

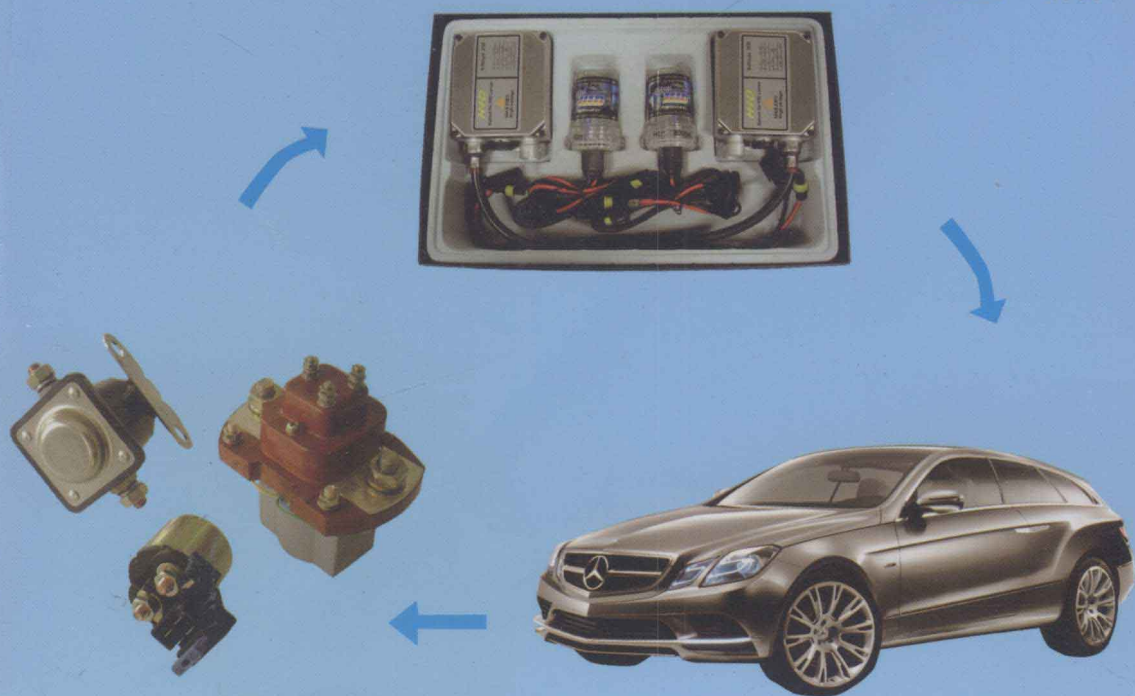
汽车维修技能培训一本通

汽车维修初级技能 电气篇

Qiche Weixiu Chuji Jineng

Dianqipian

李元秀 编著



电子科技大学出版社

汽车维修技能培训一本通

汽车维修初级技能·电气篇

李元秀 编著

电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

汽车维修初级技能. 电气篇 / 李元秀编著. — 成都:
电子科技大学出版社, 2011.6
(汽车维修技能培训一本通)
ISBN 978-7-5647-0607-4
I. ①汽… II. ①李… III. ①汽车—电气设备—车辆
修理—技术培训—教材 IV. ①U472.4
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 170708 号

汽车维修技能培训一本通
汽车维修初级技能·电气篇
李元秀 编著

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编:
610051)
策划编辑: 杜 倩
责任编辑: 张 鹏
主 页: www.uestcp.com.cn
电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn
发 行: 新华书店经销
印 刷: 成都蜀通印务有限责任公司
成品尺寸: 170mm×235mm 1/16 印张 42 字数 215 千字
版 次: 2011 年 6 月第一版
印 次: 2011 年 6 月第一次印刷
书 号: ISBN 978-7-5647-0607-4
定 价: 19.80 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

21 世纪轿车已经快速进入家庭,轿车成为国内汽车大家庭的主体。自动变速器、ABS、电控制动辅助系统、四轮定位、电控悬架、自动空调、安全气囊、电控动力转向已经成为汽车设计和生产的新标准。国内大量新型轿车的问世,国外进口轿车大量的涌入,使车辆故障与检测变得更加复杂。本书就是在简要介绍当代汽车新型电气系统的构造、原理的基础上,将它们的常见故障和疑难故障进行概括、总结、归纳,从中找出其规律性;特别是对常见故障的原因、诊断与检测方法,以及每种传感器最有效的检测方法,还有疑难故障的分析等进行了详尽的阐述,使读者能举一反三,学会综合运用各种检测手段诊断故障。

