

第4章 蓄电池



- 了解蓄电池的结构、功用及工作原理。
- 熟悉蓄电池的容量及影响因素。
- 掌握蓄电池型号的含义及蓄电池的选用。
- 掌握蓄电池的充放电特性及充电方法。
- 掌握蓄电池的正确使用及日常维护方法。
- 熟知免维护蓄电池及干荷电池的特点。
- 了解蓄电池的常见故障、预防及排除方法。

4.1 蓄电池的分类与结构

汽车上装有蓄电池与发电机两个并联的直流电源，发动机起动时，由蓄电池向用电设备供电，起动后，发电机正常时，主要由发电机供电，两个电源的电路连接如图 4-1 所示。

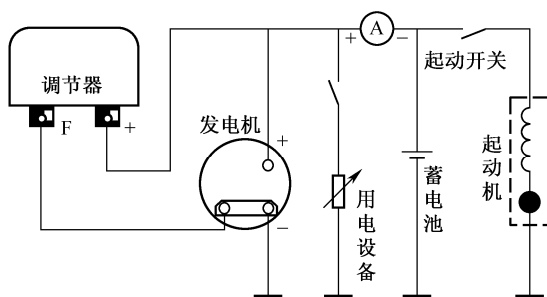


图 4-1 汽车电源系统电路示意图

汽车蓄电池主要功能如下：

- (1) 发动机起动时，蓄电池向起动系、点火系供电。
- (2) 发动机低速运转、发电机不发电或电压低于蓄电池电压时，由蓄电池向用电设备供电，同时还向发电机励磁绕组供电。
- (3) 发动机中高速运转、发电机正常发电且有剩余时，将多余电能转化为化学能储存起来。
- (4) 发电机过载时，蓄电池协助发电机向用电设备供电。
- (5) 稳定电气系统电压，保护电子设备。蓄电池相当于一个大容量的电容器，它不仅能稳定电气系统电压，还能吸收电路中出现的瞬时高电压，以免击穿电子元件。



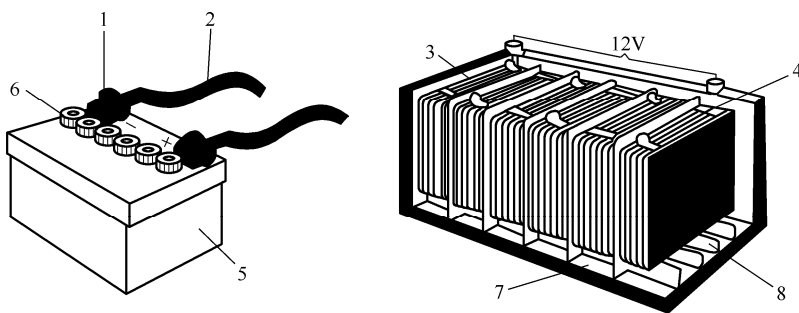
4.1.1 蓄电池的分类

蓄电池是一种可逆的低压直流电源，放电时，化学能转变为电能；充电时，电能转变为化学能。蓄电池的种类很多，目前，汽车上使用的蓄电池有两大类，即铅酸蓄电池和镍碱蓄电池。铅酸蓄电池又分为普通蓄电池、干荷蓄电池、免维护蓄电池及胶体电解质蓄电池等。镍碱蓄电池分为铁镍蓄电池和镉镍蓄电池两类。铅酸蓄电池因价格便宜、内阻小等特点被广泛应用；镍碱蓄电池具有容量大、使用寿命长、维护简单等优点，但因价格昂贵，只有少数汽车使用。

本章主要介绍汽车用铅酸蓄电池（简称铅蓄电池或电瓶）。

4.1.2 蓄电池的结构

铅蓄电池一般由3个或6个单格电池串联而成，每个单格电池的额定电压为2V。铅酸蓄电池结构如图4-2所示，主要由极板、隔板、电解液和外壳等组成。下面以干荷蓄电池为例加以说明。



1—极桩；2—起动电缆；3—单格电池；4—联条；5—外壳；6—加液孔盖；7—沉淀物；8—加强筋

图4-2 蓄电池的构造

4.1.2.1 极板

极板是蓄电池的核心部分。蓄电池充、放电的化学反应主要是依靠极板上的活性物质与电解液进行的。极板由栅架和活性物质组成，如图4-3（a）所示。

栅架一般由铅锑合金铸成，具有良好的导电性、耐蚀性和一定的机械强度。栅架的结构如图4-3（b）所示。为了降低蓄电池的内阻，改善蓄电池的起动性能，有些铅蓄电池采取了放射形栅架。如图4-3（c）所示为桑塔纳轿车蓄电池放射形栅架的结构。

正极板上的活性物质是二氧化铅（ PbO_2 ），呈深棕色，一般3~14片；负极板上的活性物质是海绵状的纯铅，呈青灰色，4~15片。将活性物质调成糊状填充在栅栏的空隙里并进行干燥即形成极板。

将正、负极板各一片侵入电解液中，可获得2V左右的电动势。为了增大蓄电池的容量，常将正、负极板分别并联，组成正、负极板组，如图4-4所示。在每个单格电池中，负极板的片数要比正极板多一片，这样每片正极板都处于两片负极板之间，可使正极板两侧放电均匀，避免因放电不均匀造成极板弯曲。

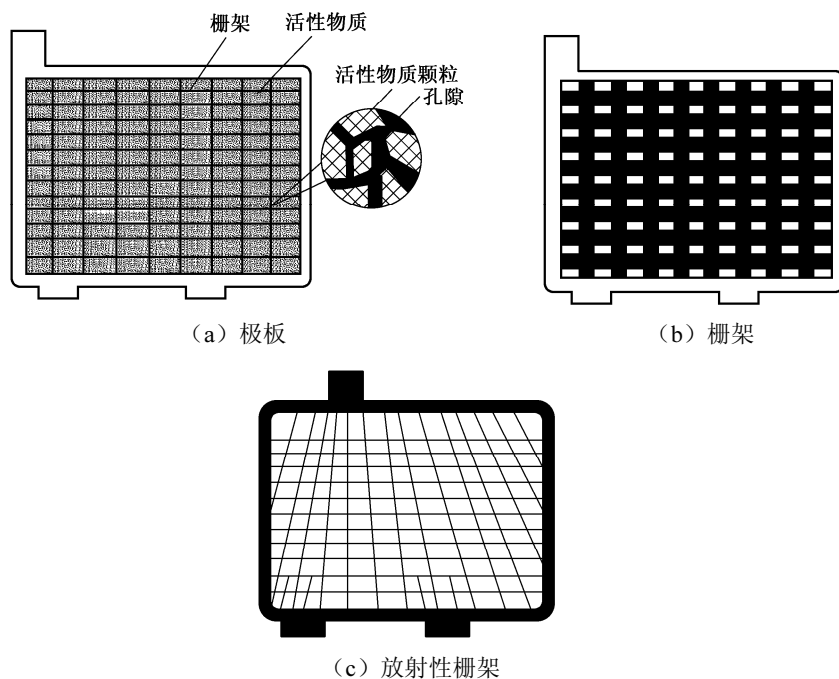
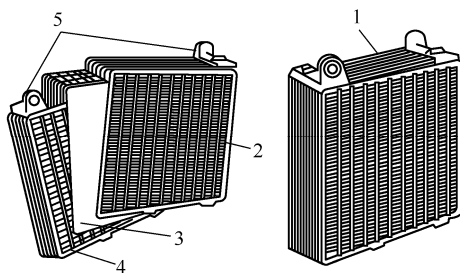


图 4-3 极板的结构



1—极板组总成；2—负极板；3—隔板；4—正极板；5—极板

图 4-4 极板组

4.1.2.2 隔板

隔板插放在正负极板之间，防止正、负极板互相接触造成短路。隔板应耐酸并具有多孔性，以利于电解液的渗透。常用的隔板材料有木质、微孔橡胶和微孔塑料等。其中，木质隔板耐酸性较差；微孔橡胶性能最好，但成本较高；微孔塑料隔板孔径小、孔率高、成本低、因此被广泛采用。

