



高职高专汽车类规划教材  
国家技能型紧缺人才培养培训系列教材



# 汽车电气设备 构造与维修

李允志 主编    李敬福 主审



化学工业出版社



高职高专汽车类规划教材  
国家技能型紧缺人才培养培训系列教材



# 汽车电气设备 构造与维修

李允志 主编    李敬福 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是根据高等职业技术学院教学改革实践,为适应汽车电子技术的快速发展,按照项目教学法的要求编写而成。全书共分七个模块,二十五个教学项目。主要内容包括充电系统、启动系统、汽车点火系统、汽车照明信号仪表报警系统、汽车辅助电器设备、汽车空调系统和汽车电气设备总线路。

本书图文并茂,通俗易懂,内容上参照国家汽车维修电工(中级工)应知应会要求组织,突出实践性、应用性和高等职业教育“做中学、学中做”的教育教学改革特点。

本书可作为高等职业院校汽车类专业教学用书,也可作为相关行业岗位培训教材或自学用书。

#### 图书在版编目(CIP)数据

汽车电气设备构造与维修/李允志主编. —北京:化学工业出版社, 2009. 8

高职高专汽车类规划教材

国家技能型紧缺人才培养培训系列教材

ISBN 978-7-122-05958-1

I. 汽… II. 李… III. ①汽车-电气设备-构造-高等学校: 技术学院-教材②汽车-电气设备-维修-高等学校: 技术学院-教材 IV. U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 095787 号

---

责任编辑: 高 钰

装帧设计: 尹琳琳

责任校对: 陶燕华

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 18½ 字数 501 千字 2009 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

本书是为了落实《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)中提出的“加大课程建设与改革的力度,增强学生的职业能力,融教、学、做为一体,强化学生能力的培养”要求,参照国家汽车维修电工应知应会要求,结合高等职业院校教学改革实践编写而成。根据项目教学法的要求,本书突出了学生职业能力,尤其是实践能力的培养。全书包括充电系统、启动系统、汽车点火系统、汽车照明信号仪表报警系统、汽车辅助电器设备、汽车空调系统和汽车电气设备总线路七个模块,二十五个教学项目。每个项目明确提出了目的要求、必备知识、项目实施所需的工具、仪器、设备和项目实施步骤、项目考核要求及考核评分表。

本书打破了传统教科书强化理论性、系统性的模式,按照项目实施必备的理论知识组织教学内容,重点突出项目实施,强化职业能力培养。内容上突出实践性、应用性,体现新知识、新技术、新应用。

本书由李允志主编,张加刚、张庆云、徐秀云担任副主编。其中,张庆云编写模块一、徐秀云编写模块二、模块七,张加刚编写模块三、模块四,李允志编写模块五,李敬福、李献华、吕永华、车业军编写模块六,李敬福担任主审。

由于时间仓促,编者水平有限,书中不当之处在所难免,恳请广大读者提出宝贵意见。

编者

2009年4月

# 目 录

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| <b>模块一 充电系统</b> .....          | 1   |
| 项目一 蓄电池技术状况检查与维修 .....         | 1   |
| 项目二 蓄电池充电 .....                | 17  |
| 项目三 交流发电机检查与调试 .....           | 25  |
| 项目四 电压调节器检查与调试 .....           | 47  |
| 项目五 充电系统故障诊断与排除 .....          | 65  |
| <b>模块二 启动系统</b> .....          | 74  |
| 项目一 启动机拆装与检修 .....             | 75  |
| 项目二 启动系统故障诊断与排除 .....          | 97  |
| <b>模块三 汽车点火系统</b> .....        | 108 |
| 项目一 传统点火系统的故障诊断与检测 .....       | 108 |
| 项目二 无触点电子点火系统的检查调整 .....       | 119 |
| 项目三 微机控制点火系统检测及故障诊断 .....      | 127 |
| <b>模块四 汽车照明信号仪表报警系统</b> .....  | 138 |
| 项目一 汽车照明系统的故障诊断与检测 .....       | 138 |
| 项目二 灯光信号和声响信号系统的检查调整 .....     | 143 |
| 项目三 仪表及报警系统的拆装与检测 .....        | 150 |
| <b>模块五 汽车辅助电器设备</b> .....      | 164 |
| 项目一 风窗玻璃刮水和洗涤装置故障的诊断与检测 .....  | 164 |
| 项目二 电动车窗故障诊断与检测 .....          | 170 |
| 项目三 电动后视镜的诊断与检测 .....          | 176 |
| 项目四 电动座椅故障的诊断与检测 .....         | 183 |
| 项目五 中控门锁故障的诊断与检测 .....         | 189 |
| 项目六 防盗系统故障的诊断与检测 .....         | 194 |
| 项目七 典型汽车安全气囊的使用与维修 .....       | 200 |
| <b>模块六 汽车空调系统</b> .....        | 209 |
| 项目一 汽车空调系统主要部件的拆装 .....        | 209 |
| 项目二 制冷系统制冷剂的检漏、抽真空和充注 .....    | 235 |
| 项目三 空调系统的维护及故障诊断 .....         | 243 |
| <b>模块七 汽车电气设备总线路</b> .....     | 249 |
| 项目一 国产载货系列汽车总线路检查与安装 .....     | 249 |
| 项目二 桑塔纳轿车全车线路图的识读及车上线路连接 ..... | 269 |
| <b>参考文献</b> .....              | 291 |

# 模块一 充电系统

充电系统主要由蓄电池、发电机、电压调节器、点火开关和充电指示装置组成，如图 1-1 所示。

汽车充电系统的功用是向整车用电设备提供电能。在汽车上装备有蓄电池和发电机两个直流电源。由于蓄电池受其自身容量的限制，不能持续给汽车上所有用电设备供电，是辅助电源；发电机是汽车的主要电源，主要任务是与调节器配合，当发动机转速达到一定值后对所有用电设备供电，并向蓄电池充电。调节器是一种电压调节装置，其功用是在发电机转速变化时自动调节发电机的输出电压并使其保持稳定。充电指示装置用于指示充电系统的工作情况，指示蓄电池处于充电还是放电状态。为了能在需要的时候给每一个电气设备供电，汽车需要充电系统产生电能，并使蓄电池经常保持充电状态。蓄电池与发电机并联工作，整车电器与电子设备均与两个直流电源并联连接。电路一般采用电压为 12V 或 24V 单线制直流电路，如图 1-2 所示。

