

XIANDAIQICHEDIANQIJIQIWEIXIU

马淑芝 侯志辉 编著



现代汽车电器 及其维修

上海科学技术出版社

现代汽车电器及其维修

马淑芝 侯志辉 编著

上海科学技术出版社

现代汽车电器及其维修

马淑芝 侯志辉 翁著

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450号)

新华书店上海发行所经销 常熟市第六印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 12.25 字数 281,000

1995年6月第1版 1995年6月第1次印刷

印数 1—5,000

ISBN7-5323-3757-X/U·79

定价: 10.30元

(沪)新登字 108 号 ,

内 容 提 要

本书主要介绍了现代汽车电器的结构、基本原理和使用维修的基础知识。全书包括蓄电池,交流发电机及调节器,起动机,点火系,汽车、发动机的控制,汽车冷气系统,汽车主要仪表与辅助电器,汽车大灯和全车电路等内容。内容全面,通俗易懂。

本书可供汽车工程技术人员和工人在工作中参考,也可作为汽车、汽运专业的教学参考书。

前 言

汽车电器是现代汽车的一个重要组成部分,随着科学技术的进步,特别是大规模集成电路和微机技术的迅速发展,电子技术在汽车上的应用越来越普遍,迫切要求汽车工程技术人员学习和掌握现代汽车电气设备的结构与原理。

《现代汽车电器及其维修》一书以目前国内实际情况为主要依据,介绍了国内生产的主要车辆及进口量较大的小轿车等的现代汽车的电气技术。考虑到汽车电气高技术的应用情况,较深入地介绍了微机在汽车控制中的应用等方面的知识。本书一至五章由马淑芝同志编著,六至八章由侯志辉同志编著。

本书可供汽车工程技术人员和工人在工作中参考,也可作为院校汽车、汽运专业的教学参考书。

限于作者水平,书中难免有缺点和错误,恳望读者批评指正。

作 者

1994年10月

1994/10

目 录

第一章 蓄电池	1
第一节 铅蓄电池的构造与原理	1
一、铅蓄电池的构造	1
二、蓄电池的工作原理	4
第二节 蓄电池的工作特性	6
一、蓄电池的电动势和内阻	6
二、蓄电池的放电特性	7
三、蓄电池的充电特性	8
第三节 蓄电池的容量	9
一、额定容量	10
二、起动容量	10
三、使用条件对蓄电池容量的影响	10
第四节 蓄电池的常见故障	12
一、自行放电	12
二、极板硫化	12
三、内部短路	13
四、极板活性物质脱落	13
第五节 蓄电池的充电	13
一、充电种类	13
二、充电方法	15
第六节 蓄电池的使用与维护	16
一、蓄电池技术状况检验	17
二、使用与维护	17
第七节 无维护蓄电池	18
第二章 交流发电机及调节器	20
第一节 车用发电机概况	20
第二节 交流发电机的构造	21
一、转子	21
二、定子	22
三、整流器	22
四、传动散热装置	23
五、发电机的型号	24
第三节 交流发电机的工作原理	24
一、交流电动势的产生	24
二、整流过程	25

三、中性点电压	26
四、激磁方式	26
第四节 交流发电机的特性	27
一、空转特性	27
二、输出特性	28
三、外特性	29
第五节 无刷交流发电机	29
一、感应子式交流发电机	29
二、爪极式无刷交流发电机	30
第六节 交流发电机的电压调节	30
一、电压调节	30
二、调节方法	31
三、调节器分类	31
第七节 触点式电压调节器	31
一、双级振动式电压调节器	31
二、单级振动式电压调节器	35
三、具有充电继电器的电压调节器	36
第八节 晶体管电压调节器	39
一、CA141 汽车发电机用晶体管电压调节器	39
二、伏尔加 24-10 轿车发电机用晶体管电压调节器	40
第九节 集成电路调节器与整体式交流发电机	41
一、内装式集成电路调节器	41
二、具有诊断与保护功能的小型交流发电机	43
第十节 交流发电机的使用与维护	44
一、交流发电机的使用	44
二、交流发电机充电系统中常见故障及排除方法	44
三、交流发电机的检修	46
四、调节器的检查与调整	48
第三章 起动机	50
第一节 概述	50
一、起动机的组成	50
二、起动机的分类	51
三、起动机的型号	51
第二节 直流电动机	52
一、直流电动机构造	52
二、直流电动机工作原理	52
第三节 起动机的特性	53
一、起动机的转矩	53
二、起动机的转速特性	54
三、起动机的功率	54
四、影响起动机性能的因素	56