4.1.2.3 电解液

电解液在蓄电池的化学反应中起到离子间导电的作用，并参与蓄电池的化学反应，电解液由相对密度为 1.84g/cm^3 的化学纯硫酸 (H_2SO_4) 与蒸馏水按一定比例配制而成，其相对密度一般为 $1.24\sim 1.30\text{g/cm}^3$ 。

电解液的密度对蓄电池的工作有重大影响，密度大，可减少结冰的危险并提高蓄电池的容量，但密度过大则粘度增加，反而会降低蓄电池的容量，缩短使用寿命。电解液密度应随地



区和气候条件而定。另外，电解液的纯度也是影响蓄电池性能和使用寿命的重要因素之一。因此，当蓄电池的液面降低时，必须加注合格的蒸馏水至规定高度。

4.1.2.4 壳体

壳体用于盛放电解液和极板组，应耐酸、耐热、耐震。壳体多采用硬橡胶或聚丙烯塑料制成，为整体式结构，底部有凸起的肋条以搁置极板组。壳内由间壁分成 3 个或 6 个互不相通的单格，各单格之间用铅质链条串联起来。壳体上部使用相同材料的电池盖密封，电池盖上设有对应于每个单格电池的加液孔，用于添加电解液和蒸馏水以及测量电解液密度、温度和液面高度。加液孔盖上的通风孔可使蓄电池化学反应产生的气体顺利排出。

4.1.2.5 联条、极桩与加液孔盖

(1) 联条。其作用是将单格电池串联起来，以提高蓄电池的端电压。起动型铅酸蓄电池的联条用铅锑合金制成。有外露式（联条外露在蓄电池盖的上面，已淘汰）、跨接式（联条埋在盖下，连接部分跨在单格电池的中间间格上）和穿壁式（在蓄电池中间格壁上打孔，使极板组柄直接穿过中间格壁而将单格电池相互连接起来）三种。因跨越式和穿壁式具有连接距离短、节省材料、电阻小、启动性好等优点而被广泛应用。

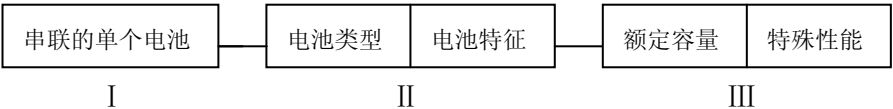
(2) 极桩。蓄电池首尾两极板组的横板上焊有接线柱。这是蓄电池充放电的必经之路。它分为正极桩和负极桩，前者用“+”符号表示，后者用“-”符号表示。

(3) 加液孔盖。封盖加液口，以防灰尘进入和电解液在使用中溅出。其侧面有通气孔，使单格液面与大气相通，随时排出电池内部的氢气和氧气，以免发生事故。

4.1.3 铅蓄电池的规格型号

4.1.3.1 国产蓄电池的型号

蓄电池的型号按 JB/T2599—1993《铅酸蓄电池产品型号编制方法》规定，其排列含义如下：



第 I 部分：表示串联的单格电池数，用阿拉伯数字表示，其额定电压是该数字的 2 倍。
第 II 部分：表示蓄电池的类型和特征，用汉语拼音字母表示。第一个字母 Q 表示起动用蓄电池；其它字母为蓄电池特征代号，如“A”表示干荷电式；“W”表示免维护式等。
第 III 部分：表示蓄电池的额定容量和特殊性能，以阿拉伯数字表示 20h 放电率的额定容量，单位为 A·h（安·时），在型号中单位略去。特殊性能用汉语拼音字母表示，如：高启动率用“G”表示；塑料槽用“S”表示；用“D”表示低温启动性好；省略表示普通型蓄电池。
例如：

- (1) 6-QA-105G：表示由 6 个单格蓄电池组成，额定电压 12V，额定容量为 105A·h 的起动型干荷电高启动率蓄电池。
- (2) 6-QAW-100：表示由 6 个单格蓄电池组成，额定电压 12V，额定容量为 100A·h 的起动型干荷电免维护蓄电池。

4.1.3.2 进口蓄电池的规格

进口蓄电池的容量规格是由蓄电池国际协会（BCI）和汽车工程协会（SAE）联合制订的。



国际电池协会用储备容量和冷起动功率两个指标来评价蓄电池。更换新电池时，新换蓄电池的额定值一定不能小于原蓄电池额定值，以确保起动所需要的电能。

(1) 储备容量。蓄电池的储备容量(RC)指标用时间来表示，单位为分钟。它是指汽车在充电系统不工作的情况下，夜间靠蓄电池点火和提供最低限度的电路负载所能运行的时间。

(2) 冷起动性。冷起动电流(CCA)指标是在 -17.89°C (0°F)和 -28.9°C (20°F)条件下，可以获得的某特定意义下的最小电流。该指标将蓄电池的起动能力与发动机的排量、压缩比、温度、起动时间、发电机和电气系统的技术状态以及起动和点火的最低使用电压这些变量联系起来。它是指充足电的蓄电池在30s内，其端电压下降到7.2V(额定电压12V)时，蓄电池所能供给的最小电流。

4.1.3.3 蓄电池的选用

选用蓄电池时，应按先选“型”后选“号”的顺序进行。首先要选起动型，再选电压和容量，电压必须和电气系统额定电压一致，容量必须满足汽车起动的要求。每车尽量选用一块蓄电池。若电压不符合要求，两块蓄电池可串联，每块蓄电池的电压为总电压的1/2；若容量不符合要求，可选两块蓄电池并联，每块蓄电池的容量，为总容量的1/2。

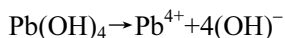
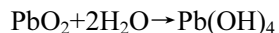
4.2 蓄电池的工作原理与特性

4.2.1 蓄电池的工作原理

4.2.1.1 电动势的建立

当正极板(PbO_2)、负极板(Pb)各一片浸入电解液时，在负极板处，一方面金属铅(Pb)有溶于电解液的倾向，由于有少量的铅进入电解液变成了二价铅离子(Pb^{2+})，在极板上留下了两个电子(2e^-)，使铅极板带了负电荷，另一方面，由于正、负电荷的相互吸引， Pb^{2+} 又有回到极板表面的倾向。当两者达到平衡时，溶解停止，此时负极板相对电解液为负电位，约为 -0.1V 。与此同时，正极板处，有少量的 PbO_2 溶入电解液，与水生成氢氧化铅 $\text{Pb}(\text{OH})_4$ ，再分离成四价铅离子 Pb^{4+} 和氢氧根离子 $(\text{OH})^-$ 。

即



由于 Pb^{4+} 铅沉附于极板的倾向大于溶解的倾向，因而沉浮于极板上，使极板呈正电位。达到平衡时，相对于电解液约为 $+2\text{V}$ 。

因此，在外电路未接通时，蓄电池的正负极板间的电位差为： $2.0 - (-0.1) = 2.1\text{V}$ 。

4.2.1.2 蓄电池的放电过程

蓄电池的正、负极板浸入电解液后，在正、负极板间产生了2.1V的电压。此时，若接通负载，在电动势的作用下，电流从蓄电池正极经外接电路流向蓄电池负极，这一过程称为放电。是蓄电池的化学能转变为电能的过程。如图4-5所示。

放电时，正极板上的 PbO_2 和负极板上的 Pb 都与电解液中的 H_2SO_4 反应，生成 PbSO_4 后沉附于正、负极板的表面上。与此同时，电解液中的 H_2SO_4 不断减少，水不断增多，电解液密度随之下降。理论上放电过程可以进行到极板上的活性物质消耗尽为止，但因生成的 PbSO_4