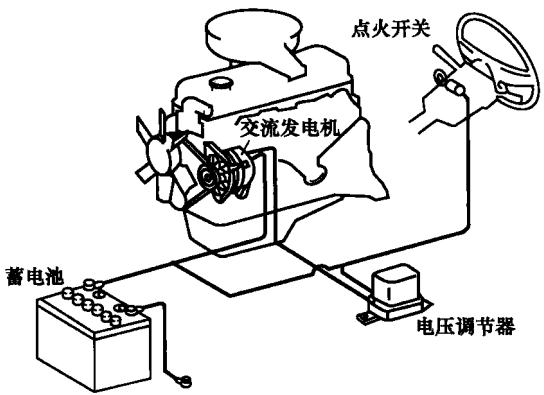


图 1-1 充电系统的组成

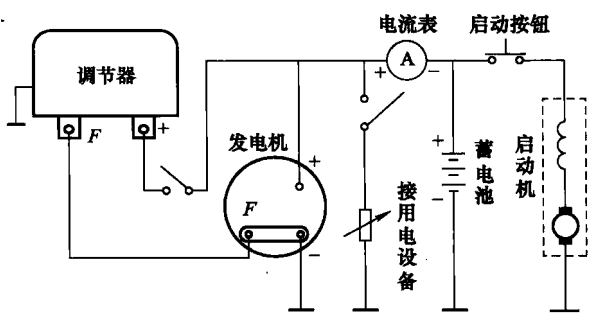


图 1-2 整车用电设备与电源并联连接

## 项目一 蓄电池技术状况检查与维修

### 一、目的要求

- ① 能够正确使用蓄电池检测仪器。
- ② 能够熟练检查判定蓄电池技术状况和性能。

### 二、必备知识

#### （一）蓄电池的功用、特点及分类

蓄电池的极板材料是由铅和铅的氧化物构成，其电解液为硫酸水溶液，故也称为铅酸蓄电池。蓄电池是一种可逆直流电源，靠内部的化学反应将化学能转变为电能给用电设备供电，也

能在充电时将电能转变为化学能储存起来。

### 1. 蓄电池的功用

① 发动机启动时，蓄电池向启动机及相关电气设备供电。启动电流汽油机可达 200~600A，柴油机有的高达 1000A。

② 当发电机停转或发电机输出电压较低时，蓄电池可向用电设备供电。

③ 发电机正常工作时，主要由发电机给用电设备供电，当发电机输出电压高于蓄电池电压时，蓄电池可将发电机的电能转变为化学能储存起来，即充电。

④ 当发电机超负荷时，蓄电池可协助其供电。

⑤ 蓄电池相当于一个较大的电容器，可吸收电路中出现的瞬时过电压，稳定汽车上的电源电压，以保护电子元件不被损坏，延长其使用寿命。

### 2. 蓄电池的特点

① 能在短时间（5~10s）内连续向启动机提供大电流。

② 内阻小，结构简单，价格低廉。

③ 性能可靠，充、放电可逆性好，使用温度范围宽。

### 3. 蓄电池分类

汽车用蓄电池按其结构特点的不同，可分为普通型、干荷电型、免维护型和胶体型铅蓄电池。

## (二) 蓄电池的结构和型号

### 1. 蓄电池的结构

(1) 普通型蓄电池结构 蓄电池一般有 3 只、6 只或更多只单格电池串联而成，每只单格电池的额定电压为 2V。3 只单格串联起来为 6V，6 只单格串联起来为 12V。铅蓄电池主要由极板、隔板、电解液、外壳、联条、接线柱等组成。整体结构如图 1-3 所示，内部结构如图 1-4 所示。

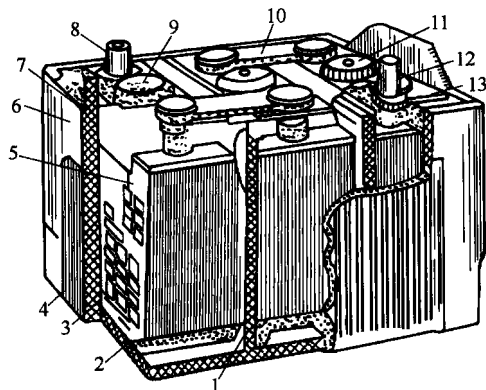


图 1-3 铅蓄电池的结构

- 1—隔板；2—凸筋；3—负极板；4—隔板；5—正极板；6—电池壳；7—防护板；8—负接线柱；9—通气孔；10—联条；11—加液螺塞；12—正接线柱；13—单格电池盖

① 极板。极板是蓄电池的核心部分。极板分为正极板和负极板，均由栅架和涂在栅架上的活性物质构成，正、负极板的外形相同。极板和栅架结构如图 1-5 所示。正极板的活性物质是棕红色的二氧化铅（ $\text{PbO}_2$ ），负极板的活性物质是青灰色的海绵状纯铅（ $\text{Pb}$ ），正极板的厚度一般为 2.2mm，负极板的厚度一般为 1.8mm。为了使电解液能顺利渗入极板内部，极板的活性物质应具有多孔性。极板的活性物质与电解液反应，完成蓄电池的充放电化学过程，即接受输入的电能和向外释放电能。极板栅架由铅锑合金浇铸而成，加锑是为了改善浇铸性能和提高机械强度。但锑具有副作用，会加速氢的析出而加剧电解液的消耗，引起自放电和栅架腐蚀。

将正、负极板各 1 片，浸入电解液内，可获得约 2.1V 的电动势。为了增大蓄电池的容量，在单格电池中，将多片正、负极板分别并联，用横板焊接组成正、负极板组。横板上连有极桩，各片间留有间隙。安装时将正、负极板组交错装插在一起，中间插入隔板，形成单格电池的极板组。在一个单格内负极板总是比正极板多一片，因为正极板活性物质比较疏松，且正极板处的化学反应比负极板处剧烈，反应前后的物质体积变化比较大，所以正极板夹在负极板

