

高等工科学学校教材



汽车电器与 电子设备

重庆工业管理学院 陈渝光 主编

6

机械工业出版社

1003460

高等工科学学校教材

汽车电器与电子设备

主编 陈渝光
参编 陆志勇 胡忠明
 温 强 任庭玉
 秦传江
主审 杨海光

机械工业出版社

本书主要内容包括汽车蓄电池,交流发电机及调节器,起动系,点火系,电子燃油喷射系统,照明、信号与仪表显示系统以及数字式点火装置,自动变速系统,防抱死制动系统,汽车空调等现代汽车电子控制系统。本书内容精练、图文并茂、突出实用性。

本书可作为高等工科院校、高等职业学校、中等专业学校等汽车专业的教材,也可供汽车专业工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车电器与电子设备/陈渝光主编. —北京:机械工业出版社, 1999. 1

高等工科学学校教材

ISBN 7-111-06886-6

I. 汽… II. 陈… III. 汽车-电气设备-教材 IV. U468.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 27383 号

出版人:马九荣(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:赵爱宁 版式设计:张世琴 责任校对:李秋荣

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1999 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·14.25 印张·348 千字

0.001—4 000 册

定价:22.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

前 言

本书主要内容包括汽车蓄电池、交流发电机及调节器、起动系、点火系、电子燃油喷射系统、照明、信号与仪表显示系统以及数字式点火装置、自动变速系统、防抱死制动系统等现代汽车电子控制系统。本书突出实用性，同时力求做到精选内容、图文并茂、通俗易懂。

本书由重庆工业管理学院陈渝光主编，参加编写的还有陆志勇、温强、任庭玉、秦传江和胡忠明等。本书由杨海光主审，参加审稿的还有孔繁增、迟俊鹏、么居标、冯渊等。

本书可作为高等工科院校、高等职业学校和中等专业学校等汽车专业的教材，也可供汽车专业工程技术人员参考。

限于作者水平，书中难免有错漏，恳请读者批评指正。

编者

F413.06/06

目 录

前言

第一章 蓄电池	1
第一节 蓄电池的构造及工作特性	1
第二节 蓄电池的充电及充电设备	8
第三节 汽车用其他蓄电池	14
第四节 蓄电池的使用及故障诊断与排除	16
思考题	18
第二章 交流发电机及调节器	20
第一节 交流发电机的构造	20
第二节 交流发电机的工作原理	24
第三节 交流发电机的工作特性	27
第四节 电压调节器	28
第五节 继电器控制电路	32
第六节 汽车用其他交流发电机	33
第七节 充电系故障诊断与排除	33
第八节 交流发电机的使用与维修	36
思考题	38
第三章 起动系	39
第一节 直流串励式电动机及工作原理	39
第二节 电磁操纵强制啮合式起动机	43
第三节 汽车用其他起动机	47
第四节 电压转换开关	50
第五节 起动系故障诊断与排除	50
第六节 起动机的使用与检修	52
思考题	56
第四章 点火系	57
第一节 传统点火系的组成及工作原理	57
第二节 传统点火系的主要元件	58
第三节 传统点火系工作特性及使用	66
第四节 传统点火系故障诊断与排除	72
第五节 触点式电子点火装置	77
第六节 无触点电子点火装置	79
第七节 数字式点火装置	86
思考题	97
第五章 电控燃油喷射系统	98

第一节 电控燃油喷射系统的组成及原理	98
第二节 燃油供给系	102
第三节 进气系	111
第四节 控制系统	118
第五节 自诊断系统	123
思考题	126
第六章 照明、信号与仪表显示系统	127
第一节 照明与信号灯的种类和用途	127
第二节 汽车电喇叭	133
第三节 报警装置	135
第四节 仪表板	138
第五节 开关及保险装置	144
第六节 防无线电干扰的措施	146
第七节 驾驶员信息系统	147
思考题	152
第七章 汽车其他电气设备	153
第一节 刮雨器与风窗洗涤设备	153
第二节 化油器辅助电器	155
第三节 柴油机起动预热装置	156
第四节 汽车空调	157
第五节 防抱死制动系统	160
第六节 自动变速系统	170
第七节 怠速与废气再循环控制	177
第八节 电动辅助装置	182
思考题	188
第八章 汽车电气线路	189
第一节 概述	189
第二节 汽车线路实例	191
附录	201
附录 A 汽车接线图色码标记对照表	201
附录 B 汽车电路图用图形符号	202
附录 C 进口汽车常用技术术语英汉对照表	215
参考文献	223