沉附于极板表面，阻碍了电解液的继续渗透，使得极板内部的活性物质因得不到电解液而不能参加反应，使放电能力大大下降。使用中被称为放完电的蓄电池活性物质利用率只有 20%~30%，因此采用薄极板，增加极板的多孔性，可提高极板活性物质的利用率，增加蓄电池的容量。

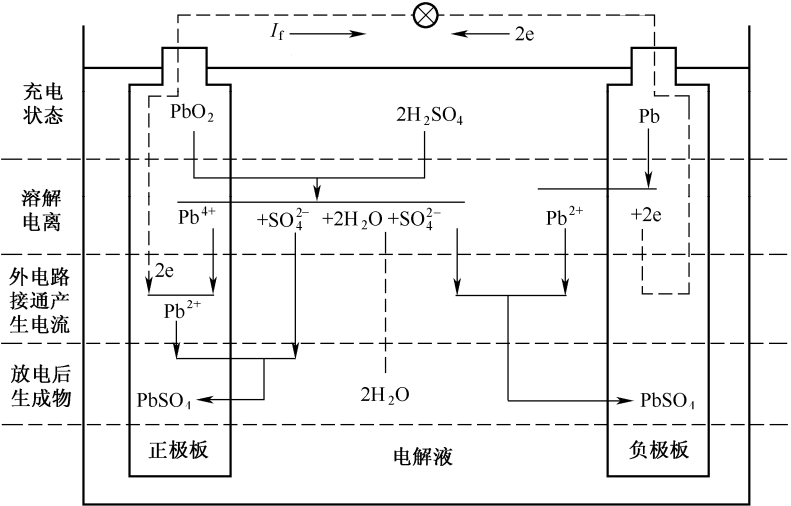


图 4-5 蓄电池的放电过程

4.2.1.3 蓄电池的充电过程

充电时，蓄电池的正负极板组分别与直流电源的正负极相连，当充电电源的端电压高于蓄电池的电动势时，在电场力的作用下，电流从蓄电池的正极流入经负极流出，这一过程称为蓄电池充电。它是外接电源的电能转变为蓄电池化学能的过程，如图 4-6 所示。

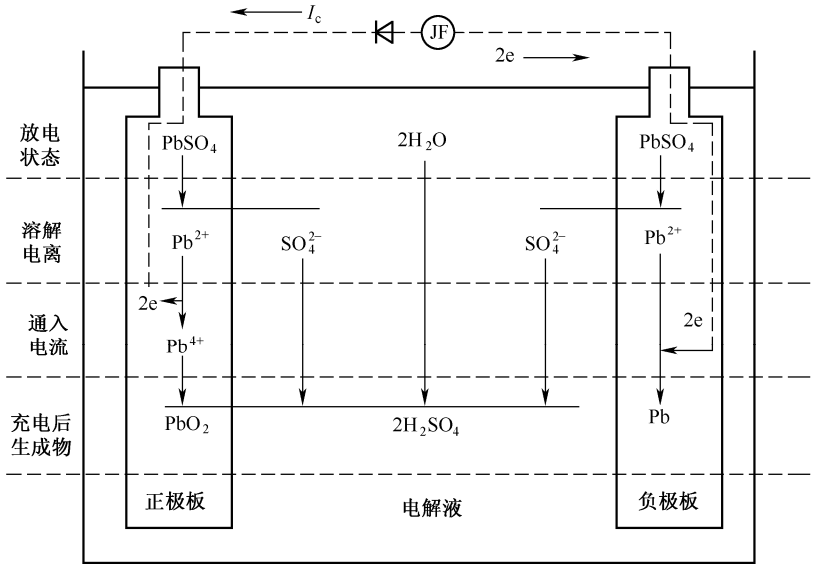
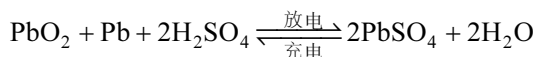


图 4-6 蓄电池的充电过程



充电过程中,正、负极板上的 PbSO_4 逐渐还原为 PbO_2 和 Pb ,电解液中水的比例逐渐减少, H_2SO_4 比例增多,电解液密度逐渐升高到最大值。充电终了时,正、负极板上的 PbSO_4 已基本完全还原成了 PbO_2 和 Pb ,此时的充电,实为电解水,使正极板附近产生 O_2 ,从电液中逸出,负极板附近产生的 H_2 ,从电液中逸出。随着电解水的进行,液面降低。这是非免维护蓄电池定期补充蒸馏水的原因之一。

综上所述,蓄电池的充、放电时,总的化学反应过程可用下式表示,即



4.2.2 蓄电池的工作特性

蓄电池的工作特性主要包括静止电动势 E_j 、内电阻 R_0 、放电特性和充电特性。

4.2.2.1 静止电动势

蓄电池在静止状态下(充电或放电后静止 2~3h),正负极板间的电位差称为静止电动势,用 E_j 表示。其大小可用直流电压表或万用表(DC 挡)直接测出,也可根据电解液密度,用经验公式求出。蓄电池的静止电动势 E_j 与极板的片数、大小无关,仅与电解液的密度有关,其经验公式为

$$E_j = 0.84 + \rho_{25} \quad (4-1)$$

式中 E_j —— 蓄电池的静止电动势, V;

ρ_{25} —— 25℃时的电解液相对密度, g/cm^3 。

注意:实测电解液的相对密度应转换为 25℃时的电解液相对密度,其关系式为

$$\rho_{25} = \rho_t + \beta(t - 25) \quad (4-2)$$

式中 ρ_t —— 实测的电解液相对密度, g/cm^3 ;

t —— 测量时的电解液温度, ℃;

β —— 相对密度温度系数, $\beta = 0.00075$ 。

因为铅蓄电池工作时电解液密度在 $1.12 \sim 1.30 \text{g/cm}^3$ 之间变化,所以每个单格电池的电动势也相应地在 1.97~2.15V 之间变动。

4.2.2.2 内电阻 R_0

铅蓄电池的内电阻主要由电解液电阻、极板电阻、隔板电阻和联条电阻组成。

即

$$R_0 = \sum R$$

在正常使用条件下,极板电阻很小,只有极板出现硫化故障时,电阻才会明显增大。电解液的电阻与其密度和温度有关。密度大,温度低,电解液的黏度增加,电液的渗透能力变差,电解液的电阻增加。隔板的电阻主要取决于其材质、厚度及多孔性。至于联条的电阻,其值本来就很很小,尤其是采用了穿壁式结构后,其内阻已降到了最低值,可忽略不计。

起动型蓄电池的内阻一般都很小,仅百分之几欧姆(单格电池内阻约为 0.011Ω)。大电流放电时,内阻压降很小,以满足起动机的需要。

在温度为 20℃时,完全充足电的蓄电池内阻 R_0 可用下述公式求得

$$R_0 = U_e / 17.1 Q_e \quad (4-3)$$

式中 U_e —— 额定电压, V;

Q_e —— 额定容量, A·h。



4.2.2.3 蓄电池的放电特性

蓄电池的放电特性是指在规定的放电条件下,进行恒流放电过程中,蓄电池的端电压 U_f 、电动势 E 和电解液的相对密度 ρ_{25} 随放电时间的变化规律。完全充足电的蓄电池以 20h 放电率恒流放电的特性曲线如图 4-7 所示。

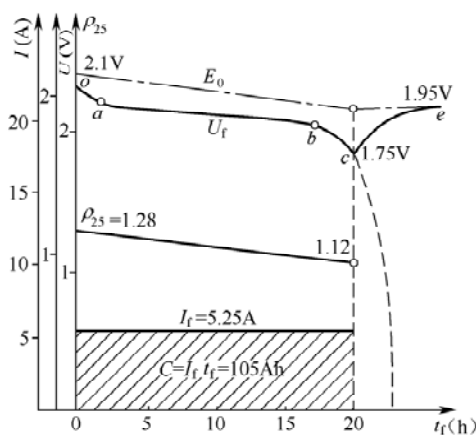


图 4-7 蓄电池的放电特性

由于放电电流是恒定的,单位时间内所消耗的硫酸量相同,所以,电解液的相对密度呈直线下降。相对密度每下降 0.04,相当于蓄电池放电 25%。

放电过程中,由于蓄电池内阻的存在,使得内阻 R_0 上存有电压降,故,蓄电池的端电压总是小于其电动势 E 。即

$$U_f = E - I_f R_0 \quad (4-4)$$

式中 U_f ——放电时蓄电池的端电压, V;