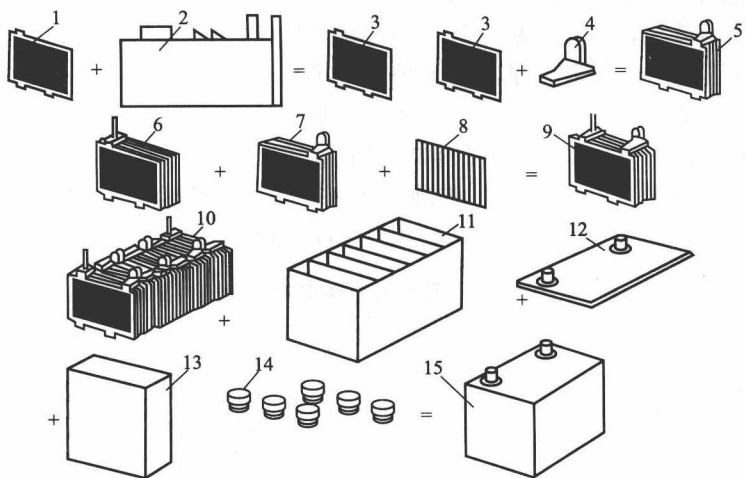


图 1-4 铅酸蓄电池的内部结构

1—栅架；2—活性物质及制造过程；3—极板；4—连接板；5—极板组；6—正极板组；7—负极板组；  
8—隔板；9—电池元件；10—6 个电池元件；11—容器；12—整体式盖板；13—电解液；  
14—通气孔盖；15—12V 蓄电池

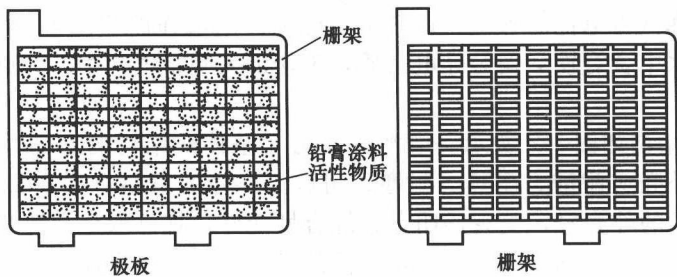


图 1-5 极板和栅架

之间，可以使正极板两侧放电均匀，避免了正极板两侧因活性物质体积变化不一致造成极板拱曲和活性物质脱落，极板元件如图 1-6 所示。

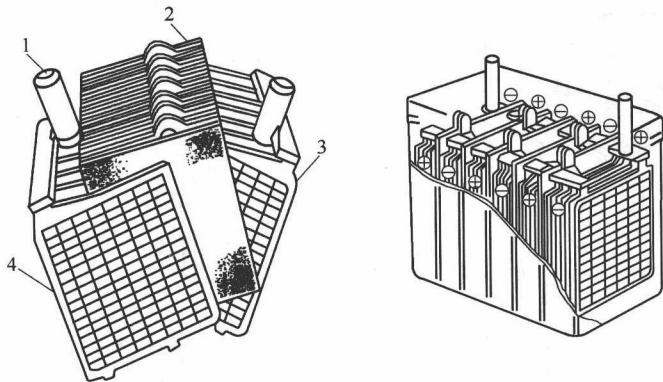


图 1-6 极板元件

1—连接片与连接柱；2—隔板与玻璃纤维片；3—正极板；4—负极板

② 隔板。隔板安装在正、负极板之间，其作用是使正负极板尽量靠近而又不至于接触短路，以缩小蓄电池的体积，防止极板变形及活性物质脱落。

隔板多采用微孔塑料、橡胶、纸质及玻璃纤维等材料制成。隔板材料具有多孔性，便于电解液渗透，还具有耐酸、绝缘、抗氧化等性能。隔板通常一面带有沟槽（或玻璃纤维），安装时，应将带沟槽的一面朝向正极板，并使沟槽竖直放置。

③ 电解液。电解液是由密度为 1.84 的纯硫酸（ $\text{H}_2\text{SO}_4$ ）和蒸馏水（ $\text{H}_2\text{O}$ ）配制而成的，密度一般在  $1.24\sim 1.31\text{g}/\text{cm}^3$  之间。使用时应根据制造厂的要求和当地的气温条件选择，见表 1-1。

表 1-1 不同地区和气候条件下的电解液的密度

| 使用地区最低气温/ $^{\circ}\text{C}$ | 全充电 $25^{\circ}\text{C}$ 时的密度 |                              |
|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
|                              | 冬季/ $(\text{g}/\text{cm}^3)$  | 夏季/ $(\text{g}/\text{cm}^3)$ |
| $<-40$                       | 1.31                          | 1.27                         |
| $-30\sim-40$                 | 1.29                          | 1.26                         |
| $-20\sim-30$                 | 1.28                          | 1.25                         |
| $0\sim-20$                   | 1.27                          | 1.24                         |

电解液密度和纯度对蓄电池的性能和使用寿命都有影响。电解液密度低，冬季易结冰；电解液密度大，可以减少结冰的危险并提高蓄电池的容量，但密度过大，由于电解液黏度增加，流动性差，不仅会降低蓄电池的容量，还会由于腐蚀作用增强而缩短极板和隔板的使用寿命。工业用硫酸和普通水中含有铁、铜等导电杂质，不能加入到蓄电池中，否则会造成蓄电池自行放电或损坏极板。

④ 外壳。外壳结构如图 1-7 所示。电池外壳为一整体式结构的容器，极板、隔板和电解液均装入外壳内，外壳应耐酸、耐热、耐寒、耐震。外壳的材料有硬质橡胶和聚丙烯塑料两种。由于聚丙烯材料的外壳轻，美观透明，且综合性能好，现已取代了传统的硬橡胶外壳。外壳被间壁分为 3 个或 6 个互不相通的单格，底部制有凸起的肋条支撑极板组，肋条之间的空间用来盛放极板脱落的活性物质，以防极板短路。上盖与外壳间用封口胶密封，封口胶能保证在  $65^{\circ}\text{C}$  不溢流， $-30^{\circ}\text{C}$  不产生裂纹。每单格上盖中间有加液孔，可以用来检查电解液液面高度和电解液的密度。加液孔平时拧装 1 个螺塞（又称加液孔盖），螺塞上有 1 个通气小孔，蓄电池使用时应保持其畅通以使化学反应中产生的气体随时逸出。