第一章 蓄 电 池

蓄电池是一种化学电源，它能将电能转变为化学能并储存起来，同时也可以将化学能转变为电能释放出来，向用电设备供电。

蓄电池的种类很多，目前汽车上使用得最为广泛的是起动用铅蓄电池。该蓄电池与其他蓄电池相比，具有造价低、内阻小、电压高及还原系数（即释放电量与充入电量之比）高等优点，其作用为：

- 1) 起动发动机时，向起动机提供强大的电流（一般高达 200~600A），并向点火系供电。
- 2) 在发动机产生故障不能供电时，向用电设备供电。
- 3) 当发电机超负荷时，协助发电机供电。
- 4) 当发电机电压高于蓄电池电压时，储存多余的电能。
- 5) 在发电机转速和负荷变化时，保持电路的电压稳定。

此外，蓄电池还相当于一个较大的电容器，能吸收电路中出现的瞬时过电压，以保护电子元件不被击穿。

第一节 蓄电池的构造及工作特性

一、铅蓄电池的构造

图 1-1 所示为 6V 铅蓄电池的结构图。它由三个单格电池组成。每个单格内装有电解液和正、负极板组，其标称电压为 2V。三个单格电池串联起来，构成 6V 铅蓄电池总成。

蓄电池主要由极板、隔板、电解液、外壳等组成。

1. 极板

极板是蓄电池的基本部件，分为正极板和负极板。由它来完成蓄电池的充、放电过程。为了增大蓄电池的容量，常将数片正极板焊接在同一横板上构成正极板组；数片负极板焊接在另一横板上，构成负极板组。在横板上安装有接线柱，正极接线柱上涂有红色标志，并铸有“+”号；负极接线柱不涂色，但铸有“-”号。

每一单格中有一组正、负极板组相互插在一起，使每片正极板都在两片负极板之间。显然，负极板要比正极板多一片，比如 15 片的单格电池，正极板为 7 片，负极板则为 8 片。每单格电池最外面两

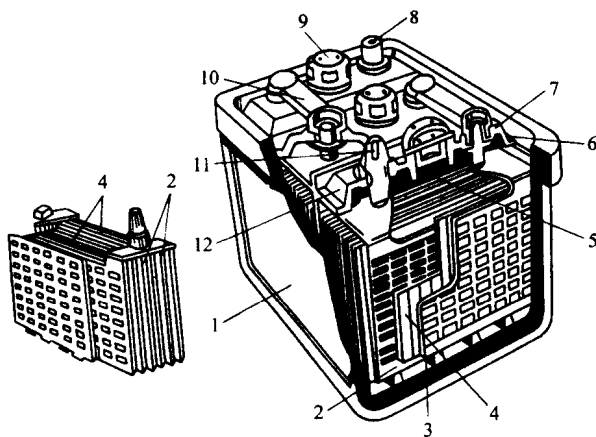


图 1-1 蓄 电 池

- 1—外壳 2—正极板 3—负极板 4—隔板 5—护板
6—封料 7—电池盖 8—负极接线柱 9—加液孔盖
10—联接条 11—正极接线柱 12—封闭环

片均为负极板，这是由于正极板上活性物质较疏松，机械强度低，若极板两面放电不均，就会形成正极板弯曲而使其活性物质脱落。

极板一般做成栅架形式，栅架由铅锑合金制成，上面附满活性物质。负极板的活性物质为多孔性海绵状铅（Pb），呈青灰色；正极板的活性物质是细小结晶形二氧化铅（PbO₂），呈棕色。蓄电池的充、放电就是靠正、负极板上的活性物质与电解液中的硫酸进行化学反应来实现的，极板的构造如图 1-2 所示。

国产负极板厚度为 1.8mm，正极板厚度为 2.2mm，国外大多数采用薄型极板，厚度为 1.1~1.5mm。

2. 隔板

隔板是插在正、负极板间的多孔性绝缘板，它将正、负极板隔开，以防止因减小蓄电池内部尺寸而将极板装得尽量靠近时，正、负极板相互接触而短路。同时，带微孔的隔板又能使电解液透过，以便与极板上的活性物质发生化学反应。