E ——放电时蓄电池的电动势, V;

I_f ——放电电流, A;

R_0 ——蓄电池内阻, Ω 。

随放电程度的增加,电解液相对密度不断下降,电动势 E 随之下降,同时内阻 R_0 不断增加,故端电压 U_f 将逐渐下降。放电时由于空隙内的电解液密度小于外部的电解液密度,因此,放电时的电动势 E 总是小于静止电动势 E_j 。

放电开始时 (oa 段),蓄电池的端电压从 2.1V 迅速下降到 2V,极板孔隙内的 H_2SO_4 急剧减少,密度明显下降。

第二阶段 (ab 段),蓄电池的端电压比较稳定,从 2V 缓慢下降到 1.85V,极板孔隙内消耗的 H_2SO_4 与外部向极板内渗透的数量基本相当,处于平衡状态。空隙内的电解液相对密度随孔外的电解液相对密度一起下降,下降速度缓慢。

第三阶段 (bc 段)电压降至 1.75V (放电急剧下降的临界电压),电解液的相对密度明显下降。极板上由于前期的放电生成了一层 $PbSO_4$,而 $PbSO_4$ 的体积比原活性物质体积都大,(比 Pb 的体积大 2.86 倍,比 PbO_2 的体积大 1.86 倍)致使极板孔隙堵塞, $(SO_4)^{2-}$ 渗透困难,极板内部电解液相对密度迅速下降。另外,由于 $PbSO_4$ 增多,蓄电池内阻增大,导致蓄电池端电压迅速下降。此时应立即停止放电,否则易损坏蓄电池。



第四阶段 (ce) 停止放电后, 孔隙内外电解液相对密度趋于一致, 蓄电池电动势逐渐会升至 $1.95V$ 。

蓄电池放电终了的标志为:

- (1) 单格电池电压降到放电终止电压 (以 $20h$ 放电率时, 为 $1.75V$);
- (2) 电解液相对密度下降到最小值, 约 $1.12g/cm^3$ 。

放电终止电压与放电电流大小有关。放电电流越大, 允许的放电时间就越短, 放电终止电压越低, 如表 4-1 所示。

表 4-1 单格电池放电终止电压

放电电流 (A)	$0.05C_{20}$	$0.1C_{20}$	$0.25C_{20}$	C_{20}	$3C_{20}$
放电时间	20h	10h	3h	30min	5min
单格电池终止电压 (V)	1.75	1.70	1.65	1.55	1.50

注: C_{20} 为蓄电池的额定容量。

4.2.2.4 蓄电池的充电特性

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。如图 4-8 所示为一只 6-QA-105 型蓄电池以 $10.5A$ 的充电电流进行充电时的特性曲线。

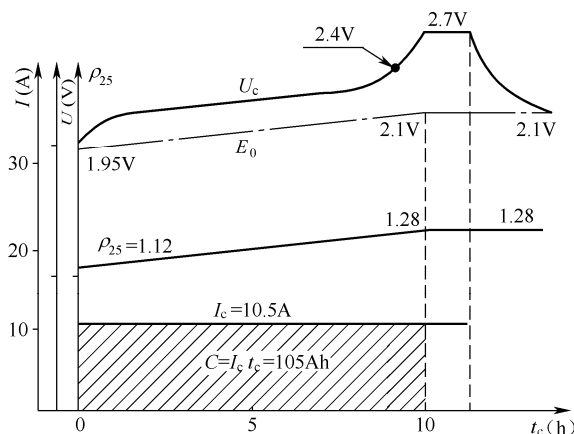


图 4-8 蓄电池的充电特性曲线

由于采用恒流充电, 单位时间内所生成的硫酸数量相等, 因此, 电解液密度随时间呈直线上升。

由图 4-8 可以看出, 在充电开始阶段, 蓄电池的端电压 U_c 迅速上升, 这是因为充电时, 活性物质和电解液的作用首先在极板的孔隙内进行, 使孔隙内的电解液密度迅速增加。随着生成的硫酸量的增多, H_2SO_4 开始不断地向极板孔隙外扩散, 当极板孔隙内 H_2SO_4 的生成速度与扩散速度达到平衡时, 蓄电池的端电压就不再迅速上升, 而是随着整个容器内电解液密度的上升而缓慢提高。

当单格蓄电池端电压达到 $2.4V$ 时, 电解液中开始冒气泡, 正、负极板上的 H_2SO_4 基本上还原成为 PbO_2 和海绵状铅 Pb , 再继续充电, 电解液中的水将开始分解而产生 H_2 和 O_2 , 以气泡的形式释放出来, 电解液呈“沸腾”状态。此时, 正极板附近聚集了一些正离子 H^+ , 使溶



液和极板之间产生了附加电位（也称氢过电位，约为 0.33V），因此，单格蓄电池的充电电压急剧升至 2.7V。

从理论上讲，单格蓄电池电压升至 2.7V 时应停止充电，否则，将造成蓄电池过充电，致使产生的气体冲击活性物质而脱落，极板过早损坏，所以，应尽量避免长时间过充电。但实际充电时，为了保证蓄电池充足电，往往进行 2~3h 的过充电。充电停止后，附加电位消失，极板孔隙内电解液和容器中的电解液密度趋向平衡，因而蓄电池的端电压又降至 2.1V 左右。

蓄电池充电终了的标志为：

- (1) 蓄电池内部产生大量气泡，电解液呈“沸腾”装态。
- (2) 端电压和电解液的密度上升到最大值，且 2~3h 内不再增加。

4.3 蓄电池的容量及影响因素

4.3.1 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，完全充足电的蓄电池所能输出的电量，用 C 表示，单位为 $A \cdot h$ （安·时）。容量等于放电电流与持续放电时间的乘积，用下式表示：

$$C = I_f \cdot t \quad (A \cdot h) \quad (4-5)$$

式中 C ——蓄电池容量， $A \cdot h$ ；

I_f ——恒定的放电电流， A ；

t ——持续放电时间， h 。

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

完全充足电的蓄电池，在电解液温度为 25℃ 时，以 20h 放电率（放电电流为 0.05C）连续放电，直到 12V 蓄电池端电压下降到 10.5V 时为止，蓄电池所输出的电量称为额定容量，用 C_{20} 表示。额定容量是蓄电池的设计容量，也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，它是指在电解液温度为 25℃ 时，以 5A 的电流连续放电 20h 后，蓄电池端电压降至 10.5V。

4.3.2 影响容量的因素

蓄电池容量与很多因素有关，主要有结构因素和使用因素。

4.3.2.1 结构因素对蓄电池容量的影响

极板厚度越小，电解液渗透越容易，活性物质利用率越高，蓄电池的放电性能就越好。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就越多，蓄电池的放电性能就越好。提高活性物质表面积的方法有两种：一是增加极板片数；二是提高活性物质的多孔率。

国产蓄电池极板面积已统一，每对极板面的容量为 7.5A·h。容量 C 与正负极板总片数 N 间的关系可用下式计算：

$$C = 7.5(N-1) \quad (4-6)$$



如增大极板的面积、提高活性物的多孔率等都可以提高蓄电池的容量。

4.3.2.2 使用因素对蓄电池容量的影响

1. 放电电流

放电电流越大，蓄电池容量越小，如图 4-9 所示。这是因为放电电流越大时，极板空隙内消耗的 H_2SO_4 越多， PbSO_4 堵塞极板孔隙现象越明显，阻碍了电解液向极板内层渗透，至使极板空隙内的电解液密度急剧下降，于是端电压也迅速下降，从而缩短了放电时间，结果使蓄电池容量下降。