第四节 机械啮合式起动机	56
一、机械啮合式起动机的结构	56
二、机械啮合式起动机的的工作过程	56
第五节 电磁啮合式起动机	57
一、组成与工作过程	57
二、单向离合器	59
三、起动继电器与起动过程自动控制	61
第六节 电枢移动式起动机	62
第七节 减速起动机	64
第八节 永磁起动机	65
第九节 起动机的使用与维护	67
一、起动机在使用中应注意的问题	67
二、起动机常见故障与排除	67
三、起动机性能测试	68
第四章 点火系	71
第一节 传统点火系的组成	71
第二节 点火系的工作原理	72
一、点火系的工作原理	72
二、点火系工作过程分析	73
第三节 点火系的工作特性	76
一、发动机的转速与气缸数的影响	76
二、火花塞积炭对次级电压的影响	77
三、电容 C1、C2 对次级电压的影响	78
四、触点间隙对次级电压的影响	78
五、点火线圈温度对次级电压的影响	79
第四节 传统点火系	79
一、点火线圈	79
二、分电器	83
三、火花塞	87
第五节 半导体点火系	91
第六节 触点式半导体点火系	92
第七节 无触点半导体点火系	93
一、磁脉冲式无触点半导体点火系统	94
二、伏尔加 24-10 型轿车无触点点火装置	98
三、霍尔效应式全晶体点火装置	98
第八节 集成电路半导体点火系	100
第九节 点火系的维护	102
一、点火系统常见的故障与诊断方法	102
二、点火正时	104
第五章 汽车、发动机的控制	106
第一节 微机控制的全晶体点火系统	106

一、微机控制点火系统的组成	107
二、点火系统的工作过程	109
第二节 汽车发动机的集中控制	109
一、控制系统的组成	109
二、传感器	111
三、控制器	113
第三节 汽油喷射控制	113
一、概述	113
二、ECCS 系统的工作过程	115
三、喷油脉冲宽度的计算	115
第四节 点火时刻控制	119
第五节 怠速与排气再循环控制	120
一、发动机怠速转速控制	120
二、排气再循环控制	122
第六节 电控防抱死制动系统	124
第七节 自动变速器控制	127
一、电液自动变速器	127
二、电控机械变速器	128
第六章 汽车冷气系统	130
第一节 冷气系统的工作原理	130
一、压缩过程	131
二、冷凝过程	131
三、膨胀过程	131
四、蒸发过程	131
第二节 汽车空调器主要部件与功用	131
一、压缩机	131
二、电磁离合器	133
三、冷凝器与蒸发器	134
四、贮液干燥过滤器	135
五、膨胀阀	136
第三节 汽车空调器的主要控制装置	136
一、发动机怠速自动调整装置	136
二、汽车空调系统控制电路	137
第四节 汽车空调器的使用与维护	140
一、空调系统的使用	140
二、空调系统的维护	141
第七章 汽车主要仪表与辅助电器	146
第一节 水温表	146
第二节 燃油表与存油量警告灯	147
一、燃油表	147
二、油箱存油量警告灯	147