隔板常用材料为微孔塑料、微孔橡胶、木质材料、玻璃纤维等。由于微孔橡胶、微孔塑料耐酸、耐高温性能好，价格也越来越便宜，因而使用渐多。

隔板一面平滑，一面制有沟槽。在装入蓄电池总成时，沟槽的一面朝向正极板，这样，可使正极板在化学反应时得到更多的电解液而反应充分；同时，在蓄电池充电时生成的气泡可随槽上升，脱落的活性物质则会沿槽下沉。

3. 电解液

蓄电池的电解液是用高纯度的硫酸和蒸馏水按规定比例配制而成的。电解液的密度、温度、纯度是影响蓄电池性能、寿命和还原系数的重要因素，尤其是电解液的密度，它不仅直接影响蓄电池的性能，而且与蓄电池的充、放电状态直接相关。因此，从电解液密度的变化可得知蓄电池的运行情况。电解液的密度一般为 1.24~1.30g/cm³（全充电状态）。在气温高的地区或季节，应采用较低密度的电解液；在气温低的地区或季节，应采用较高密度的电解液，如表 1-1 所示。

4. 外壳（容器）

外壳是用来盛放电解液、极板组和隔板的，内部用间隔分隔成几个单格。各单格底部做有棱角，用以架起极板组，使其下方有足够的空间作为沉淀槽，容纳脱落的活性物质。外壳带有加液孔，加液孔盖上有通气孔，它们应保持畅通，否则会因外壳内气体增多而把外壳胀裂。各单格电池极板组的正、负极接线柱，用联接条接成串联形式。

外壳材料应耐酸、耐热、耐振。国内常用外壳材料有硬质橡胶、沥青塑料和工程塑料等。工程塑料制作的电池外壳质量轻、耐酸性好、透明、外型美观，已得到广泛使用。

二、蓄电池的型号和规格

根据原机械工业部颁发的 JB2599—85《起动型铅蓄电池标准》，蓄电池型号由三部分组

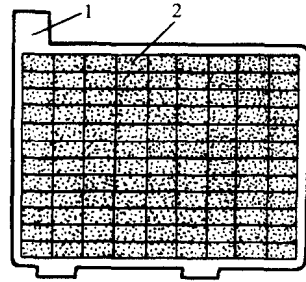


图 1-2 极板

1—栅架 2—活性物质

表 1-1 适应不同气温的电解液密度

地区气候条件	(g/cm ³)	
	冬季	夏季
冬季温度低于-40℃	1.310	1.250
冬季温度高于-40℃	1.290	1.250
冬季温度高于-30℃	1.280	1.250
冬季温度高于-20℃	1.270	1.240
冬季温度高于0℃	1.240	1.240

注：表内数值为 20℃时的密度。

成：

串联的单体电池数——蓄电池类型——蓄电池特征

(1) 串联体的单体电池数用阿拉伯数字表示。

(2) 蓄电池类型是根据其主要用途来划分的，如起动用蓄电池代号为“Q”，摩托车用蓄电池代号为“M”。

(3) 蓄电池特征为附加部分，仅在同类用途产品中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，原则上按表 1-2 顺序将两个代号并列标示。

表 1-2 产品特征代号

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
产品特征	干荷电	湿荷电	免维护	少维护	防酸式	密闭式	半密闭式	液密式	气密式	激活式	带液式	胶质电解液
代号	A	H	W	S	F	M	B	Y	Q	I	D	J