本书主要讲解汽车电气系统(包括电源系、起动系、点火系、照明与信号系统)的组成,主要部件的结构原理,主要元件的检修方法、常见故障诊断与排除方法等。此外,还讲解了汽车仪表报警显示装置、汽车辅助电气、汽车手动空调等汽车电气的组成、检修方法、典型电路图的识读等内容。力求使学生熟悉汽车电气系统的线路,具有对汽车电气系统故障诊断与排除的能力。

本书图文并茂,将大量的高难技术术语、工作原理简练化、形象化,便于理解和运用,巧妙解决了总线系统学习中术语多、难理解的问题;基于汽车维修站的工作过程,注重实际操作能力和职业技能的培养,检查方法和操作步骤清晰,备有精编教学课件,适于新技术培训和维修技术人员自学。

目 录

第一章 汽车电源系统	1
第一节 蓄电池	1
第二节 发电机及电压调节器	17
第三节 电源系电路	36
第二章 汽车启动系统	42
第一节 起动机	42
第二节 启动系电路	58
第三章 汽车点火系统	65
第一节 传统点火系部件	65
第二节 传统点火系的检测与调整	79
第三节 普通电子点火系	88
第四节 微机控制电子点火系	97
第四章 汽车照明系统	107
第五章 汽车电控动力系统	119
第一节 液压控制动力转向的组成、原理和故障诊断	119
第二节 电控动力转向系统的构造、原理和故障诊断	124
第三节 电控悬架的组成、原理和故障诊断	139
第四节 轮胎智能监视系统	150

第一章 汽车电源系统

第一节 蓄 电 池

一辆轿车停放静置半年之后，不能正常启动发动机，如图 1-1 所示。将点火开关旋到 ON 挡，打开前大灯，灯光暗淡，按电喇叭，声音也微弱沙哑。这表明蓄电池电压不足，要对它进行充电。那么，蓄电池出现其他故障时该如何解决呢？蓄电池又该如何正确使用以及维护呢？



图 1-1 发动机不能启动

为了正确使用、维护蓄电池，并在蓄电池出现故障时迅速将故障排除，必须首先要了解蓄电池的功用及分类，掌握蓄电池的结构及工作原理，在此基础上，通过综合分析故障原因，将故障彻底排除。

一、蓄电池的功用

蓄电池是一种可逆直流电源，它是汽车的两大电源之一，在汽车上与发电机并联，共同向用电设备供电，其具体作用是：

- (1) 发动机启动时，向发动机和点火系统供电。
- (2) 发电机不发电或电压较低（低于蓄电池端电压）时，向用电设备供电。



(3) 发电机过载时, 协助发电机向用电设备供电。

(4) 发电机电压高于蓄电池端电压时, 将发电机多余的电能转化为化学能储存起来 (即充电)。

(5) 保持汽车电网电压的相对稳定, 保护用电设备及电子元器件。

二、蓄电池的结构与工作原理

1. 蓄电池的结构

现在常用的汽车蓄电池为铅蓄电池, 汽车用铅蓄电池一般由 3 个或 6 个单格电池串联而成, 每个单格的额定电压为 2V, 如图 1-2 所示, 普通铅蓄电池主要由正负极板、隔板、电解液、外壳、联条和电极柱等组成。