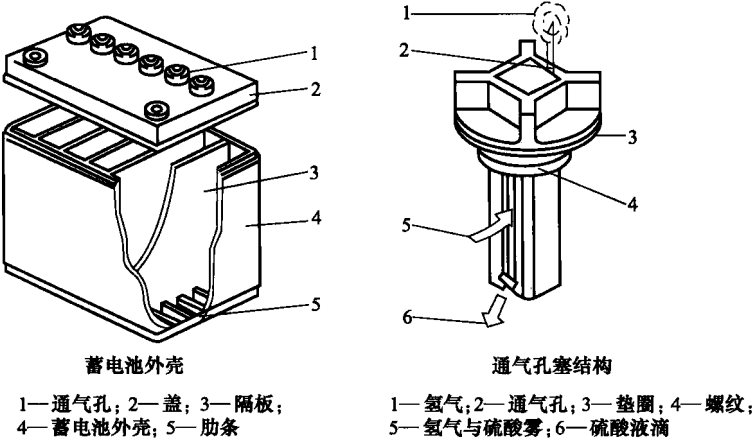


图 1-7 蓄电池外壳及通气孔结构

⑤ 联条。联条的作用是将各单格电池串联起来。传统蓄电池的联条是外露式的，结构如图 1-8 所示。联条用铅锑合金铸造。由于外露式联条耗材多、电阻大，所以已逐渐被穿壁式联条取代，穿壁式联条如图 1-9 所示。

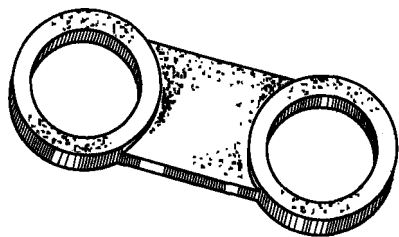


图 1-8 外露式联条

⑥ 极桩。普通蓄电池首尾两极板组的横板上焊有极桩，极桩有锥台形、L 形和侧孔型等形式，如图 1-10 所示。为便于识别，在极桩的上方或旁边标刻有“+”（或 P）“-”（或 N）标记，或者在正极桩上涂红色油漆。

（2）干荷电型铅蓄电池 结构如图 1-11 所示。干荷电型铅蓄电池与普通型铅蓄电池的区别是极板组在完全干燥状态下能够长期（一般为 2 年）保存电量。这类蓄电池在规定的保存期内（两年）使用，注入符合规定密度的电解液，搁置 20~30min，液面高度至规定标准后即可投入使用，是应急的理想电源。

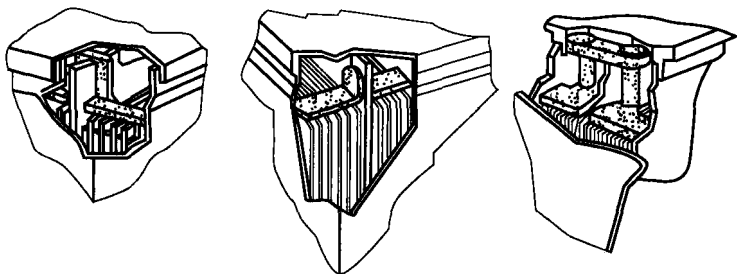


图 1-9 穿壁式联条

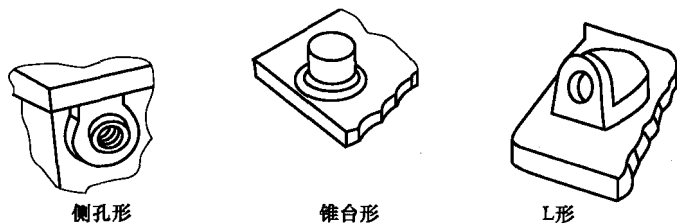


图 1-10 铅蓄电池接线柱外形

干荷铅蓄电池负极板的制造工艺与普通型铅蓄电池不同，负极板上的活性物质是海绵状铅，由于表面积大，容易氧化，所以要在负极板的铅膏中加入松香、油酸、硬脂酸等防氧化剂，并且在化成过程有一次深放电循环，使活性物质达到深化。化成过程中，电解液的密度不能过高，一般为 1.01~1.08。化成后的负极板，先用清水清洗，再放入防氧化剂溶液（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）。正极板的活性物质  $PbO_2$  比较稳定，其电荷可以较长时间的保持。对储存期超过两年的干荷铅蓄电池，因极板上有部分氧化，使用前应以补充充电的电流进行充电，充电时间为 5~10h，然后再交付使用。

（3）免维护型铅蓄电池 在汽车合理使用条件下的免维护型铅蓄电池，只需保持表面清洁，不需做其他维护工作。如短途车可行驶 80000km，长途车可行驶 40000~48000km，不需要进行维护，用 3~4 年不必加水，接线柱腐蚀较轻或没有腐蚀，蓄电池自行放电少，在车上或贮存时无需补充充电。典型免维护蓄电池的结构如图 1-12 所示。

