图1-2（b）所示，各片极板之间留有空隙。安装时，正负极板相互嵌合，中间插入隔板，如图1-2（c）所示。

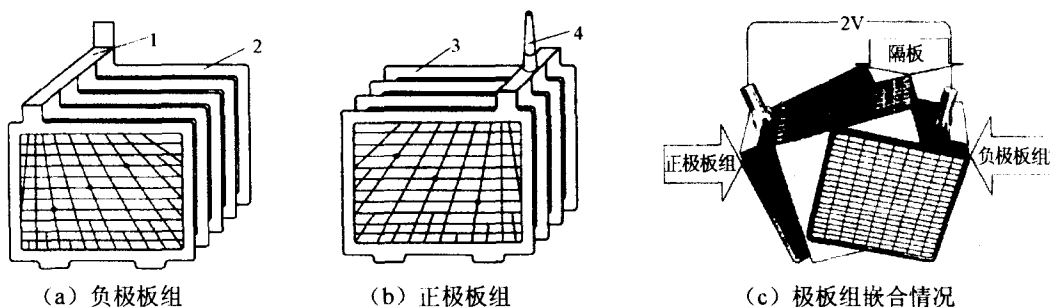


图1-2 蓄电池极板组的结构

1—汇流条 2—负极板 3—正极板 4—极柱

在每个单格电池中，负极板的数量总是比正极板多一片。这是由于正极板上的化学反应比负极板上的化学反应强烈，将正极板夹在中间，可使其两侧放电均匀，避免了因两侧放电不均而引起两侧活性物质体积变化不一致，造成极板拱曲的现象。

一只12V蓄电池通常由6个单格电池串联而成。单体电池之间正负极板的连接方式有

多种,如图 1-3 所示。早期蓄电池还有外露连接方式,但现已被淘汰,目前大多采用穿壁式或跨接式连接方式。(b)、(c)两种连接方式具有连接短、省材料、电阻小、起动性能好等优点。

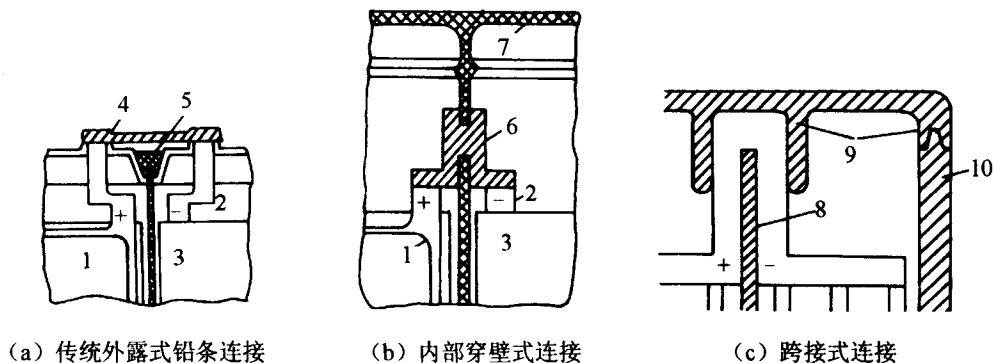


图 1-3 单体电池的连接方式

1—正极板 2—负极板 3—隔板 4—连接条 5—沥青封口
6—连接点 7—密封盖 8—间壁 9—粘接剂 10—壳体

2. 隔板

为了减小蓄电池的内阻和尺寸,正极板应尽可能靠近正负极板,在蓄电池中设有隔板,隔板的作用就是将正负极板隔开,防止短路。

(1) 对隔板的要求

- ① 要具有多孔性,以便于电解液渗透,减小蓄电池内阻。
- ② 要有良好的耐腐蚀和抗氧化能力。
- ③ 要有较高的耐高温性能。
- ④ 要有很好的机械强度。
- ⑤ 要有较大的商业运作空间,即成本要低。

(2) 隔板的种类

隔板的种类很多,按隔板的材料可分为:最早的木质隔板、化学纤维隔板和目前广泛使用的微孔塑料隔板、微孔橡胶隔板。微孔塑料隔板不仅耐酸、耐高温性能好,寿命长,且成本低,目前和微孔橡胶隔板一同被广泛应用于干荷电式蓄电池中。按隔板的形状可分为:片式隔板(如图 1-4 (a) 所示)和袋式隔板(如图 1-4 (b) 所示)。免维护蓄电池则普遍采用聚氯乙烯袋式隔板,使用时,正极板被隔板袋包住,脱落的活性物质保留在袋内,不仅可以防止极板短路,而且可以取消壳体凸起的筋条,使极板上部容积增大,从而增大电解液的储存量。