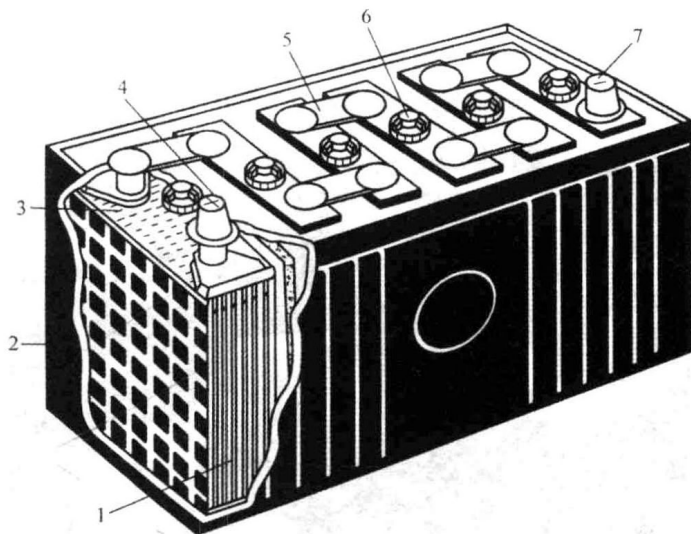


图 1-2 普通铅蓄电池的结构

1—极板组 2—外壳 3—隔板 4—正极柱 5—联条 6—加液孔螺塞 7—负极柱

(1) 极板

蓄电池的极板分为正极板和负极板, 均由栅架和填充在其上的活性物质组成, 如图 1-3 所示。

1) 栅架 由铅锑合金浇铸而成, 为了降低蓄电池的内阻, 改善启动性能, 桑塔纳轿车的蓄电池采用放射型的栅架, 如图 1-4 所示。

2) 活性物质 正极板的活性物质是暗棕色的二氧化铅 (PbO_2), 负极板上的活性物质是呈青灰色的海绵状纯铅 (Pb)。

3) 极板组 将正、负极板各一片浸入标准密度的电解液中, 便可得到

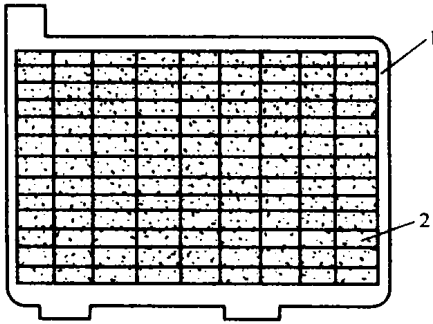


图 1-3 极板的组成

1—栅架 2—活性物质

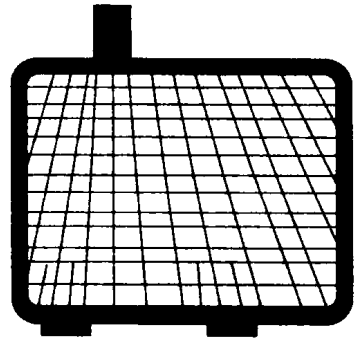


图 1-4 桑塔纳 (Santana) 轿车放射型栅架

2.1V 左右的电压。为增大蓄电池的容量，可将多片正、负极板分别并联，用汇流条焊接起来分别组成正、负极板组，其结构如图 1-5 所示。汇流条上浇铸有极柱，各片极板之间留有空隙。安装时，各片正负极板相互嵌合，中间插入隔板后装入电池槽内便形成单格电池。由于正极板上的化学反应比负极板剧烈，所以，正极板夹在负极板之间，可使其两侧放电均匀，防止活性物质体积变化不一致而造成极板拱曲。故在每个单格电池中，负极板总比正极板多一片。

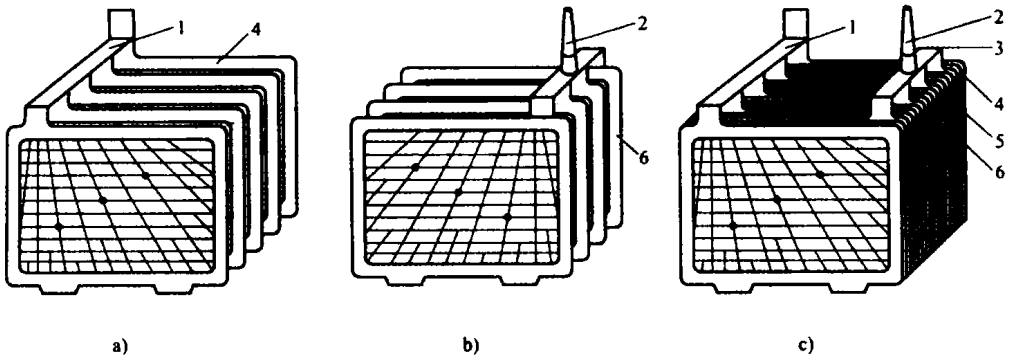


图 1-5 蓄电池极板组结构示意图

a) 正极板组 b) 负极板组 c) 极板嵌合情况

1、3—汇流条 2—极柱 4—负极板 5—隔板 6—正极板

国产负极板的厚度为 1.8mm，正极板为 2.2mm。国外大多采用厚度为 1.1~1.5 mm 的薄型极板（正极板比负极板稍厚），薄型极板对提高蓄电池的比容量（极板单位尺寸所提供的容量）和改善启动性能都十分有利。

(2) 隔板



隔板在正、负极板间起绝缘作用,隔板的存在还能使蓄电池结构紧凑,内阻降低。隔板一般用微孔塑料制成,具有多孔性,以便于电解液渗透,还具有一定的机械强度、化学稳定性、耐酸及抗氧化等特点。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。