免维护型蓄电池的结构特点：

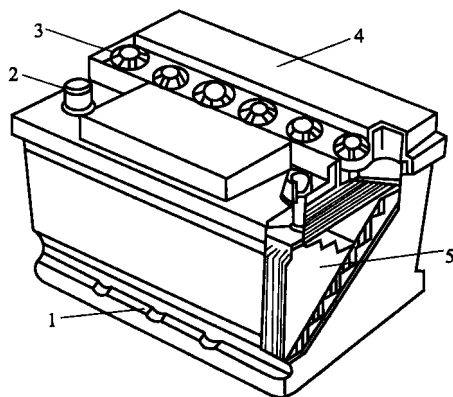


图 1-11 干荷电型铅蓄电池

1—下固定槽；2—接线柱；3—加液螺塞；  
4—壳体；5—极板组

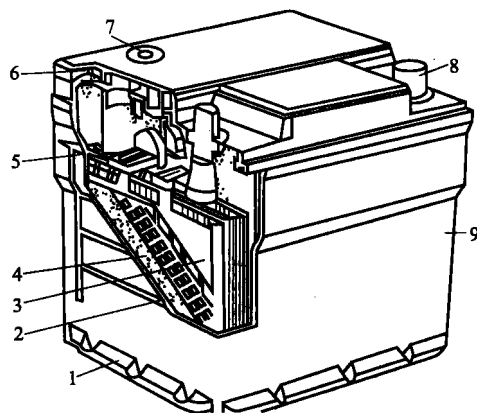


图 1-12 免维护蓄电池

1—下固定槽；2—铅钙栅架；3—信封式隔板；4—活性物质；5—穿壁联条；6—消焰排气阀；7—内装式密度计；8—冷锻式接线柱；9—壳体

① 栅架材料采用低锑合金或铅钙合金，避免了自行放电、过量充电、水分蒸发和热破坏等故障。免维护蓄电池能经受深度循环，并保持一定的电流容量和较强的启动性能。

② 栅架的结构为复合型蓄电池的栅格条，其输出连接点位于栅架顶部中心位置，目的是降低栅架的电阻，提高蓄电池的效率。结构如图 1-13 所示。

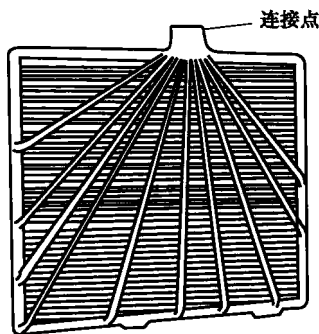


图 1-13 复合型蓄电池栅格条

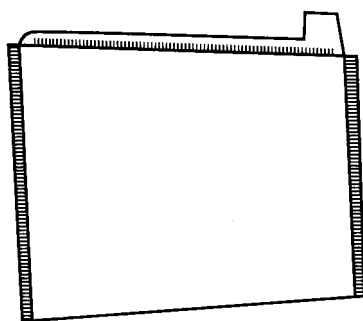


图 1-14 信封式隔板

③ 隔板采用袋式聚氯乙烯隔板，此隔板可以将极板整个包住，避免活性物质脱落。防止极板间的短路，如图 1-14 所示。

④ 免维护蓄电池设有充电状态指示器，结构如图 1-15 所示。内部装有能反光的绿色塑料小球，随其浮升的高度变化，从玻璃观察孔中可以看到代表不同状态的颜色，显示蓄电池的存电情况及液面高度。

当电解液密度高于  $1.265\text{g/cm}^3$ ，或蓄电池充电到额定容量的 65% 以上时小球浮起来，指示为绿色；当充电低于额定容量的 65% 时小球下沉，指示器变为黑色，表示蓄电池需要充电；若电解液低于极限值，指示器变为透明无色，应当报废。

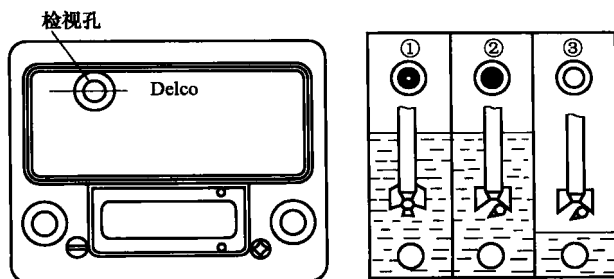


图 1-15 充电状态指示器

① 绿色；② 黑色；③ 无色

⑤ 有的免维护蓄电池通风装置使用

消氢帽。此装置采用多孔钢玉压制而成。在装置中用铂和钯作催化剂，将电池内部产生的氢和氧化合成水，再回到电池中去，这样充电时内部气体排除不带酸雾，同时防止充电时析出的氢气和氧气在电池内部因压力过高引起爆炸。消氢帽结构如图 1-16 所示。

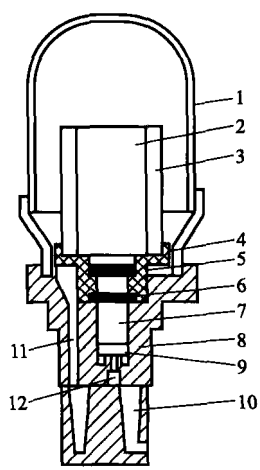


图 1-16 消氢帽

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

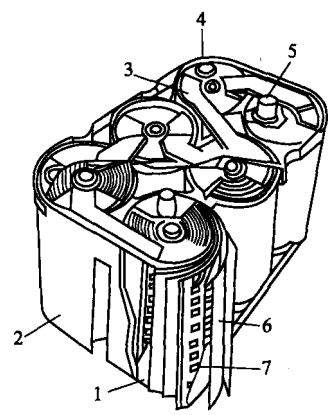


图 1-17 胶体型免维护电池

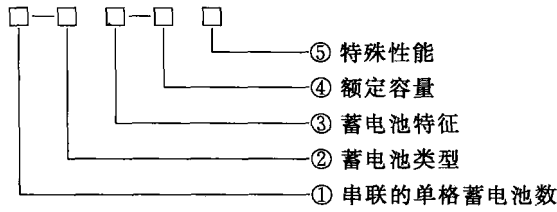
1—胶体电解液；2—壳体；3—联条；4—通气塞；5—接线柱；6—极板；7—隔板

(4) 胶体铅蓄电池 胶体型蓄电池中的电解质用经过净化的硅酸钠溶液和硫酸水溶液混合后，凝结成稠稠的胶状物质，故称胶体电解质铅蓄电池。电解质呈胶体状，不会流动，无溅出，使用中只需加蒸馏水，不需调整电解液密度，所以使用、维护、保管和转运比较安全方便，结构如图 1-17 所示。其特点：

- ① 自放电极小，可长期带电存放长达两年（20℃），存放期 4 倍于普通型蓄电池，可不需补充充电立即投入使用；
- ② 失水率低，有效缓解电解液早期干涸；
- ③ 超长使用寿命，节省费用开支；
- ④ 深放电循环性能优良，有效提高系统可靠性；
- ⑤ 过放电后恢复性能好，过放电至 0V，仍能良好恢复；
- ⑥ 适用环境广，可在 -40~60℃ 温度范围内使用，性能优于普通型蓄电池。

2. 铅蓄电池型号

根据我国原机械工业部 JB 2599—85《启动型铅酸蓄电池标准》规定，蓄电池型号内容及排列如下：



- ① 串联单格电池数，用阿拉伯数字表示。
- ② 电池类型，按蓄电池的主要用途划分，其含义如下：Q—启动用蓄电池；M—摩托车用蓄电池；JC—船用蓄电池；HK—飞机用蓄电池。

③ 电池特征，用字母标注。无特殊特征时，该项省略不标；当产品同时具有两种特征时，应按表 1-2 的顺序将两个特征代号并列标注。

表 1-2 蓄电池的产品特征代号

| 序 号 | 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  | A   | 5   | 防酸式  | F   | 9   | 气密式   | Q   |
| 2   | 湿荷电  | H   | 6   | 密闭式  | M   | 10  | 激活式   | I   |
| 3   | 免维护  | W   | 7   | 半封闭式 | B   | 11  | 带液式   | D   |
| 4   | 少维护  | S   | 8   | 液密式  | Y   | 12  | 胶质电解液 | J   |