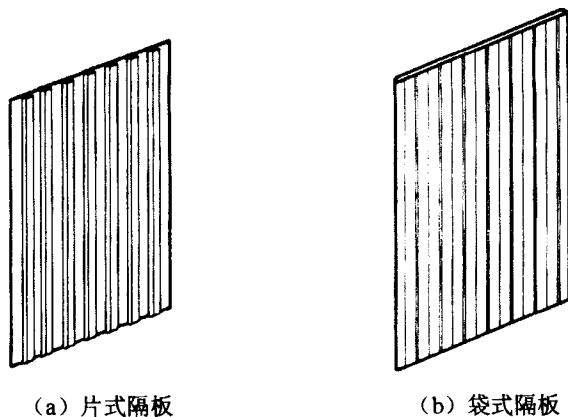


图 1-4 隔板结构图

安装隔板时，隔板上带槽的一面应面向正极板，并且要求与壳体底部垂直。因为正极板在充、放电过程中的化学反应剧烈，沟槽不但能使电解液上下流通，还能使脱落的活性物质沿槽下沉到壳体的底槽中。

3. 电解液

电解液的作用是在蓄电池的充、放电过程中起到导电的作用。它由密度为 1.84 g/cm^3 的纯净硫酸和纯净蒸馏水按一定比例配制而成，相对密度一般为 $1.24 \sim 1.30 \text{ g/cm}^3$ 。

4. 壳体

蓄电池壳体应由耐酸、耐热、耐冲击、绝缘性好的材料制成。目前，干荷电式蓄电池与免维护蓄电池普遍采用聚丙烯透明塑料壳体，相比早期的硬橡胶材料，不仅具有较好的耐酸、耐热、耐冲击的特点，而且壳壁薄而轻（厚约 2 mm ），易于热封合，还美观透明、成本低、生产效率高。蓄电池壳体是用来盛装电解液和极板组的，通常由电池槽和电池盖两部分组成。

电池槽由间隔分隔成 6 个互不相通的单格，底部制有凸起的筋条，用来搁置极板组。突筋与极板底缘组成的空间可以积存极板脱落下来的活性物质，防止极板间短路。

普通干荷电式蓄电池盖上对应于每个单格的顶部都设有加液孔，用来加注电解液和检测电解液密度。为防止电解液溢出，用螺塞或盖板密封，并设有通气孔，以便蓄电池在化学反应中产生的氢气和氧气随时溢出。因此要求通气孔必须保持通畅，防止壳体胀裂或爆炸。

免维护蓄电池通气孔采用新型安全的通气装置（如图 1-5 所示），可避免蓄电池内的硫酸气与外部火花直接接触发生爆

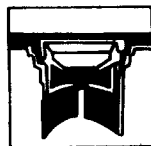


图 1-5 新型安全通气装置

炸。也有些蓄电池的通风装置是在蓄电池盖的出气孔上安装消氢帽（如图 1-6 所示），用铂、钯作催化剂，将电池内部产生的氢、氧重新化合成水，流回到电池中。对于无加液孔的全密封型免维护蓄电池，一般在其电池顶上装有一支小型密度计，如图 1-7 所示。

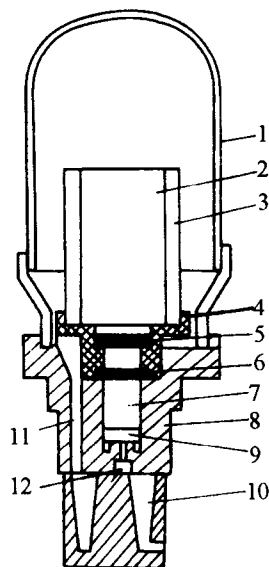
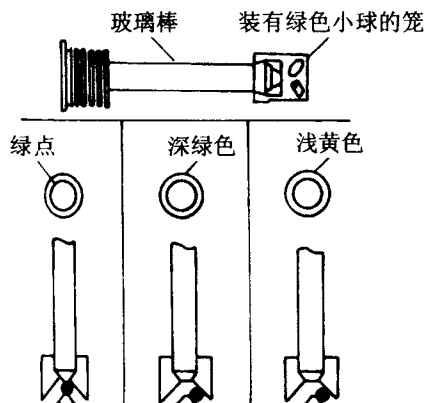


图 1-6 消氢帽

- 1—外罩 2—铜球及分子筛 3—刚玉筒 4—瓷盘
5—上滤气片 6—下滤气片 7—滤酸粒 8—托盘
9—塑料片 10—回水盘 11—回水管 12—进气孔



(a) 充电程度为 65% (b) 充电程度低于 65% (c) 电解液液面过低

图 1-7 内装式密度计工作示意图

在内装式密度计中有一个玻璃棒，它伸入电解液中，下端连接一个笼子，其中有一个绿色小球，随着电解液在充、放电过程中密度的变化，绿色小球会在笼子中上下移动。当充电程度在 65% 以上时（相对密度在 1.220 g/cm^3 或更高），绿色小球升至笼子的顶部并与玻璃棒的下端接触，在其顶端检视窗口就会看到绿点表示蓄电池工作状况良好，如图 1-7 (a) 所示；如果看不到绿点而显示为淡绿色，表示小球下降到笼子的底部，如图 1-7 (b) 所示，说明电解液相对密度降低，蓄电池充电不足，应及时充电；如果电解液液面已下降到低于内装小型密度计的位置，如图 1-7 (c) 所示，则检视窗显示浅黄色或无色，说明蓄电池已无法正常工作，必须更换。免维护蓄电池技术状态指示器形式有多种（如内装双色球式），其原理大致相同。