桑塔纳轿车 55415MF 型免维护蓄电池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,可以有效防止极板短路。

(3) 外壳

蓄电池的外壳用于盛放电解液和极板组,并使蓄电池构成一个整体,主要采用硬质橡胶和聚丙烯塑料制成。壳内间壁分成 3 个或 6 个互不相通的单格。蓄电池的单格电池之间采用铅质联条串联。串联的方法一般有传统外露式、内部穿壁式和跨越式三种连接方式。

橡胶外壳的每个单格都有一个小盖,塑料外壳采用整体盖。普通铅蓄电池每个单格的中间都有一个电解液加液孔,平时拧装一个螺塞,螺塞上有一通气小孔,在使用时应保持其畅通。

(4) 电解液

电解液的作用是形成电离,促使极板活性物质溶离,产生可逆的电化学反应。电解液一般由纯净的专用硫酸和蒸馏水按一定的比例配制而成。其相对密度一般在 1.24~1.31,使用时应根据当地最低气温或制造厂的要求进行选择,见表 1-1。

表 1-1 不同气温下的电解液相对密度 (15℃)

使用地区最低气温 (℃)	冬季	夏季
<-40	1.31	1.27
-40~-30	1.29	1.25
-30~-20	1.28	1.25

(5) 联条

联条的作用是将单格电池串联起来。它一般由铅锑合金浇铸而成。

(6) 电极柱

普通铅蓄电池首尾两极板组的横板上焊有电极柱,电极柱分侧孔式、圆锥形、L 形三种,如图 1-6 所示。为便于区分,在正电极柱上或其旁边通常标有“+”或“P”记号,负电极柱标有“-”或“N”记号。有些电池正极柱涂有红色油漆。

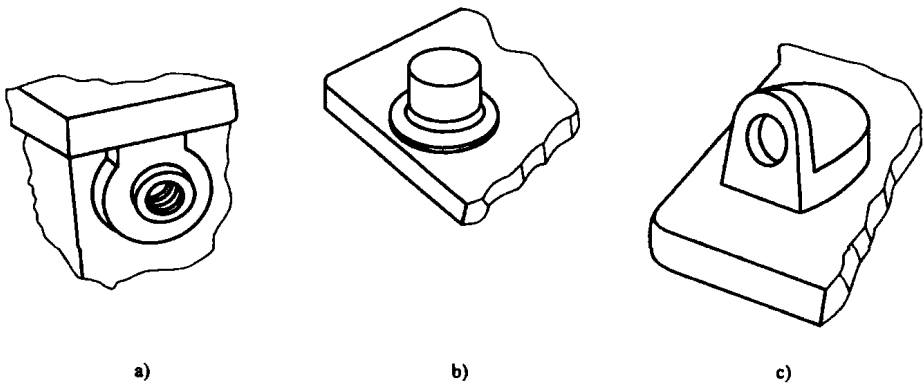


图 1-6 铅蓄电池电极柱的外形

a) 侧孔式 b) 圆锥形 c) L 形

2. 蓄电池的工作原理

蓄电池的工作过程就是化学能与电能的相互转化过程。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。蓄电池的基本工作原理如图 1-7 所示。