④ 额定容量，指 20h 放电率时的额定容量，用阿拉伯数字表示，单位是安培小时 (A·h)。

⑤ 特殊性能，用大写字母表示，如高温启动蓄电池用“G”表示，低温启动性能好的蓄电池用“D”表示，塑料外壳蓄电池用“S”表示等。

型号举例：蓄电池 6-QA-60S 表示是由 6 个单格电池组成，额定电压为 12V，额定容量为 60A·h，采用塑料外壳的干荷电启动型蓄电池。

(三) 蓄电池工作原理、特性和影响因素

1. 蓄电池工作原理

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。蓄电池反应原理如图 1-18 所示。

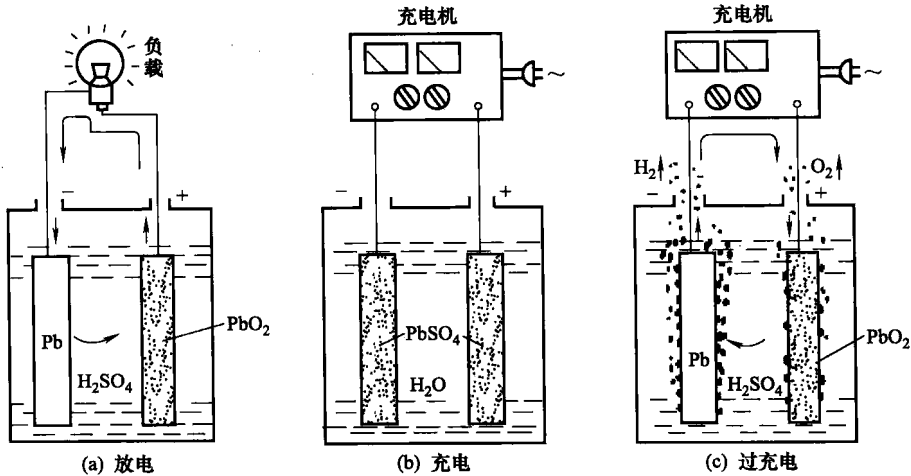
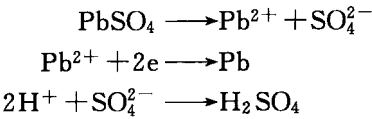


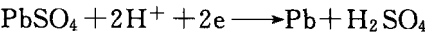
图 1-18 铅蓄电池反应原理

充电过程 把放电后的蓄电池接一直流电源，使蓄电池正极接直流电源正极，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的电动势时，在电场力的作用下，电流从蓄电池正极流入，负极流出。由于电子移动的方向与电流的方向相反，即电子从正极移动到负极，此时的化学反应过程如图1-19所示。

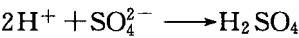
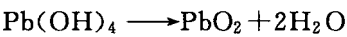
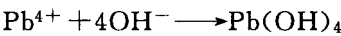
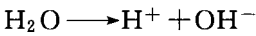
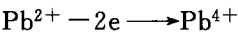
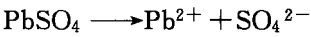
在负极板处，PbSO<sub>4</sub> 溶解并电离出 Pb<sup>2+</sup> 和 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>，Pb<sup>2+</sup> 获得两个电子，还原为铅原子而附着在负极板上，而 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 则与电解液中的 H<sup>+</sup> 结合生成 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>，即



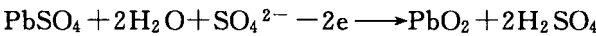
负极板上总的反应式为



在正极板处， $\text{PbSO}_4$  先电离出  $\text{Pb}^{2+}$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ ， $\text{Pb}^{2+}$  失去两个电子变为  $\text{Pb}^{4+}$ ， $\text{Pb}^{4+}$  和  $\text{OH}^-$  结合，生成  $\text{Pb}(\text{OH})_4$ ； $\text{Pb}(\text{OH})_4$  又分解为  $\text{PbO}_2$  附着在极板上，同时生成  $\text{H}_2\text{O}$ ；而  $\text{SO}_4^{2-}$  又和  $\text{H}^+$  结合生成  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，即

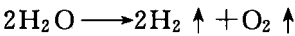


正极板上总的反应式为

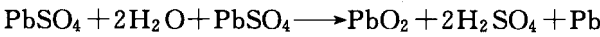


可见，在充电过程中，极板上的  $\text{PbSO}_4$  被逐渐还原为  $\text{PbO}_2$  和  $\text{Pb}$ ，电解液中的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  成分逐渐增多， $\text{H}_2\text{O}$  逐渐减少，电解液的密度是上升的。

充电终了，电解液密度将升至最大值，这时会引起水的分解，水分解的化学反应方程式为



所以蓄电池充电终了时，水分解产生的氢气和氧气从蓄电池内逸出时产生大量气泡。充电过程总的化学反应：



正极    电解液    负极        正极    电解液    负极

放电过程 当蓄电池充足电时，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。当蓄电池接上负载，在电动势的作用下，电流从正极经过负载流向负极。放电时的化学反应过程如图 1-20 所示。

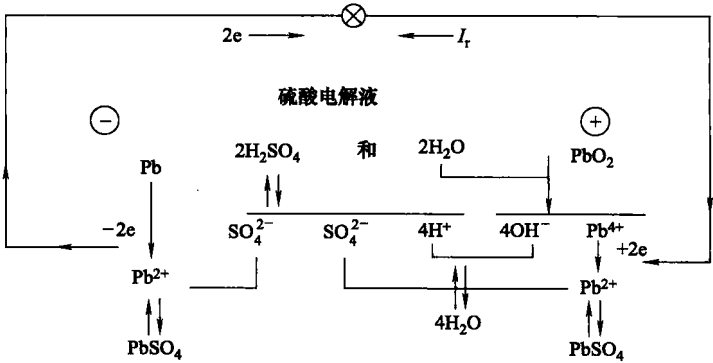
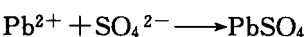
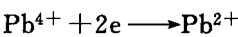
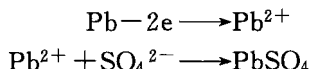