(4) 额定容量指 20h 率额定容量，单位为 A·h，用阿拉伯数字表示。

(5) 在产品具有某些特殊性能时，可用相应的代号加在产品型号的末尾。如 G 表示薄型极板的高起动率电池，S 表示采用塑料外壳、电池盖及热封工艺的电池。例如：

1) 3-Q-90：由 3 个单体电池组成，额定电压为 6V，额定容量为 90A·h 的起动用蓄电池。

2) 6-QA-105G：由 6 个单体电池组成，额定电压为 12V，额定容量为 105A·h 的起动用干荷电高起动率蓄电池。

3) 6-QAW-100：由 6 个单体电池组成，额定电压为 12V，额定容量为 100A·h 的起动用干荷电免维护电池。

国产塑料槽上固定式和下固定式起动用蓄电池的产品规格分别见表 1-3 和表 1-4。

表 1-3 国产塑料槽上固定式起动用铅蓄电池产品规格

序号	额定电压 V	20h 率 额定容量 A·h	储备容量 min	起动电流 I_s A	最大外形尺寸/mm		
					L	b	h
1	6	75	123	300	190	170	245
2	6	90	154	315	190	170	245
3	6	105	187	368	240	170	245
4	6	120	223	420	250	175	245
5	6	150	300	450	305	175	245
6	12	30	43	120	187	127	227
7	12	35 (36)	52	144	197	129	227
8	12	40	59	160	238	138	235
9	12	45	67	180	238	129	227
10	12	50	76	200	260	173	235
11	12	60	94	240	270	173	235
12	12	70	113	280	310	173	235
13	12	75	123	300	310 (318)	173	235
14	12	80	133	320	310	173	235

(续)

序 号	额定电压 V	20h 率 额定容量 A·h	储备容量 min	起动电流 I_s A	最大外形尺寸/mm		
					L	b	h
15	12	90	154	315	380	177	235
16	12	100	176	350	410	177	250
17	12	105	187	368	450	177	250
18	12	120	223	420	513	189	260
19	12	135	260	405	513	189	260
20	12	150	300	450	513	223	260
21	12	165	342	495	513	223	260
22	12	180	386	540	513	223	260
23	12	195	432	585	517	272	260
24	12	200	441	600	621	278	270
25	12	210	450	630	521	278	270
26	12	220	460	660	521	278	270

表 1-4 国产塑料槽下固定式起动用铅蓄电池产品规格

序 号	额定电压 V	20h 率 额定容量 A·h	储备容量 min	起动电流 I_s A	最大外形尺寸/mm		
					L	b	h
1	12	36	52	144	218	175	175
2	12	45	67	180	218	175	190
3	12	50	76	200	290	175	190
4	12	54	83	216	294	175	175
5	12	55	85	220	246	175	190
6	12	60	94	240	293	175	190
7	12	63	100	252	297	175	175
8	12	66	105	264	306	175	190
9	12	88	150	352	381	175	190
10	12	100	176	350	374	175	235
11	12	135	260	405	513	189	223
12	12	165	342	495	513	223	223

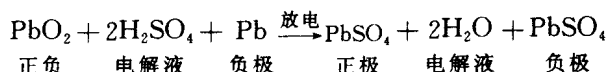
三、蓄电池的工作原理

蓄电池的工作原理遵循化学能与电能互相转化的规律。蓄电池将化学能转化为电能并向外界供电的过程，称为放电过程；外加电源通过蓄电池的电化学反应将电能转化为化学能储存在蓄电池中的过程，称为充电过程。

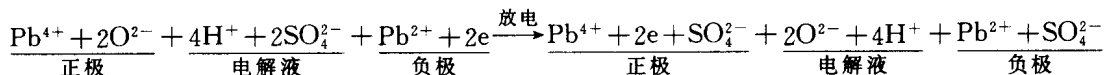
(一) 放电过程

正极板的活性物质二氧化铅 (PbO_2) 和负极板上的活性物质铅，都极易与电解液中的硫

酸 (H_2SO_4) 发生化学反应生成硫酸铅 (PbSO_4), 其化学反应式如下



离子方程式为



负极板上的铅与硫酸反应时, 每个铅原子失去两个电子成为二价正离子, 它与硫酸根结合生成硫酸铅。这样, 负极板因得到铅原子失去的电子而呈负电性。

正极板上的二氧化铅在溶解时, 铅离子呈正四价状态。当它从极板上得到两个电子, 才可变成正二价的铅离子而与硫酸根结合生成硫酸铅。这样, 正极板就会因失去电子而呈正电性。因此, 在两极板间就产生了约 2.1V 的电位差。