第三节 水温表与燃油表的维护	148
一、触点振动式电源稳压器的检修	148
二、指示表的检修	148
三、温度传感器的检验	149
四、燃油传感器的检验	149
第四节 发动机转速表	150
一、转速表电路与工作原理	150
二、发动机转速表的校准	150
第五节 汽车直流日光灯	150
一、汽车日光灯的电路与工作原理	150
二、汽车日光灯的故障诊断	152
第六节 盆形电喇叭与转向信号闪光器	152
一、盆形电喇叭	152
二、电容式转向信号闪光器	152
三、晶体管转向信号闪光器	153
第七节 电动燃油泵与化油器辅助电器	154
一、电动燃油泵	154
二、尼桑VG30S自动阻风阀	155
三、尼桑CA20S自动阻风阀	155
四、化油器怠速通道电磁阀	155
第八节 电动雨刮器	156
第八章 汽车大灯和全车电路	158
第一节 汽车大灯的构造与使用	158
一、汽车大灯的结构	158
二、大灯的防眩目结构	158
三、大灯光束照射方向的调整	159
第二节 汽车电路原理	160
一、电源电路	161
二、起动机的控制电路	162
三、点火系电路	162
四、仪表电路	163
五、信号电路	163
六、灯光电路	167
七、汽车总线路原理	167
第三节 上海桑塔纳轿车电路系统解析	169
一、电源电路	169
二、发动机点火系、仪表及启动电路	170
三、灯光电路	170
四、喇叭与冷却风扇电路	175
五、空调系统电路	175
第四节 标致 504 型汽车和奥迪 100C3GP 型轿车电路	175
一、标致(PEUGEOT)504 型汽车电路	175

二、奥迪(AUDI)牌 100C3GP 型轿车电路	179
第五节 汽车电路常见故障诊断	183
一、起动机运转无力	183
二、起动机运转正常而发动机不着火	183
三、发电机不发电	183
四、蓄电池充电电流过大	183
五、蓄电池充电电流过小	183
参考文献	184

第一章 蓄 电 池

在汽车上,全部用电设备所需要的电能,由蓄电池和发电机两个电源供给。蓄电池是一个化学电源,靠内部的化学反应在充电时将电源的电能转变成化学能贮存起来,在用电时将贮存的化学能转变成电能供给用电设备。发电机是由发动机带动而发电的。发电机和蓄电池在汽车上是并联连接配合工作。它们配合工作的情况如下:

- 1) 起动发动机时,由蓄电池向起动机、点火系、仪表等用电设备供电。
- 2) 发动机低速运转,发电机电压小于一定值时,由蓄电池向点火系等各用电设备供电。
- 3) 发动机正常运行,发电机电压高于蓄电池电动势时,由发电机向全部用电设备供电,并向蓄电池充电,将多余的电能转变成化学能贮存起来。
- 4) 当同时工作的用电设备过多,耗电量超过发电机供电能力时,由蓄电池与发电机共同供电。

在起动发动机时,蓄电池必须在短时间内(5~10s),供给起动机 200~600A 的大电流(有些柴油机的起动机电流可达 1000A)。因此,要求车用蓄电池能在短时间内输出强大的电流。铅酸蓄电池也称铅蓄电池,内阻小,能在短时间内输出大电流,起动性能好,且结构简单、价格便宜,广泛用于国内外汽车上。

第一节 铅蓄电池的构造与原理

一、铅蓄电池的构造

车用蓄电池主要用于起动,也称起动蓄电池,以下简称蓄电池。它由 3 个或 6 个单格蓄电池串联而成。每个单格蓄电池的标称电压为 2V,串联成 6V 或 12V 蓄电池。单格蓄电池由极板、隔板、电解液组成,分别装于壳体的 3 个或 6 个单格中,如图 1-1 所示。

1. 极板

蓄电池的极板分为正极板和负极板。蓄电池在充电时贮存电能,在放电时输出电能都是靠极板上的活性物质和电解液中的硫酸进行化学反应来实现的。

正极板上的活性物质是深棕色的二氧化铅(PbO_2),负极板上的活性物质是青灰色的海绵状铅(Pb)。它们分别填充在用铅-锡合金浇铸成的栅架上,如图 1-2 所示。极板上的活性物质具有多孔性,电解液能够渗透到极板内部,增大活性物质与电解液的接触面积,使充放电化学反应时让极板内部的活性物质得到充分利用,提高蓄电池的容量。