图 1-20 蓄电池的放电过程

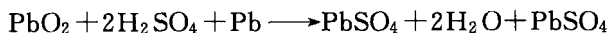
在正极板处， $\text{Pb}^{4+}$  获得两个电子变成  $\text{Pb}^{2+}$ ， $\text{Pb}^{2+}$  与电解液中的  $\text{SO}_4^{2-}$  结合生产  $\text{PbSO}_4$  吸附于极板上，即



在负极板上的活性物质铅溶解, 生成  $\text{Pb}^{2+}$ , 负极板处, 电解液中的  $\text{Pb}^{2+}$  与  $\text{SO}_4^{2-}$  结合产生的  $\text{PbSO}_4$  沉附于极板上, 即

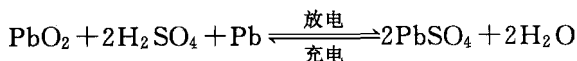


放电过程总的化学反应为



正极 电解液 负极 正极 电解液 负极

综上所述, 蓄电池充放电过程中化学反应是可逆的, 总的反应式如下:



## 2. 蓄电池特性

(1) 蓄电池充电特性 蓄电池充电特性是指在恒流充电过程中, 电解液密度 ( $\rho_{25^\circ\text{C}}$ )、静电动势 ( $E_j$ )、蓄电池端电压 ( $U_c$ ) 随充电时间变化的规律。蓄电池充电特性曲线如图 1-21 所示。

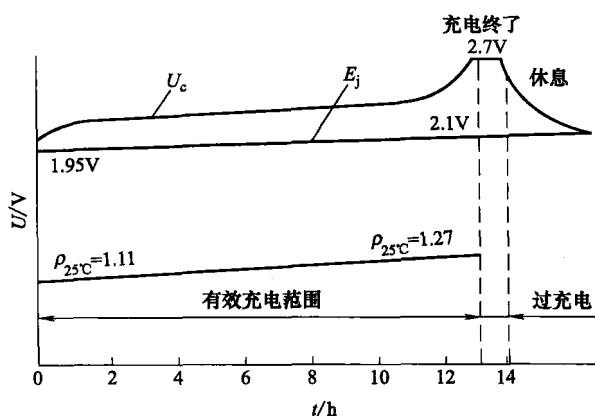


图 1-21 蓄电池的充电特性

① 电解液密度及静止电动势的变化规律。充电过程中, 电解相对液密度在  $1.11 \sim 1.27 \text{g/cm}^3$  范围内按直线规律上升。这是因为采用恒流充电, 充电机在有效充电范围内, 单位时间向蓄电池输入的电量相等, 单位时间内电解液中的水变为硫酸的量也基本相等。同时, 静止电动势从  $1.95 \sim 2.1 \text{V}$  范围内按直线规律上升。

② 端电压的变化规律。在整个充电

过程中, 端电压  $U_c$  的变化可以划分为 4 个阶段。

第一阶段 充电初期 端电压快速上升。这是因为极板活性物质孔隙内部的水迅速变为硫酸, 孔隙外部的水还未来得及渗入补充, 使极板内部电解液密度快速升高, 造成端电压迅速升高。

第二阶段 充电中期 端电压平稳上升, 至单格电压  $2.4 \text{V}$ 。随充电的进行, 新生成的硫酸不断向周围扩散, 当充电至极板孔隙中生成硫酸的速度与向外扩散的速度基本处于平衡状态时, 极板孔内外的电解液密度同步升高, 蓄电池端电压的上升速度比较稳定。

第三阶段 充电末期 开始出现气泡, 端电压达  $2.4 \text{V}$  后, 充电已接近终了, 极板上的活性物质  $\text{PbSO}_4$  已基本上转变为  $\text{PbO}_2$  和  $\text{Pb}$ 。继续充电, 这时的充电电流除一部分使尚未转变的  $\text{PbSO}_4$  继续转变为  $\text{PbO}_2$  和  $\text{Pb}$ , 其余的电流则用于电解水, 产生氢气和氧气, 以气泡形式放出, 形成“沸腾”现象。由于水被电解, 在此过程中, 带正电的氢离子和负极板上电子结合比较缓慢, 来不及立即变成氢气放出, 于是在负极板周围便积存了大量的带正电的氢离子, 使电解液与负极板之间产生了约为  $0.33 \text{V}$  的附加电位差, 这个附加电位差使蓄电池的端电压由  $2.4 \text{V}$  迅速上升至  $2.7 \text{V}$ 。

第四阶段 过充电期 此时端电压不再上升, 蓄电池内产生大量气泡, 出现沸腾现象。为了保证蓄电池充分充电, 往往需要进行  $2 \sim 3 \text{h}$  的过充电。过充电时, 由于剧烈地放出气泡会在极板内部造成压力, 使活性物质脱落, 极板过早损坏, 所以应尽量避免长时间的过充电。

蓄电池充足电的特征是: 蓄电池内产生大量气泡, 电解液呈沸腾状态; 端电压和电解液密

度升高到最大值，且 2~3h 内不再增加。

(2) 蓄电池放电特性 蓄电池放电特性是指在恒流放电过程中，电解液相对液密度 ( $\rho_{25^{\circ}\text{C}}$ )、静电动势 ( $E_j$ )、蓄电池的端电压 ( $U_f$ ) 随放电时间变化的规律，其规律曲线如图 1-22 所示。

① 电解液密度及静止电动势的变化规律。电解液密度随放电时间的延长按直线规律减小。这是因为在恒流放电过程中，单位时间内消耗硫酸的数量是相同的，所以电解液密度从 1.27 g/cm<sup>3</sup> 按直线规律下降到 1.11g/cm<sup>3</sup>。由于静止电动势  $E_j$  与电解液密度是线性关系，因此静止电动势从 2.11V 下降到 1.95V 也是按直线规律下降。

由于蓄电池在恒流放电过程中，其电解液密度和容量与放电时间都是线性关系。所以，可以通过检测电解液密度的变化来判断其放电程度。

② 端电压变化规律。在整个放电过程中，端电压  $U_f$  的变化可以划分为三个阶段。

第一阶段 放电初期 端电压由 2.1V 迅速下降到 2.0V 左右。这是因为放电开始时，极板孔隙内的活性物质与硫酸反应生成水，硫酸迅速减少，而外部的硫酸还来不及向孔隙内渗透，故该处的电解液密度迅速下降，端电压也迅速下降。