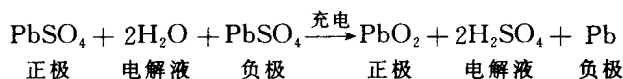
放电时, 外电路如图 1-3 所示。在电位差的作用下, 负极板上积存的电子沿导线运动到正极板上, 补充了正极板上电子的不足, 使得反应持续下去, 电子在导线中运动形成电流, 这就是蓄电池的放电过程, 如图 1-3a 所示。

在放电过程中, 正极板上四价铅离子与电子结合生成二价铅离子, 进入电解液后与硫酸根离子结合生成硫酸铅(附着在正极板上)。负极板上二价铅离子也同样与硫酸根离子结

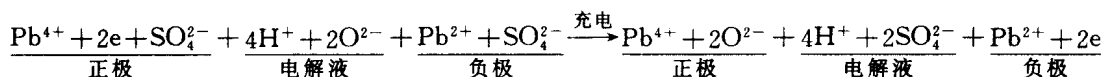
合生成硫酸铅(附着在负极上), 这样, 正、负极板上的活性物质逐渐转变为硫酸铅而消耗掉。同时, 电解液中的硫酸也被消耗, 并在反应过程中生成了许多水, 使电解液变稀, 密度变小。据此可以通过测量电解液的密度来检验蓄电池放电的程度。

(二) 充电过程

放电后的蓄电池正、负极板外接电源, 而且电源电压高于蓄电池电压时, 蓄电池的正、负极则发生与放电状态相反的化学反应, 其化学反应式为



离子方程式为



充电时, 在外界电场作用下, 电解液中的水分子与硫酸铅分子均被电离。正离子铅被负极吸引, 并从负极板上得到充电直流电源送来的电子, 还原成铅原子附着在负极板上, 形成海绵状铅。负离子氧被吸引在正极板周围。此时, 正极上的硫酸铅电离出来的二价铅离子在极板周围的强电场作用下会再次失去两个电子变成四价铅离子并与这里的氧离子结合生成二

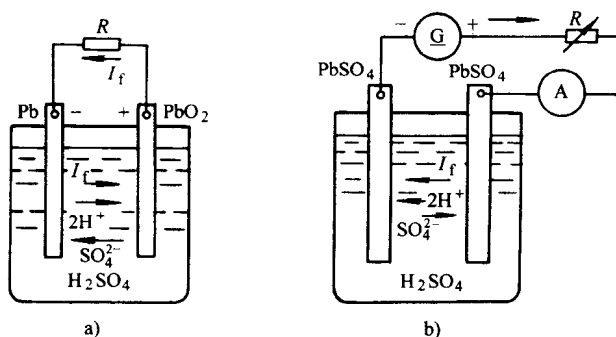


图 1-3 蓄电池工作原理

a) 放电过程 b) 充电过程

氧化铅分子，附着在正极板表面。

硫酸根在电解液中与水分子离解出的氢离子结合成硫酸分子留在电解液中，使电解液的浓度增高。这样，正极板上的硫酸铅逐渐变为二氧化铅；负极板上的硫酸铅逐渐变为海绵状铅，电解液中的硫酸浓度不断增加，蓄电池恢复到放电前的状态，这就是充电过程，如图 1-3b 所示。

铅蓄电池这种充电、放电循环可反复进行，直至蓄电池损坏为止。

(三) 蓄电池的工作特性

蓄电池的工作特性，是指其电动势和内阻的变化关系以及充、放电时电动势和端电压随时间变化的规律。

1. 蓄电池的电动势和内阻

蓄电池的电动势分为静止电动势和瞬态电动势。静止电动势指在静止状态（不进行充、放电时）和电解液处于标准密度值时，单格电池间的计算电动势，用 E_j 表示。温度为 15°C 时， E_j 与电解液密度的关系为

$$E_j = 0.84 + \rho_{15^\circ\text{C}} \quad (1-1)$$

式中 $\rho_{15^\circ\text{C}}$ —— 15°C 时电解液的密度 (g/cm^3)；

0.84——换算常数。

由式 (1-1) 可知，电解液密度越高， E_j 越高。

测量密度时，若温度不是 15°C ，则应将实测密度换算为 15°C 时的密度值，再代入式 (1-1) 中的计算电动势，其换算关系为

$$\rho_{15^\circ\text{C}} = \rho + \beta (t - 15) \quad (1-2)$$

式中 β ——密度、温度换算系数， $\beta = 0.00075$ （即电解液温升 1°C ，密度下降 $0.00075\text{g}/\text{cm}^3$ ）；