一片正负极板上的活性物质和它们贮存的电能是有限的,为了增大蓄电池的容量,将多片正极板和多片负极板分别用横板连接成正极板组和负极板组,如图 1-3 所示。每个极板组的极板之间都留有间隙,将正、负两组极板互相嵌合,成为正负极板组。由于正极板的活性物质比较疏松,力学性能差,安装时负极板应比正极板多一片,使每片正极板都处在两片

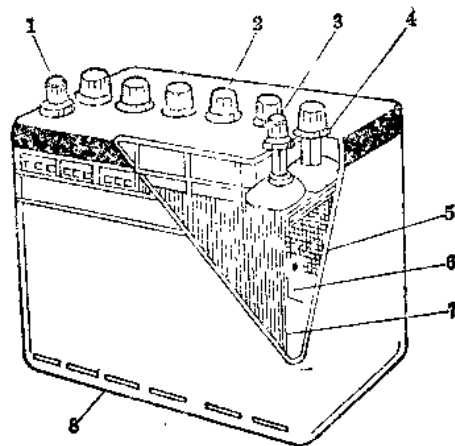


图 1-1 铅蓄电池的构造

1—负接线柱；2—加液孔盖；3—正接线柱；4—加液孔；
5—负极板；6—隔板；7—正极板；8—壳体

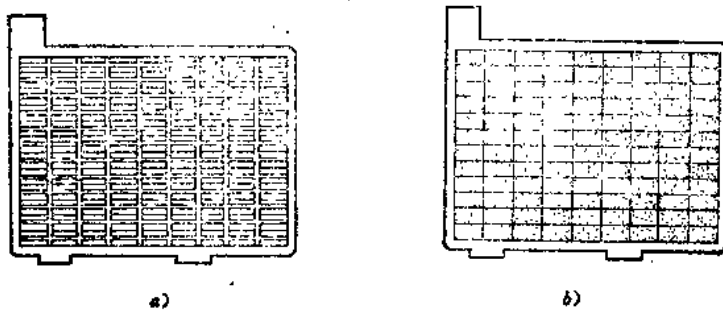


图 1-2 极板的构造

a) 栅架；b) 极板

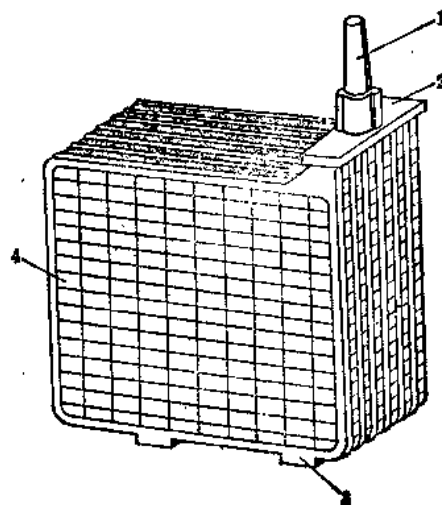


图 1-3 极板组

1—接线柱；2—横条；3—支承凸起；4—极板

负极板之间,极板两侧放电均匀,避免因活性物质膨胀而挠曲,造成活性物质脱落,使正极板早期损坏。

2. 隔板

为了减小蓄电池的体积,设计时应使正、负极板尽可能靠近,又避免极板间接触而短路,在正、负极板间放置隔板。

隔板的材料应具有多孔性,以便电解液自由渗透。常用的隔板有木质隔板、微孔塑料隔板、微孔橡皮隔板、玻璃纤维隔板等。由于在蓄电池充、放电时,正极板附近的化学反应激烈,要求在安装隔板时,将多孔性好或有槽的一侧对着正极板,且隔板上的槽应垂直于壳体的底部,使正极板上脱落下来的活性物质能顺利地落入壳体底部的凹槽中,防止极板间短路。