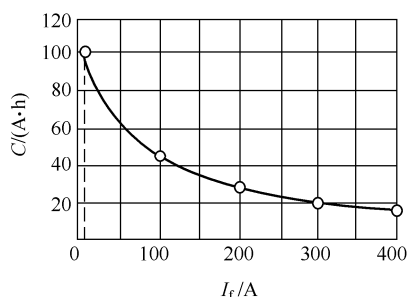


图 4-9 放电电流与容量的关系

2. 电解液温度

电解液温度降低时，蓄电池容量减小，如图 4-10 所示。这是因为电解液温度降低，其粘度增大，电解液渗入极板内部困难；同时电解液温度降低时，电解液电阻也增大，使蓄电池内阻增加，蓄电池端电压下降。因此，电解液温度降低时，蓄电池容量减小。实验证明，电解液温度每下降 1°C ，缓慢放电时蓄电池容量约减少 1%，迅速放电时蓄电池容量约减少 2%。

由于电解液温度对蓄电池容量影响较大，因此，冬季寒冷地区使用蓄电池时，应加强对蓄电池的保温。

3. 电解液密度

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，使蓄电池容量增加。但密度超过某一数值时，由于电解液粘度增加时渗透速度下降，蓄电池内阻增大，并加速极板硫化，使蓄电池容量下降。电解液相对密度过低时，将使电解液中参加反应的硫酸根离子不足，从而影响蓄电池的电动势和容量。电解液相对密度和蓄电池容量的关系，如图 4-11 所示。

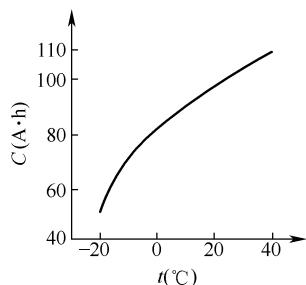


图 4-10 温度与容量的关系

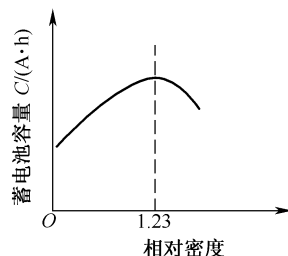


图 4-11 相对密度与容量的关系

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，应尽可能使用密度稍低的电解液。

4.4 蓄电池的充电及其设备

4.4.1 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，不同的充电方法，应根据具体情况正确选择。

4.4.1.1 定流充电

在充电过程中，充电电流保持恒定的充电方法，称为定流充电。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2.4V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。

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4-12(a)所示。充电时，每个单体需要2.7V，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。

由图4-12(b)中的定流充电特性曲线可以看出，一般定流充电过程分为两个阶段：第一阶段以规定的电流进行充电，在这一阶段中，正、负极板上的 PbSO_4 基本上还原成活性物质；第二阶段，充电电流减半，直到充电终止。充电电流减半，是为了防止电解水。

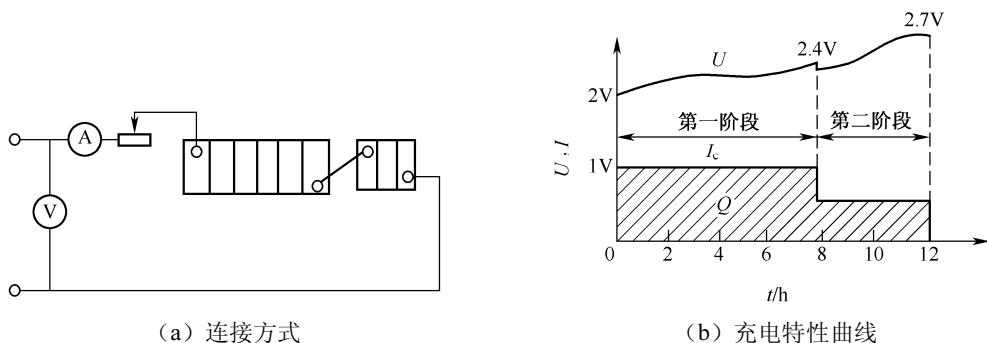


图4-12 定流充电

定流充电具有较强的适应性，可以任意选择和调整充电电流，因此，可以对不同情况的蓄电池进行充电。如蓄电池的补充充电、去硫化充电等均可采用这种方法。其不足是充电时间长，并且需要经常调整充电电压。

4.4.1.2 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4-13(a)所示。根据 $I_c=(U-E)/R_0$ 可知，定压充电开始时，充电电流很大，随着蓄电池电动势的增加，充电电流逐渐减小，至充电终止时，充电电流 I_c 将自动降低到零。另外，定压充电时，开始电流很大，充电后4~5h即可达到蓄电池容量的90%~95%，大大缩短了充电时间。

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

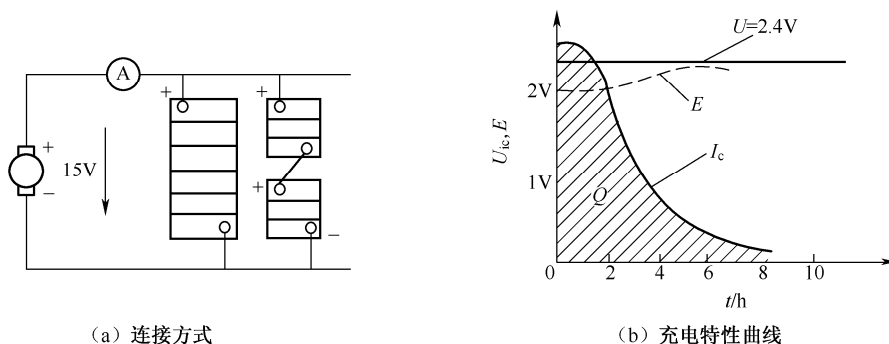


图 4-13 定压充电

采用定压充电时，要调整好充电电压。若充电电压过高，则充电初期充电电流过大，且易造成过充电；若充电电压过低，则蓄电池充电不足。一般每单格电池约需 2.5V，即对 6V 的蓄电池充电，充电电压应为 7.5V；对 12V 的蓄电池充电，充电电压应为 15V；另外，充电初期的最大电流不应超过 $0.3C_{20}A$ ，否则应降低充电电压，待电动势升高后再调制规定值。在汽车上，发电机给蓄电池的充电就是定压充电，调节器的电压要符合规定，过高过低对蓄电池都不利。

4.4.1.3 脉冲快速充电

所谓脉冲快速充电，就是先用较大的电流（相当于 $(0.8 \sim 1) C_{20}$ ）进行定流充电，使蓄电池在较短的时间内充到额定容量的 50%~60%。即当蓄电池单格电压升到 2.4V 开始冒气泡时，在控制电路的作用下开始进行脉充充电，其程序是：先停止充电 25ms 左右，接着再反向脉冲快速充电，反向充电的脉宽一般为 $150 \sim 1000 \mu s$ ，脉幅为 $(1.5 \sim 3) C_{20}$ 的充电电流，接着再停止充电 25ms。然后再用正向脉冲进行充电，周而复始，直到充足电为止，其充电电流波形如图 4-14 所示。

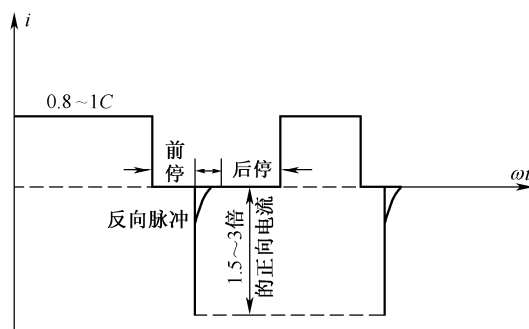


图 4-14 脉冲快速充电电流波形

脉冲快速充电的优点是：

- (1) 充电时间大为缩短，一般初充电不多于 5h，补充充电 1~2h。
- (2) 可以增加蓄电池容量。由于脉冲快速充电能够消除极板硫化现象，因此，充电时化学反应充分，加深了反应深度，使蓄电池容量有所增加。
- (3) 去硫化作用显著。
- (4) 采用脉充快速充电时，蓄电池析出的气体总量虽然有所减少，但出气率高，对活性