蓄电池充电过程和放电过程如图 1-8 所示。

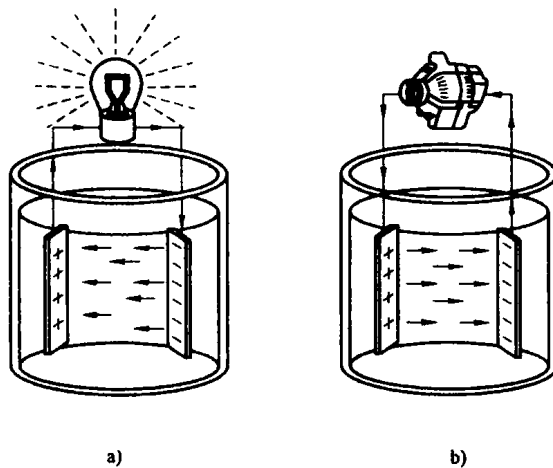


图 1-7 蓄电池基本工作原理

a) 放电 b) 充电

当蓄电池充足电时（见图 1-9），正极板上的活性物质是二氧化铅，负极板上的活性物质是纯铅。

(1) 放电过程

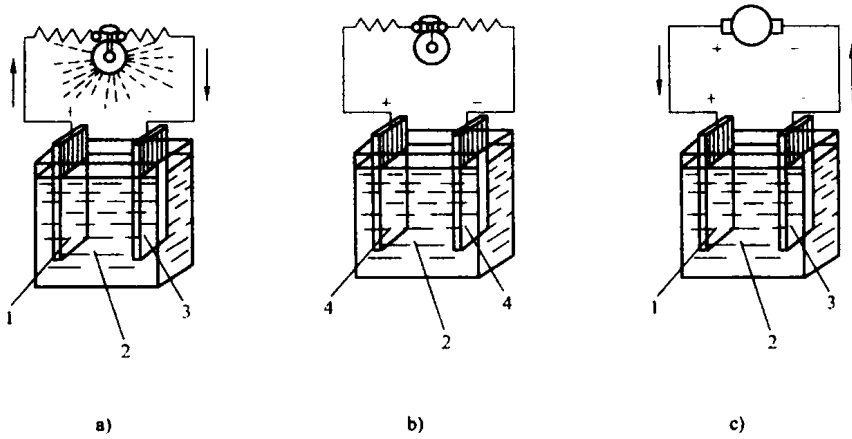


图 1-8 蓄电池工作过程

a) 放电开始 b) 放电结束 c) 充电结束

1-二氧化铅 2-硫酸溶液 3-海绵状纯铅 4-硫酸铅

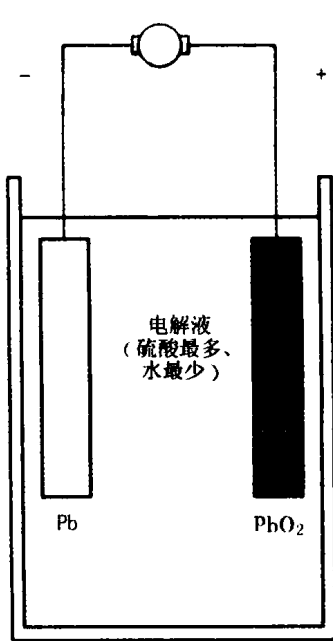


图 1-9 蓄电池充足电状态

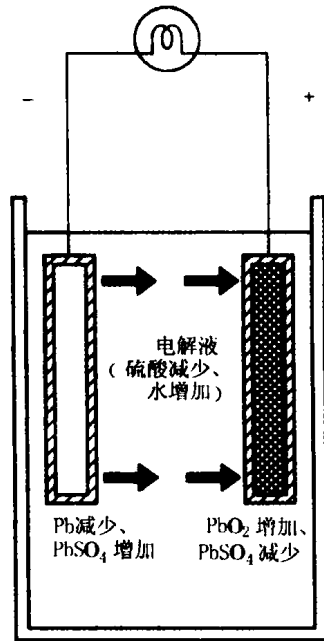


图 1-10 蓄电池放电过程

在电解液（纯硫酸+蒸馏水）作用下，发生如图 1-10 所示的化学反应。

放电前，正极板上二氧化铅电离为四价铅离子 (Pb^{4+}) 和二价氧离子 (O^{2-})，铅离子附着在正极板上，氧离子进入电解液中，使正极板具有 2.0V 的正电位。负极板上的纯铅电离为二价铅离子 (Pb^{2+}) 和两个电子 ($2e$)，铅

离子进入电解液中，电子留在负极，使负极板具有-0.1 V 的负电位，这样，正负极板之间就产生了电位差，这个电位差为 2.1 V。

放电时，外电路接通，如图 1-10 所示。在 2.1 V 的电位差作用下，电流从正极流出，经过灯泡，流回负极，使灯泡发亮。在放电过程中，正极板上四价的铅离子与电子结合生成二价铅离子，进入电解液，再与硫酸根离子结合生成硫酸铅（附着在正极上）；负极板上，二价铅离子也同硫酸根离子结合生成硫酸铅（附着在负极板上）。

如果电路不中断，上述电化学反应将继续进行。电解液中的硫酸因氢离子和硫酸根离子的迁移而被消耗，生成了水。所以，放电后电解液的密度是逐渐下降的。这个过程一直进行到化学反应不能继续进行、灯泡不能正常发光为止。

(2) 充电过程

如果把放电后的蓄电池接一个直流电源，使蓄电池正极接上直流电源的正极，蓄电池的负极接直流电源的负极。当外加电源电压高于蓄电池电动势时，电流将与放电电流相反的方向流过蓄电池，使蓄电池正、负极发生与放电相反的化学反应，这个过程如图 1-11 所示。