3. 电解液

蓄电池的电解液,是用纯净的硫酸(H_2SO_4)和蒸馏水按一定的比例配制成的硫酸水溶液。工业用硫酸和非蒸馏水中都含有有害杂质,绝对不可用来配制电解液,否则将因杂质带入蓄电池而造成自行放电的故障,以致损坏极板。

电解液中硫酸含量的多少,用电解液密度的大小来衡量。电解液的密度对蓄电池的工作有重要的影响。密度大些可以减少结冰的危险,并提高蓄电池的容量。但密度过大,由于电解液粘度增加,流动性变坏,而降低蓄电池的容量,而且密度过大电解液的腐蚀作用增强,将缩短极板和隔板的寿命。电解液的密度一般为 $1.24 \sim 1.31 g/cm^3$ 。电解液密度的大小应随地区、气候条件和制造厂的要求而定,可参照表 1-1。

表 1-1 不同气候条件下的电解液密度(15℃)

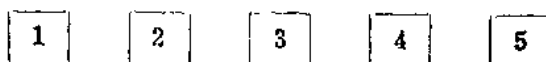
使用地区的最低气温(℃)	冬 季	夏 季
-40以下	1.31	1.27
-30~-40	1.29	1.25
-20~-30	1.28	1.25
0~-20	1.27	1.24

注:在气温 15℃ 时电解液密度为 1。

4. 壳体

蓄电池壳体一般采用整体式结构,内部分成 3 个或 6 个互不相通的单格,每个单格内装有极板组和电解液组成一个单格电池。壳体的底部有凸起的肋条,用来支撑极板组,以防止由极板上脱落下来的活性物质造成极板短路。壳体的上部用盖子密封。每个单格的盖子中间有加液孔,用来加注电解液,测量或调节电解液的密度。加液孔平时用盖子密封。加液孔盖子的中间有通气孔,使化学反应中生成的气体能随时逸出。为了减轻蓄电池的板板在贮存和运输中的氧化,在蓄电池出厂时将盖子上的通气孔密封,用户在使用前应将其打开。

每个蓄电池的壳体上都标有规格型号。我国机械工业部 JB1058-77《起动用铅蓄电池标准》中规定,蓄电池型号由 5 部分组成:



1——串联的单格电池数,用数字表示。“3”表示具有3个单格的6V蓄电池,“6”表示具有6个单格的12V蓄电池;

2——蓄电池的用途。车用蓄电池为起动机蓄电池,用“起”字的汉语拼音“Qi”的第一个字母“Q”表示;

3——蓄电池极板的类型,普通蓄电池可以省略不用。干荷蓄电池的极板为干式荷电型,以“干”字的汉语拼音“GAN”的第二个字符“A”表示;

4——以20h放电率放电时的额定容量,用数字表示,单位A·h。

5——表示蓄电池的特殊性能。例如,高能蓄电池以“高”字的汉语拼音“GAO”的第一个字母“G”表示。

例如,某蓄电池的型号为6-QA-105,其含意是由6个单格组成的蓄电池,额定电压为12V,额定容量是105A·h的起动机干荷蓄电池。

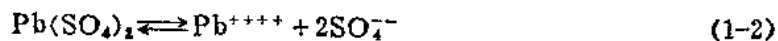
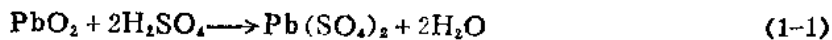
二、蓄电池的工作原理

蓄电池是一个化学电源,在充电时它将电源的电能为化学能贮存起来;在用电时它将贮存的化学能转变成电能供给用电设备。所以,蓄电池的工作过程就是化学能和电能互相转换的过程。

1. 放电过程

充足电的蓄电池,正极板上的活性物质是二氧化铅(PbO_2),负极板上的活性物质是纯铅Pb,电解液是硫酸的水溶液(H_2SO_4)。

在外电路接通之前,正负极板上都有少量的活性物质与硫酸作用,溶于电解液中。正极板上的二氧化铅与电解液中的硫酸作用,生成含有4价铅离子的硫酸铅 $[\text{Pb}(\text{SO}_4)_2]$ 和水(H_2O) (见图1-4)。硫酸铅再分离为4价铅离子 Pb^{++++} 和2个硫酸根 2SO_4^{--} ,上述过程的化学反应方程式如下:



一部分4价铅离子 Pb^{++++} 沉浮在正极板上,使正极板具有正电位,约为+2V。

在负极板上,也有少量的铅溶入电解液生成2价铅离子 Pb^{++} ,2个电子 $2e$ 留在负极板上,使负极板具有负电位,约为-0.1V。

所以在外电路接通之前,蓄电池的电动势 E 为正负极板之间的电位差,约为:

$$\begin{aligned} E &= 2.0 - (-0.1) \\ &= 2.1\text{V} \end{aligned} \quad (1-3)$$

当外电路接通时,电子 $2e$ 从负极板通过外部电路流向正极板,形成了从蓄电池正极通过用电设备流向负极的放电电流 I_d 。在蓄电池内部,正极板处的4价铅离子 Pb^{++++} 与两个电子 $2e$ 结合,变为2价铅离子 Pb^{++} , Pb^{++} 与电解液中的 SO_4^{--} 结合,生成硫酸铅(PbSO_4)沉浮在正极板上。即:



负极板处由于失去了2个电子 $2e$, Pb^{++} 与电解液中的 SO_4^{--} 结合,也生成硫酸铅(PbSO_4)沉浮在负极板上。电解液中的硫酸则逐渐转变成水。

在外部电路接通期间,正负极板上的活性物质二氧化铅和铅将不断地转变为硫酸铅,电

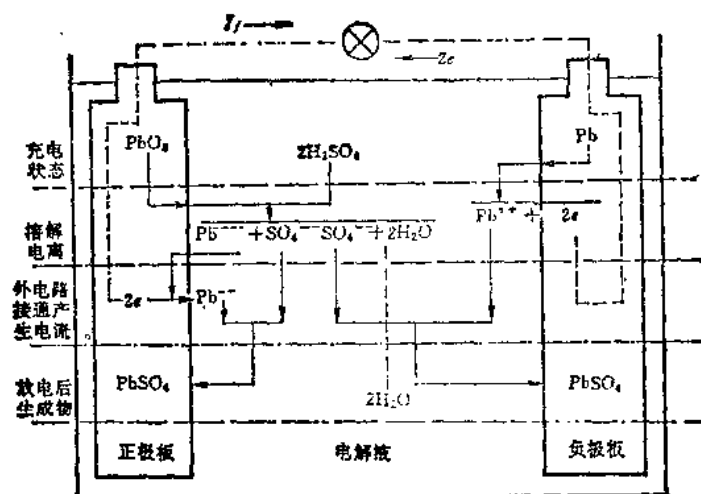


图 1-4 蓄电池的放电过程

解液中的硫酸逐渐减少，而水逐渐增多。上述的放电过程应进行到正负极板上的活性物质都转变为硫酸铅为止。实际上，由于放电过程中生成的硫酸铅的体积较原活性物质的体积大，先生成的硫酸铅，逐渐地堵塞了极板的孔隙，使电解液不能渗透到极板内部。因此，在放电过程结束时极板内部还有大量活性物质没有参加化学反应。

2. 充电过程

放完电的蓄电池，正负极板上的活性物质都转变为硫酸铅(PbSO_4)，并有少量 PbSO_4 溶入电解液，分离为 2 价铅离子 Pb^{2+} 和硫酸根 SO_4^{2-} 。当接通充电电路，即将蓄电池接到直流电源的两端时，在电源的作用下，迫使电子 $2e$ 从蓄电池正极返回负极，形成了从电源正极流向蓄电池正极的充电电流 I_c (图 1-5)。在蓄电池内部发生与放电过程相反的化学反应。