物质冲刷能力强, 活性物质易脱落, 对蓄电池的寿命有影响。

4.4.2 充电种类

4.4.2.1 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。初充电主要针对老式的普通蓄电池, 因为不进行初充电蓄电池无法使用, 现在广泛使用的干荷电池、免维护蓄电池一般不再进行初充电。

4.4.2.2 补充充电

蓄电池在车辆上使用时, 常有电量不足的现象(如起动困难), 这时应对蓄电池进行补充充电。补充充电可以采用定流充电, 也可采用定压充电。如采用定流充电, 第一阶段的充电电流为 $C_{20}/10$, 充电至单体蓄电池端电压达 2.4V 时, 充电电流减半, 直至充足电为止。

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 $1.15\text{g}/\text{cm}^3$ 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; 按下电喇叭, 喇叭声音小。
- (4) 蓄电池放置超过一个月。

4.4.2.3 去硫化充电

(1) 当蓄电池极板出现轻微硫化时, 可用去硫化方法充电, 其方法是: 倒出蓄电池内部的电解液, 用蒸馏水反复冲洗蓄电池极板数次, 然后加入蒸馏水至规定高度。

(2) 用初充电的方法进行充电 ($I_c=C_{20}/15$), 当电解液密度上升到 $1.15\text{g}/\text{cm}^3$ 以上时, 倒出电解液, 加蒸馏水, 再继续充电, 如此反复多次, 致密度不再上升为止。

(3) 加入正常密度的电解液至规定高度。

(4) 用 20h 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。

4.4.3 充电设备

常用的充电设备有交流电源和整流器组成。

4.4.3.1 硅整流充电机

目前使用较多的有 GCA 系列硅整流充电机, 其外形如图 4-15 所示。这种将交流电转变为直流电的充电设备, 主要用于各种蓄电池的定流、定压充电。它具有操作简单、体积小、维护方便、整流效率高、寿命长等优点。

4.4.3.2 快速充电机

快速充电机采用自动控制电路对蓄电池进行正反向脉冲充电, 极大地提高了充电效率。蓄电池在进行快速脉冲充电前, 应首先检查电解液的密度, 通过电解液的密度值, 推算出蓄电池的剩余容量, 以确定充电时间。可参照表 4-2 来预测充电时间, 并将充电机的定时器调到相应的时间上。

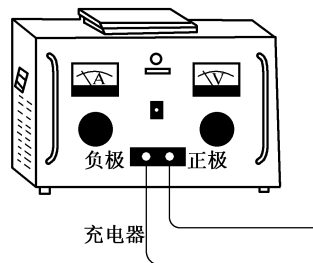


图 4-15 硅整流充电机的外形



表 4-2 快速充电时间与电解液密度的关系

电解液密度/(g/cm ³)	剩余容量/%	补充充电时间/min
全充电密度: 1.260	100	0
高于 1.225	75 以上	用小电流充电
1.200~1.225	50	15
1.175~1.200		30
1.150~1.175		45
低于 1.150	25 以下	60

4.5 免维护蓄电池

免维护蓄电池,也叫 MF 蓄电池,是现代汽车上广泛应用的一种蓄电池。自从 20 世纪 70 年代后期进入国际市场后,得到了迅速发展。图 4-16 为免维护蓄电池的结构。普通蓄电池虽然具有内阻小、起动输出电流大、电压稳定、工艺简单、造价低廉等特点,但由于自放电现象较严重,需经常补加蒸馏水,极桩腐蚀严重,使用寿命较短等缺点。为使保持良好的技术状态,在正常的使用时,需定期进行维护。例如,检查液面高度、补给蒸馏水、进行补充充电等。若使用维护不当,使用寿命将进一步缩短,甚至报废。为减轻驾驶员和维修工的劳动强度,免维护蓄电池应运而生。

免维护蓄电池,其含义是在合理的使用期限内无需添加蒸馏水,只要蓄电池装好就行了。如市内短途车行驶 80000km,长途货车可行驶 400000~480000km 而不需要维护,3.5~4 年不需要加注蒸馏水;极桩腐蚀较轻或没有腐蚀;自放电少,在车上或储存时无需进行补充充电。节省了大量的蓄电池的维护工作,其装车率逐年提高。

免维护蓄电池与普通铅酸蓄电池相比,在结构与使用上有许多特点。

4.5.1 免维护蓄电池的结构特点

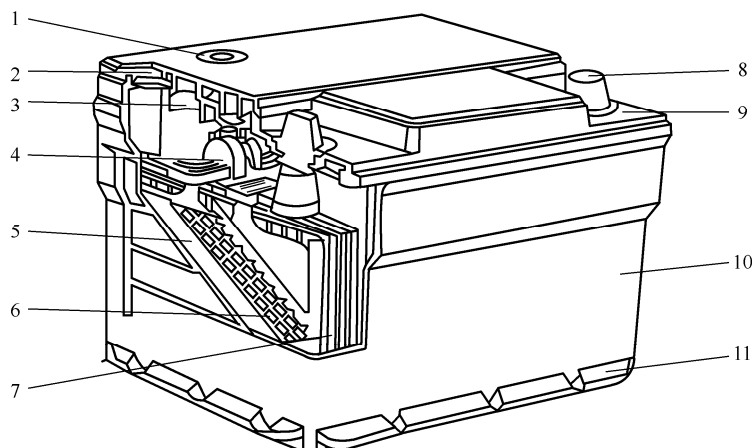
(1) 极板的栅架采用低锑合金或铅铝锡合金材料制成,消除了锑的副作用。栅架采用低锑合金(含锑 2%~3%)制作的蓄电池称为少维护蓄电池。锑的存在不仅易导致正负极板间的自放电,而且使蓄电池的电动势降低,充电电流增大,水的电解速度加快。

(2) 采用了袋式聚氯乙烯隔板。将正极板装在隔板袋内,既能防止活性物质脱落,又能防止极板短路,从而延长了补充充电的期限。

(3) 采用了密封式压铸成型极桩,不易断裂,避免了酸气的腐蚀。

(4) 外壳采用了聚丙烯塑料热压而成,槽底无筋条,极板组直接放在蓄电池槽底部,极板上部容积增大 33%,增加了电解液的储量。

(5) 采用了新型安全通气装置和气体收集器。通气孔塞采用新型安全通气装置,孔塞内装有氧化铝过滤器和催化剂钯。它能阻止水蒸气和硫酸气体通过,避免其与外部火花接触而爆炸,催化剂能促使氢氧离子结合生成水再回到蓄电池内部,因而减少了水的消耗;可以使蓄电池 3~4 年不加蒸馏水。这种通气装置还可使蓄电池的顶部和接线柱保持清洁,减少了接线端头的腐蚀,确保接线牢固可靠。



1—内装温度补偿型密度计；2—壳内消除火焰作用的排烟孔；3—液气隔板；4—极桩连接板；5—极板；
6—铅钙栅架；7—隔板；8—极桩；9—模压代号；10—聚丙烯外壳；11—安装固定低座