充电时，正极板处外加电流将两个电子经外电路输送到负极板，正极板上原二价铅离子因失去两个电子而成为四价铅离子，再与水反应生成二氧化铅（附在正极板上）。而在负极板上，由于得到两个电子与原二价铅离子结合而生成纯铅（附在负极板上）。与此同时，从正、负极上电离出来的硫酸根离子则与水中氢离子结合生成硫酸。所以，在充电时，水被消耗，硫酸增多，电解液密度上升。在充电过程中，上述化学反应不断进行。当充电进行到极板上的物质和电解液完全恢复到放电前的状态时，蓄电池即充电完毕。

综上所述，蓄电池的充放电过程中的化学反应是可逆的，总的反应式如下：

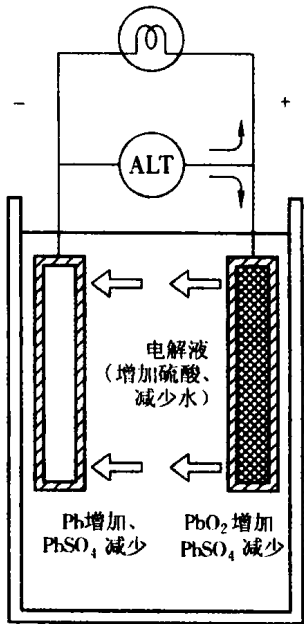
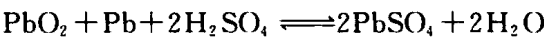


图 1-11 蓄电池充电过程



三、蓄电池的分类

蓄电池可分为免维护蓄电池、混合蓄电池、复合蓄电池和微电子控制蓄电池。

1. 免维护蓄电池

(1) 结构

现在汽车上使用的大多为免维护蓄电池。免维护蓄电池和普通蓄电池在结构上有两大不同之处：极板结构（格栅）和水的利用。免维护蓄电池除需要保持表面清洁外，不需要做其他维护工作。

(2) 优点

与普通蓄电池相比，免维护蓄电池的优点是：

- 1) 在极板上部能储存更多的电解液；
- 2) 有极大的抗过充电能力；
- 3) 存放寿命长；
- 4) 可带电解液大量装运，减少了事故和人员伤害的可能性；
- 5) 冷启动额定电流较高。

(3) 缺点

- 1) 蓄电池在高温下工作时，其格栅会变厚，使板间距离变小；
- 2) 不能承受深度放电（深度放电就是彻底放完电后再充电）；
- 3) 储备容量较低；
- 4) 预期寿命较短。

2. 混合型蓄电池

混合型蓄电池也称为可深度放电蓄电池。它综合了免维护蓄电池的优点，能在 6 次深度放电后，仍然保持 100% 的初始储备容量。混合型蓄电池的正极板格栅包含大约 2.75% 的锑合金，而负极板格栅则由钙合金组成。这样就使蓄电池能够经受深度放电而储备容量不变，改善了汽车的启动性能。

混合型蓄电池和其他蓄电池不同的是其格栅上边缘中间位置有一个小凸起，格栅竖条为放射状，栅条是从公共的中心点向四周发散的。经过以上两点改造，电流阻力减小了，同时也缩短了电流流向小凸起的路径，这样，电池就能以更快的速度提供更多的电流。

3. 复合蓄电池

(1) 结构

复合蓄电池是一种比较先进的蓄电池。复合蓄电池用含胶状物质的隔板

代替了液态的电解液。隔板放在格栅板之间，其电阻非常低，因此，复合蓄电池的输出电压和电流比一般蓄电池高。

(2) 优点

- 1) 不含酸液，所以即使外壳破裂也不会有酸液泄漏；
- 2) 能以任何状态安放；
- 3) 因为无电解液，所以基本不用维护；
- 4) 可以经受过度放电；
- 5) 冷启动额定电流大，可以超过 800A；
- 6) 寿命比一般蓄电池长 4 倍。

4. 微电子控制蓄电池

近年来，又出现了一种微电子控制蓄电池。在具有相同输出功率的情况下，微电子控制蓄电池的自重比传统电池轻约 40%，低温时的工作可靠性更高，充电速度更快。

随着汽车电子化的不断发展，汽车蓄电池也逐步向智能化发展。这种智能化的汽车蓄电池上装有传感器和集成电路块，前者负责探测电池的物理环境和工作条件参数，后者以此为基础去控制和监视电池的电化学反应过程。电池外壳是隔热效果极好的泡沫盒，结合使用温度调节系统（可使电池工作的环境达到恒温状态），微电子控制系统可使蓄电池的充电能力、冷启动能力及使用寿命大大提高。此外，通过数据总线或电源线，蓄电池可与发电机、车载计算机或汽车故障诊断系统进行信息交流。