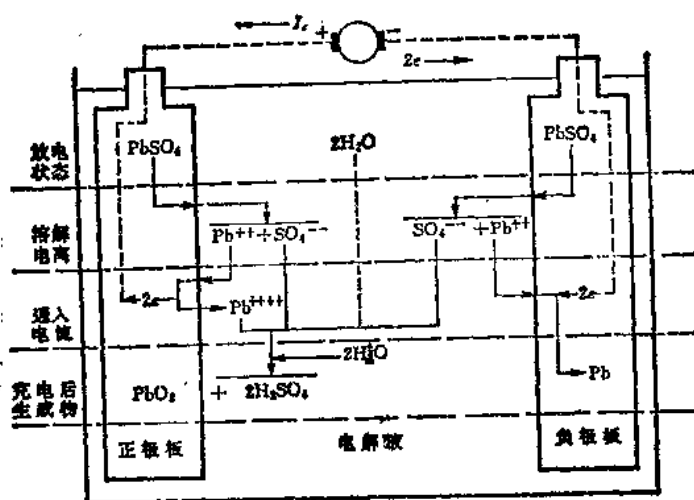
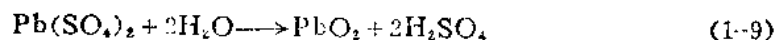
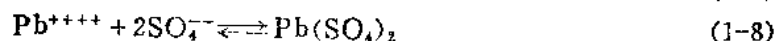


图 1-5 蓄电池的充电过程

正极板处的 2 价铅离子 Pb^{++} 失去电子 $2e$, 变为 4 价铅离子 Pb^{++++} , Pb^{++++} 与 SO_4^{--} 结合生成 $\text{Pb}(\text{SO}_4)_2$, 再与水作用生成 PbO_2 和 H_2SO_4 , PbO_2 沉浮在正极板上, 即:

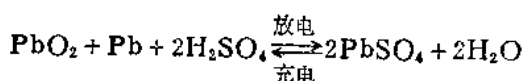


负极板处的 2 价铅离子 Pb^{++} 获得两个电子 $2e$ 而转变成铅。



在充电过程中上述过程不断进行, 直至极板上的活性物质和电解液完全恢复到放电前的状态, 充电结束。

综上所述, 蓄电池充放电过程中的化学反应是可逆的, 其化学反应方程式为:



分析蓄电池在充放电时的化学反应, 可以看出,

1) 蓄电池在放电过程中, 电解液中硫酸逐渐减少而水分增多, 电解液密度下降; 在充电过程中, 电解液中水分减少硫酸增多, 电解液密度上升。

2) 蓄电池在充电和放电时电解液浓度的变化, 主要是由于正极板处活性物质化学反应的结果, 因此要求正极板附近电解液的流动性要好, 在装配蓄电池时应将隔板多孔性好的一面对着正极。

3) 蓄电池放电终了时, 极板上的活性物质只有 20%~30% 参加化学反应, 极板内部有大量活性物质没有充分利用, 提高极板的多孔性减小极板的厚度, 可以提高活性物质的利用率。

第二节 蓄电池的工作特性

蓄电池的工作特性主要研究蓄电池的电动势、内电阻以及在充放电过程中电动势、端电压的变化规律。

一、蓄电池的电动势和内阻

在静止状态下, 即不充电也不放电内部工作物质的运动处于暂时平衡状态时, 蓄电池的电动势称为静止电动势, 用 E_1 表示。静止电动势的大小只与电解液的密度和温度有关, 可用经验公式近似计算:

$$E_1 = 0.84 + \gamma_{15^\circ\text{C}} \quad (1-11)$$

不同温度下的电解液密度可用下式换算成 15°C 时电解液密度,

$$\gamma_{15^\circ\text{C}} = \gamma_{t^\circ\text{C}} + \beta(t^\circ\text{C} - 15) \quad (1-12)$$

式中: $\gamma_{15^\circ\text{C}}$ —— 15°C 时电解液密度;

$\gamma_{t^\circ\text{C}}$ ——实测电解液密度;

β ——密度温度系数, 蓄电池 $\beta = 0.00075$ 。

蓄电池的内阻包括电解液的电阻、极板的电阻、隔板的电阻及接线柱接触电阻。在正常