图 4-16 免维护蓄电池的结构

(6) 单格电池间极板组的联条采用穿壁式连接，电阻小。

(7) 内装相对密度计（俗称电眼），可自动显示蓄电池的存电状态和电解液的液面位置。

4.5.2 免维护蓄电池的使用特点

(1) 在规定的条件下，使用过程中无需加注蒸馏水（3~4 年）。

(2) 自放电少，仅为普通蓄电池的 1/6~1/8，因此可以较长时间（一般为两年）湿式储存。

(3) 单格电池间穿壁式连接内阻小，具有较高的放电电压和较好的低、常温起动性能。

(4) 耐过充电性能好。实验证实，在相同的充电电压和温度下，免维护蓄电池的过充电电流比普通铅酸蓄电池小得多，且充满电后可以接近零。这就是说，充足电后基本上不电解水。故免维护蓄电池水的消耗是很少的。

(5) 极桩无腐蚀或腐蚀极轻。

(6) 耐热、耐震性好，寿命长。免维护蓄电池的寿命一般在 4 年以上，是普通蓄电池寿命的 2 倍多。

(7) 由于极板的制造工艺复杂，价格较普通电池高 10% 左右。

4.6 蓄电池常见的故障

蓄电池的常见故障可分为外部故障和内部故障。蓄电池的外部故障有外壳裂纹、极柱腐蚀或松动等。蓄电池的内部故障主要有极板硫化、活性物质脱落、极板栅架腐蚀、极板短路、自放电及单格电池极性颠倒等。各种内部故障的故障特征、产生原因和排除方法见表 4-3。



表 4-3 常见的蓄电池内部故障

名称	项目	说明
极板硫化	故障特征	蓄电池极板上生成一层白色粗晶粒的 PbSO_4 ，在正常充电时不能转化为 PbO_2 和 Pb 的现象称为“硫酸铅硬化”，简称“硫化”。 (1) 硫化的电池放电时，电压急剧降低，过早降至终止电压，电池容量减小。 (2) 蓄电池充电时单格电压上升过快，电解液温度迅速升高，但密度增加缓慢，过早产生气泡，甚至一充电就有气泡
	故障原因	(1) 蓄电池长期充电不足或放电后没有及时充电，导致极板上的 PbSO_4 有一部分溶于电解液中，环境温度越高，溶解度越大。当环境温度降低时，溶解度减小，溶解的 PbSO_4 就会重新析出，在极板上再次结晶，形成硫化。 (2) 蓄电池电解液液面过低，使极板上部与空气接触而被氧化，在汽车行驶过程中，电解液上下波动，与极板的氧化部分接触，会生成大晶粒 PbSO_4 硬化层，使极板上部硫化。 (3) 长期过量放电或小电流深度放电，使极板深处活性物质的孔隙内生成 PbSO_4 ，平时充电不易恢复。 (4) 新蓄电池初充电不彻底，活性物质未得到充分还原。 (5) 电解液密度过高、成分不纯，外部气温变化剧烈
	排除方法	轻度硫化的蓄电池可用小电流长时间充电的方法予以排除；硫化较严重采用去硫化充电方法消除硫化；硫化特别严重的蓄电池应报废
活性物质脱落	故障特征	主要指正极板上的活性物质 PbO_2 的脱落。 蓄电池容量减小，充电时从加液孔中可看到有褐色物质，电解液浑浊
	故障原因	(1) 蓄电池充电电流过大，电解液温度过高，使活性物质膨胀、松软而易于脱落。 (2) 蓄电池经常过充电，极板孔隙中逸出大量气体，在极板孔隙中造成压力，而使活性物质脱落。 (3) 经常低温大电流放电使极板弯曲变形，导致活性物质脱落。 (4) 汽车行驶中的颠簸震动
	排除方法	对于活性物质脱落的铅蓄电池，若沉积物较少时，可清除后继续使用；若沉积物较多时，应报废
极板栅架腐蚀	故障特征	主要是正极板栅架腐蚀，极板呈腐烂状态，活性物质以块状堆积在隔板之间，蓄电池输出容量降低
	故障原因	(1) 蓄电池经常过充电，正极板处产生的 O_2 使栅架氧化。 (2) 电解液密度、温度过高，充电时间过长，会加速极板腐蚀。 (3) 电解液不纯
	排除方法	腐蚀较轻的蓄电池，电解液中如果有杂质，应倒出电解液，并反复用蒸馏水清洗，然后加入新的电解液，充电后即可使用。 腐蚀较严重的蓄电池，如果是电解液密度过高，可将其调整到规定值，在不充电的情况下继续使用。腐蚀严重的蓄电池，如栅架断裂、活性物质成块脱落等，则需更换极板
极板短路	故障特征	蓄电池正、负极板直接接触或被其他导电物质搭接称为极板短路。 极板短路的蓄电池充电时充电电压很低或为零，电解液温度迅速升高，密度上升很慢，充电末期气泡很少
	故障原因	(1) 隔板破损使正、负极板直接接触。 (2) 活性物质大量脱落，沉积后将正、负极板连通。 (3) 极板组弯曲。 (4) 导电物体落入池内
	排除方法	出现极板短路时，必须将蓄电池拆开检查。更换破损的隔板，消除沉积的活性物质，校正或更换弯曲的极板组等



续表

名称	项目	说明
自放电	故障特征	蓄电池在无负载的状态下，电量自动消失的现象称为自放电。 如果充足电的蓄电池在 30 天之内每昼夜容量降低超过 2%，称为故障性自放电
	故障原因	(1) 电解液不纯，杂质与极板之间及沉附于极板上的不同杂质之间形成电位差，通过电解液产生局部放电。 (2) 蓄电池长期存放，硫酸下沉，使极板上、下部产生电位差引起自放电。 (3) 蓄电池溢出的电解液堆积在电池盖的表面，使正、负极柱形成通路。 (4) 极板活性物质脱落，下部沉积物过多使极板短路
	排除方法	自放电较轻的蓄电池，可将其正常放完后倒出电解液，用蒸馏水反复清洗干净，再加入新电解液，充足电后即可使用；自放电较为严重时，应报废
单格 电池 极性 颠倒	故障特征	单格电池原来的正极板变成负极板，负极板变成正极板。此时，蓄电池电压迅速下降，不能继续使用
	故障原因	没有及时发现有故障的单格电池（如极板短路、活性物质脱落等），当蓄电池放电时，该单格电池由于容量小，首先放电至零，再继续放电时，其他单格电池的放电电流对它进行充电，使其极性颠倒
	排除方法	对极性颠倒的单格电池应更换新极板

4.7 蓄电池的使用与维护

大量的实践证明，只有正确地使用与维护蓄电池，才能保证其特性的正常发挥并能延长蓄电池的使用寿命。

4.7.1 蓄电池的正确使用

- (1) 大电流放电时间不宜过长，起动机的每次使用时间不超过 5s，起动间隔时间不少于 15s，最多连续起动 3 次，3 次不能起动发动机时，应对发动机进行检查后再进行起动。
- (2) 充电电压不能过高，充电电压增加 10%~12%时，蓄电池的寿命将会缩短 2/3 左右。
- (3) 要及时、正确地进行充电。尽量避免蓄电池过放电和长期处于亏电状态下工作，放完电的蓄电池应在 24h 内进行充电。
- (4) 车辆使用的蓄电池，应定期进行补充充电。其放电程度：冬季不超过 25%，夏季不超过 50%。
- (5) 冬季使用的蓄电池，由于气温低，蓄电池充电困难，要特别注意蓄电池保持在充足电的状态，以免因密度的降低而结冰，在确保不结冰的前提下，应尽量使用密度偏低的电解液。冷车起动前，注意对发动机的预热。
- (6) 对于有加液口的蓄电池，如液面过低，应在充电前加入适量的蒸馏水。

4.7.2 蓄电池的维护

为了使蓄电池经常处于完好的状态，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) 检查蓄电池在车上是否牢靠, 起动电缆线与极桩的连接是否紧固, 检查电缆线的线夹与极桩是否有氧化物, 若有应用热水冲洗, 不宜用砂纸砂磨桩头和内孔。极桩表面应涂凡士林或润滑脂以防氧化。