四、蓄电池的检查

轿车的蓄电池一般安装在发动机室，如图 1-12 所示。首先应清除蓄电池表面的灰尘、氧化物等杂质，然后检查蓄电池电解液的液面高度及其放电程度。具体检查方法如下：

1. 蓄电池液面高度的检查

蓄电池液面高度的检查方法有：玻璃管测量法、液面高度指示线法及液孔观察判断法 3 种。可以根据蓄电池的不同结构形式来选用检查方法，如图 1-13 所示。

(1) 玻璃管测量法

用一空心玻璃管插入蓄电池电解液内极板的上平面处，如图 1-13a) 所示。玻璃管内的电解液与蓄电池内高出极板的液面等高，用大拇指按紧玻璃管上端，使管口密封。提起玻璃管，测量玻璃管内的液面高度，即为蓄电池

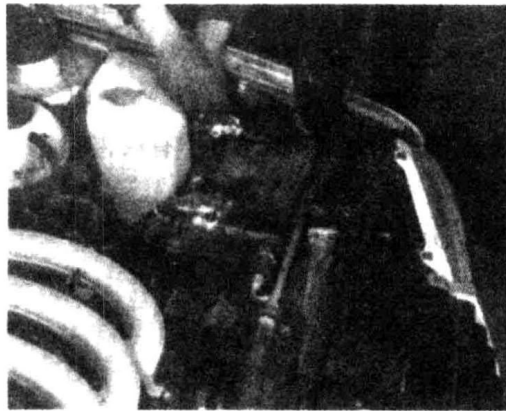


图 1-12 铅蓄电池在轿车上的安装位置

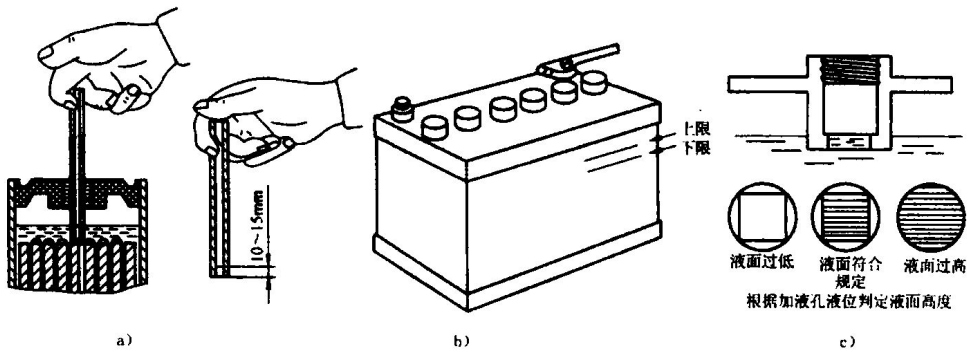


图 1-13 蓄电池电解液液面高度检查方法

a) 玻璃管测量法 b) 液面高度指示线法 c) 加液孔观察判断法

电解液液面高出极板的高度。

(2) 液面高度指示线法

使用透明塑料容器的蓄电池，在容器壁上刻有两条高度指示线，如图 1-13b) 所示。可以通过观察高度指示线来检查液面高度，正常液面高度应介于两线之间。

(3) 加液孔观察判断法

部分进口轿车在电解液加液孔内侧的标准液面位置处开有方视孔，如图 1-13c) 所示。液面高度应与方孔平齐。

2. 蓄电池放电程度的检查

(1) 用密度计测量电解液相对密度

电解液的密度与放电程度的关系是密度每下降 $0.01\text{g}/\text{cm}^3$ 相当于蓄电池

放电 6%。电解液的相对密度一般用吸式密度计测定，如图 1—14 所示。先吸入电解液，使密度计浮子浮起，电解液液面所在的刻度即为相对密度值。注意在测量密度时，应同时测量电解液温度，并将测得的电解液相对密度值转换到 25℃时的相对密度值。