第二阶段 放电中期 端电压由 2.0V 按直线规律缓慢下降至 1.85V 左右。这是因为经第一阶段后，单位时间极板孔隙内部硫酸消耗的速度与外部硫酸向极板孔隙内渗透补充的速度处于平衡状态的缘故。

第三阶段 放电末期 端电压从 1.85V 迅速下降到 1.75V。其原因是极板表面已形成大量硫酸铅，硫酸铅的体积大于二氧化铅和海绵状纯铅的体积，它堵塞了孔隙，使电解液的渗透能力下降，而在单位时间里极板孔隙内硫酸的消耗量大于渗入量，使孔隙内电解液密度迅速下降，端电压也迅速下降。此时应停止放电，否则端电压将在短时间内急剧下降到零，导致电池过度放电，蓄电池产生硫化故障，缩短其使用寿命。停止放电后，外部的电解液向孔隙内渗透，达到平衡时，蓄电池的端电压可上升到 1.95V 左右。

蓄电池放电终止的特征是：单格电池端电压下降到放电终止电压、电解液密度下降到最小许可值（约为 1.1g/cm<sup>3</sup>）。

放电终止电压与放电电流的大小有关。放电电流越大，连续放电的时间就越短，允许的放电终止电压也越低。不同放电电流的放电终止电压见表 1-3。

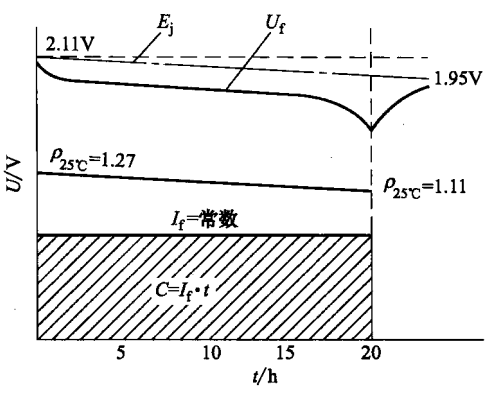


图 1-22 蓄电池的放电特性

表 1-3 放电电流与终止电压的关系

| 放电电流/A     | 0.05 <i>Q<sub>e</sub></i> | 0.1 <i>Q<sub>e</sub></i> | 0.25 <i>Q<sub>e</sub></i> | 1 <i>Q<sub>e</sub></i> | 3 <i>Q<sub>e</sub></i> |
|------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|
| 连续放电时间     | 20h                       | 10h                      | 3h                        | 30min                  | 5.5min                 |
| 单格电池终止电压/V | 1.75                      | 1.70                     | 1.75                      | 1.55                   | 1.5                    |

3. 蓄电池容量的影响因素

(1) 结构因素对蓄电池容量的影响

① 极板厚度。极板厚度越小，电解液渗透越容易，活性物质利用率越高，蓄电池放电能力越好。

② 极板表面积。极板上活性物质的实际表面积越大，同时参加化学反应的活性物质越多，

蓄电池放电性能就越好。一般通过增加极板片数或提高活性物质的多孔率来提高活性物质的表面积。

## (2) 使用因素对蓄电池容量的影响

① 放电电流。放电电流越大，蓄电池输出的容量越小。放电电流越大，极板活性物质与电解液的反应越迅速，一方面在极板表面迅速生成颗粒较大的硫酸铅，使极板孔隙堵塞；另一方面，单位时间内消耗的硫酸量大，所以在放电后期，极板孔隙内的硫酸得不到及时补充，孔隙内电解液密度迅速降低，端电压迅速降低，许多活性物质还没有参加反应，放电就被迫终止，因此蓄电池输出容量变小。

正由于放电电流过大直接影响蓄电池的容量，汽车上规定每次使用启动机的时间不应超过5s，再次启动时间应间隔10~15s，以便使电解液充分渗透，使更多的活性物质参加反应，否则会导致蓄电池容量减小，使用寿命缩短。

② 电解液温度。电解液温度降低，蓄电池输出的容量减小。电解液温度降低时，其黏度增大，流动性和渗透能力减弱。一方面，电解液不能及时渗透到极板孔隙内部；另一方面，它使蓄电池内阻增大，内部压降增大，两者共同作用使蓄电池端电压迅速降低，造成容量减小。冬季启动时，蓄电池的端电压将会大幅度降低，往往导致点火、启动困难，因此北方冬季应注意对蓄电池的保温。

温度升高时，分子运动速度加快，电解液渗透能力增强，电解液电阻减小，化学反应可延续较长时间，电池容量增大。但超过40℃后，将造成极板拱曲变形，活性物质脱落，诱发蓄电池自放电等故障。所以，蓄电池电解液温度不宜过高。

③ 电解液密度。在一定范围内，适当提高电解液密度可以提高蓄电池的端电压和输出容量。但电解液密度过大，将使其黏度增大，离子扩散速度降低，内阻增大，自行放电速度加快，腐蚀加剧，导致放电时的容量下降，寿命缩短。当电解液的密度过低时，电解液中离子数量少，也会减小铅蓄电池的实际放电容量。

一般情况下，采用电解液的密度偏低有利于提高放电电流和容量，同时也延长蓄电池的使用寿命。铅蓄电池的电解液密度，应根据用户所在地区的气候条件不同进行选择，冬季使用的电解液，在不结冰的条件下，尽可能使用密度稍低的电解液。

## (四) 蓄电池的使用与维护

### 1. 蓄电池正确使用

蓄电池的正确使用要求如下：

(1) 不要连续使用启动机，每次启动时间不得超过5s，如果一次未能启动，应停顿15s以上再作第二次启动，连续三次启动不成功者，应查明原因，排除故障后再启动发动机；

(2) 严寒地区在冬季应对蓄电池采取保温措施；

(3) 安装搬运蓄电池时，应轻搬轻放，不可敲打或在地上拖拽。蓄电池在车上应固定牢靠，以防行车时振动和移位。

### 2. 蓄电池维护

蓄电池维护要求如下：

(1) 经常清除蓄电池表面的灰尘污物，电解液溅到蓄电池表面时，应用抹布蘸浓度10%的苏打水或碱水擦净，如图1-23所示。接线极桩和电线夹头上出现氧化物时也可用竹片刮去或用砂纸擦拭但不要用力太大，否则会磨损接线极桩。

(2) 经常疏通加液孔盖上的通气孔。

(3) 放完电的蓄电池在24h内应及时充电。

(4) 常用车辆的蓄电池放电程度冬季达25%，夏季达50%时即应进行补充充电，必要时