(2) 经常检查蓄电池盖表面是否清洁, 及时清理盖上的灰尘、电解液等赃物, 保持加液孔盖上的气孔畅通。

(3) 定期检查电解液的液面高度, 液面一般应高出极板 10~15mm, 液面过低时, 应补充蒸馏水。

(4) 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。

(5) 经常检查蓄电池的放电程度, 超过规定立即进行补充充电。

4.7.3 蓄电池的储存

蓄电池的储存有湿存和干存两种。蓄电池暂不使用或短期不适用的蓄电池应该选择湿储存。湿储存的方法是先将蓄电池充足电, 液面调至正常高度, 密封加液孔盖上的通气孔, 然后将蓄电池放置室内。储存的时间不宜超过 6 个月, 其间应定期检查电解液密度或使用高率放电计检查其容量, 若容量下降超过 25%时应立即充电, 交付使用前要先充电。

存放时间较长的蓄电池, 应该采用干储存。

4.7.4 蓄电池技术状态的检查

4.7.4.1 电解液液面高度的检查

电解液液面应高出极板 10~15mm, 液面高度可用玻璃管测量。目前使用的加液蓄电池采用塑料透明壳体, 可以从蓄电池侧面观察液面高度(在最高线与最低线之间), 如图 4-17 所示。液面高度不足时, 应加注蒸馏水。注意, 除非确实液面降低是由于电解液溅出所致, 否则, 不允许加入电解液。

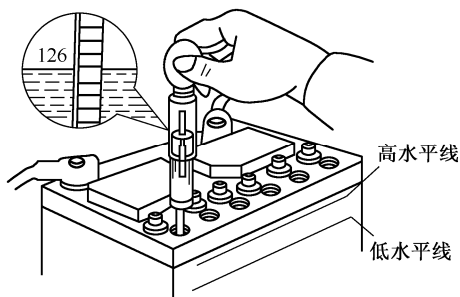


图 4-17 蓄电池液面高度线

4.7.4.2 放电程度的检查

放电程度可以通过测量电解液密度得到。根据实际经验, 电解液密度每降低 0.04g/cm^3 , 相当于蓄电池放电 25%, 所以根据所测得的电解液密度就可以粗略估算出蓄电池的放电程度。测量电解液密度时应注意: 必须同时测量电解液温度, 以便将测得的电解液密度进行修正(公式见 4.2 节静止电动势), 得到对应 $\rho_{25^\circ\text{C}}$ 时的电解液密度; 在大电流放电或加注蒸馏水后,



不能立即测量电解液密度,应等电解液充分混合均匀后再测,一般在半小时以后即可。

4.7.4.3 起动性能的测试

蓄电池的主要作用是向起动机提供大电流,所以蓄电池的主要性能也就是起动性能。高率放电计是模拟接入起动机负荷,测试蓄电池在大电流(接近起动机起动电流)放电时的端电压,用以判断蓄电池的起动能力和放电程度,如图4-18所示。

测试时,用力将高率放电计触针压紧蓄电池正、负极,保持5s,若蓄电池端电压能保持在9.6V以上,说明蓄电池状态良好,但容量不足;若稳定在10.6~11.6V,说明蓄电池是充足电状态;若蓄电池端电压迅速下降,则说明蓄电池已损坏。

4.7.4.4 蓄电池极桩连接状态的测试

为保证蓄电池在车上能向起动机提供大电流,除蓄电池本身的技术状况良好外,蓄电池极桩与电缆线的连接非常重要,极桩与电缆线的连接是否可靠可通过测量二者之间的压降来确定。如图4-19所示,将电压表正表笔连接到蓄电池的正极桩上,负表笔接到正极桩电缆线的线夹上,接通起动机,使起动机带动发动机工作,这时电压表的读数不得大于0.5V,否则说明极桩与线夹接触不良将使起动困难。当极桩与线夹接触不良时,若是极桩表面氧化,应清除氧化物;若是接触松动,应重新紧固线夹。负极桩与其电缆线的线夹压降测量,电压表表棒与上述相反。

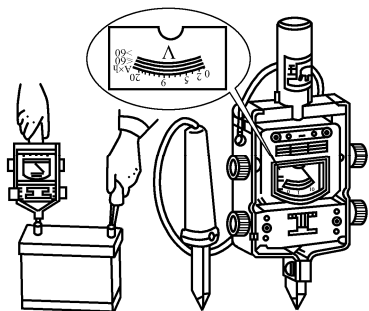


图4-18 测试蓄电池的起动性能

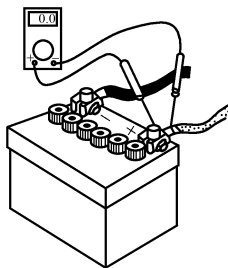


图4-19 蓄电池极桩连接状态的测试



本章小结

- 蓄电池主要包括极板、隔板、加液孔盖、电解液和外壳等。
- 蓄电池正极板上的活性物质是二氧化铅,负极板上的活性物质是海绵状纯铅。
- 蓄电池在放电过程中,正负极板上的活性物质都转变为硫酸铅。
- 蓄电池充电终了的特征是单格电压上升到最大值;电解液相对密度上升到最大值;
- 电解液呈沸腾状。
- 影响蓄电池容量的使用因素有放电电流、电解液的温度和电解液的密度等。
- 蓄电池的充电方法有定流充电、定压充电和快速充电。充电种类有初充电、补充充电、去硫化充电等。
- 蓄电池技术状况的检查主要包括电解液液面高度的检查,电解液密度的检查等。
- 电解液相对密度每下降 0.04g/cm^3 ,相当于放电25%。
- 免维护蓄电池的结构和使用特点。



习题4

一、判断题

1. 在放电过程中, 蓄电池的放电电流越大, 其容量就越小。 ()
2. 在放电过程中, 正负极板上的活性物质都转变为硫酸铅。 ()
3. 单格蓄电池中, 负极板的片数总比正极板少一片。 ()
4. 蓄电池极板硫化的原因主要是长期充电不足, 电解液不足等。 ()
5. 为了提高蓄电池的容量, 电解液的密度越小越好。 ()
6. 蓄电池放电时将电能转换成化学能。 ()
7. 充足电的蓄电池电解液的密度为 $1.12 \sim 1.15 \text{g/cm}^3$ 。 ()
8. 起动机每次起动的时间不得超过 5s, 相邻两次起动之间应间隔 15s 以上。 ()
9. 严重硫化的蓄电池在充电时, 电解液相对密度不会升高, 充电初期电解液就“沸腾”。 ()
10. 冬季时, 应特别注意保持铅蓄电池充足电状态, 以免电解液结冰致使蓄电池破裂。 ()
11. 当内装式密度计指示器显示绿色时, 表明蓄电池处于充满电状态; 显示黄色明蓄电池存电不足; 电解液显示透亮, 应更换蓄电池。 ()

二、选择题

1. 蓄电池电解液的温度下降, 会使其容量 ()。
A. 增加 B. 下降 C. 不变
2. 蓄电池在定流补充充电过程中, 第一阶段的充电电流应选取其额定容量的 ()。
A. 1/10 B. 1/15 C. 1/20
3. () 可造成蓄电池硫化。
A. 大电流过充电 B. 电解液液面过高 C. 长期充电不足
4. 在讨论蓄电池电极桩的连接时, 甲说, 脱开蓄电池电缆时, 始终要先拆下负极电缆, 乙说, 连接蓄电池电缆时, 始终要先连接负极电缆, 你认为 ()。
A. 甲对 B. 乙对 C. 甲乙都对 D. 甲乙都不对

三、简答题

1. 简述蓄电池结构及其功用。
2. 什么是蓄电池的容量? 其影响因素有哪些?
3. 起动型蓄电池的主要用途有哪些?
4. 怎样判断蓄电池的存放电程度?
5. 汽车用蓄电池在什么情况下应进行补充充电?
6. 免维护蓄电池的结构和使用特点是什么?
- *7. 简述蓄电池有哪些常见故障及相应的排除方法。