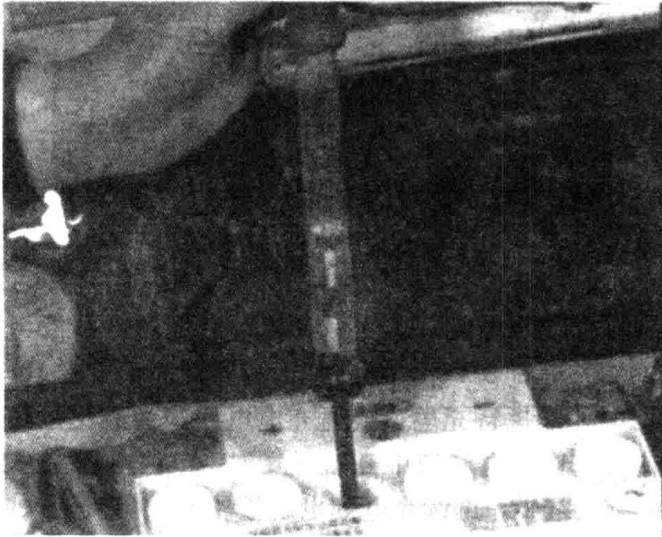


图 1—14 用密度计测量电解液相对密度

(2) 用高率放电计测量放电电压

高率放电计是模拟接入起动机负荷，测量蓄电池在大电流（接近起动机启动电流）放电时的端电压，用以判断蓄电池的放电程度和启动能力，如图 1—15 所示。测量时，将放电叉紧压在单格电池的极柱上，时间不超过 5s。若单格电池的电压在 1.5V 以上，并在 5s 内保持稳定，说明此单格电池良好。如果在 5s 内电压迅速下降或某一单格的电压低于其他单格电池电压 0.1V 以上，都说明此单格电池有故障。

五、蓄电池的充电

通过检查如果发现蓄电池电解液密度低于 1.20 g/cm^3 或单格电池电压低于 1.75V 时，应对蓄电池进行充电（此时车辆灯光暗淡、启动无力或不能启动）。若是电解液液面过低，可补充蒸馏水，使电解液液面符合标准，再进行补充充电。

铅蓄电池的充电分初充电、补充充电和快速脉冲充电 3 种。

1. 初充电

初充电是新蓄电池或更换极板的蓄电池在使用前的首次充电。初充电的



目的是还原普通极板在存放期间被氧化的活性物质。

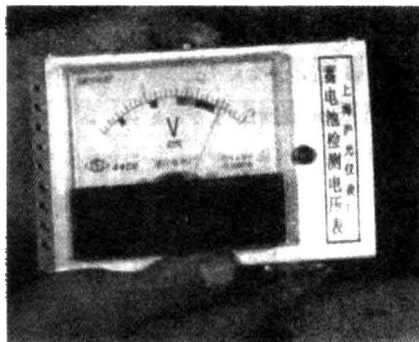


图 1-15 用高率放电计检查蓄电池

初充电步骤如下：

先按蓄电池制造厂的规定，加注一定相对密度的电解液（电解液加入前温度不得超过 30°C ）静置 $6\sim 8\text{h}$ ，再将液面调整到高于极板 $10\sim 15\text{mm}$ ，电解液温度低于 25°C 时才能进行充电。接通充电电路，为避免过热，第一阶段应选 $Q_c/15$ 的电流，充电到电解液中开始冒气泡，单格电压上升到 2.4V 为止；第二阶段将充电电流减半，继续充电到电解液剧烈放出气泡（沸腾），单格电压到达 2.7V ，相对密度和单格电压连续 $2\sim 3\text{h}$ 稳定不变为止，全部充电时间约为 $60\sim 70\text{h}$ 。

充电过程中应经常测量电解液温度，若温度上升到 40°C ，应将电流减半，如继续上升到 45°C ，应立即停止充电，并采用人工冷却，待冷至 35°C 以下再充电。充电过程中，如减少充电电流，应适当延长充电时间。

初充电临近完毕时，应测量电解液相对密度，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。调整后，应再充 2h ，若相对密度仍不符合规定，应再调整并充电 2h ，直至相对密度符合要求为止，然后将加液孔盖拧上，把蓄电池表面清洁干净。

2. 补充充电

使用中的蓄电池，由于充电电压偏低或充电机会少，而使蓄电池容量下降时，应及时进行补充充电。蓄电池存电不足的表征有：

- (1) 电解液相对密度下降到 1.200 以下；
- (2) 冬季放电超过 $25\%Q_c$ ，夏季放电超过 $50\%Q_c$ ；
- (3) 灯光暗淡、启动无力、扬声器发声沙哑；

补充充电过程和方法与初充电相同，充电第一阶段以 $Q_c/10$ 的电流充到冒气泡，电压到达 2.4V 为止；第二阶段将电流减半，充到“沸腾”，单格电