1.1.4 蓄电池的型号

根据机械工业部标准 JB 2599—1985《铅蓄电池产品型号编制方法》规定, 蓄电池型号由 5 部分组成, 内容及排列情况如图 1-8 所示。

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
串联单格 电池数	蓄电池 类型	蓄电池 特征	额 定 容 量	特 殊 性 能

图 1-8 蓄电池型号

(1) 串联单格电池数: 用阿拉伯数字表示。

(2) 蓄电池类型: 根据其用途划分, 汽车起动用蓄电池代号为“Q”, 摩托车起动用蓄电池代号为“M”。

(3) 蓄电池特征: 为附加部分, 仅在同类用途的产品具有某种特征、而在型号中又必须加以区别时采用。当产品同时具有两种特征时, 原则上应按表 1-1 所示的顺序将两个代号并列表示。

表 1-1 蓄电池产品特征代号

序 号	产 品 特 征	代 号	序 号	产 品 特 征	代 号
1	干荷电式	A	7	半密封式	B
2	湿荷电	H	8	液密式	Y
3	免维护	W	9	气密式	Q
4	少维护	S	10	激活式	I
5	防酸式	F	11	带液式	D
6	密封式	M	12	胶质电解液式	J

(4) 额定容量: 在 20 h 放电率时蓄电池的容量, 用阿拉伯数字表示, 单位为安培·小时 ($A \cdot h$)。

(5) 特征性能: 当产品具有某些特殊性能时, 可用相应的代号加在产品型号末尾。如“G”表示薄型极板的高起动率电池, “S”表示采用工程塑料外壳与热封合工艺的蓄电池。几种常见的蓄电池型号表示如下。

(1) 6-QA-60 型蓄电池: 表示由 6 个单格电池组成, 额定电压为 12 V, 额定容量为 $60A \cdot h$ 的起动型干荷电式蓄电池。

(2) 6-Q-105G 型蓄电池: 表示由 6 个单格电池组成, 额定电压为 12 V, 额定容量为 $105A \cdot h$ 的起动型高起动率蓄电池。

(3) 6-QW-165 型蓄电池: 表示由 6 个单格电池组成, 额定电压为 12 V, 额定容量为 $165A \cdot h$ 的起动型免维护蓄电池。

常用蓄电池的规格如表 1-2 所示。

表 1-2 常用蓄电池品种规格

序号	额定电压 (V)	20h 率额定容量 $C_{20}/A \cdot h$	储备容量 t_r/min	起动电流 I_s/A	最大外形尺寸/mm		
					长/L	宽/B	高/H
1	12	40	59	160	238	138	235
2	12	45	67	180	238	129	227
3	12	50	76	200	260	173	235
4	12	60	94	240	270	173	235
5	12	70	113	280	310	173	235
6	12	75	123	300	310	173	235
7	12	80	133	320	310	173	235
8	12	90	154	315	380	177	235
9	12	100	175	350	410	177	250
10	12	120	223	420	513	189	26

1.2 蓄电池的工作原理

在蓄电池充、放电过程中发生的化学反应是可逆的。蓄电池的工作过程就是化学能与电能的转换过程。放电时，蓄电池将化学能转换为电能供用电设备使用；充电时，蓄电池将电能转换为化学能储存起来。

根据双硫化理论，铅蓄电池中正极板上的活性物质（参与化学反应的物质）是二氧化铅（ PbO_2 ），负极板上的是海绵状铅（ Pb ），电解液是硫酸水溶液（ H_2SO_4 ）。当蓄电池和负载接通放电时，正极板上的二氧化铅和负极板上的纯铅都将转化成硫酸铅（ $PbSO_4$ ），电解液中的硫酸减少，相对密度下降。当蓄电池接通直流电源时，正负极板上的硫酸铅又将分别恢复成原来的二氧化铅和纯铅，电解液中的硫酸增加，相对密度增大。蓄电池充、放电现象如图 1-9 所示。

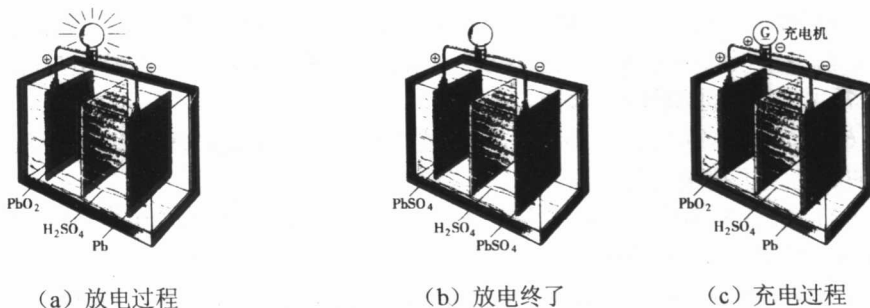


图 1-9 蓄电池充、放电现象