ρ ——实测密度 (g/cm^3)；

t ——实测温度 ($^\circ\text{C}$)。

蓄电池的内阻主要包括电解液内阻、极板内阻、隔板内阻及联接条与极柱的接触电阻等。这些电阻一般都很小，图 1-4 为电解液密度与内阻的关系曲线。

从图中可看出：蓄电池放电时，电解液密度下降、内阻增加；充足电时，电解液密度回升，则内阻减小。但如前所述，铅酸蓄电池电解液密度一般都控制在 $1.24 \sim 1.28\text{g}/\text{cm}^3$ 之间，若过高，内阻反而会增大。

由于蓄电池的内阻很小，因而可获得较大的放电电流，以适应起动时的需要。

2. 充电特性

蓄电池的充电特性即为其端电压、电动势以及电解液密度在充电过程中的变化规律。

当以一定大小的电流对蓄电池充电时，其单格电池端电压的变化如图 1-5 所示。

在充电开始瞬间，蓄电池电动势和端电压迅速上升；当端电压上升到 2.1V 时，电动势和

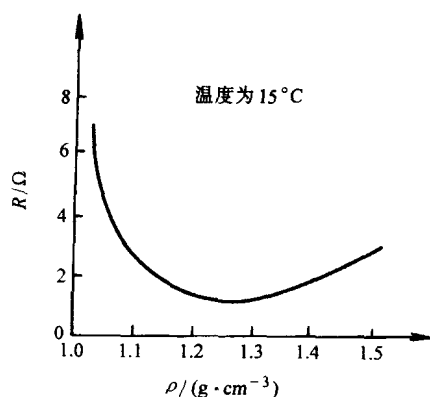


图 1-4 电解液内阻与密度的关系

端电压不再迅速上升,而是随着整个蓄电池容器内电解液密度的上升而缓慢上升。当电压达到 2.3~2.4V 时,开始产生气泡并逐渐增多,形成“沸腾”现象。在此期间,电动势始终保持比端电压低一些。接着电压迅速上升到 2.7V,便不再上升。此时应立即停止充电,否则会出现过充电,造成极板受损。充电电流切断后,电压将迅速降低到计算电动势 E_j 的数值 (2.11V)。蓄电池充足电后,应出现下列现象:

1) 正、负极板均充分冒气,停止充电 1h 后再次接通电源充电,蓄电池立刻如停充前一样急剧冒气。

2) 蓄电池单格电池电压上升到 2.5V 以上时,电解液密度已达规定值, $\rho_{15^\circ\text{C}} = 1.27\text{g/cm}^3$ 。

3) 继续充电 2h 以上,电解液密度值无明显变化,单格电压变化小于 0.05V/h。

充电时,为了使正极逸出的氧气和负极逸出的空气不致积累过多而产生危险,故车下充电时,须打开加液孔盘;车上充电时,须保持加液孔上的小孔畅通。

3. 放电特性

蓄电池的放电特性即为端电压在放电过程中随时间的变化规律。

将充电后的蓄电池以一定大小的电流进行放电,则端电压变化的情况如图 1-6 所示。放电开始时,端电压从 2.11V 迅速下降到 2V 左右,接着缓慢地下降到 1.85V 后迅速下降到 1.75V,电解液密度下降到最小值 $\rho_{15^\circ\text{C}} = 1.11\text{g/cm}^3$ 。

允许的放电终止电压与放电的电流强度有关,放电的电流越大,则放完电的时间越短,而允许的放电终止电压越低,表 1-5 反映了放电电流与终止电压之间的关系。表中 C_{20} 为蓄电池的额定容量。

表 1-5 放电电流与终止电压的关系

放电电流/A	$0.057C_{20}$	$0.1C_{20}$	$0.25C_{20}$	$3C_{20}$	$3C_{20}$
连续放电时间	20h	10h	3h	30min	5min
单格电池终止电压/V	1.75	1.70	1.65	1.55	1.5

(四) 蓄电池的容量

充足电的蓄电池以一定大小的电流连续放电时,其端电压降到放电终止电压为止所输出的电量,称为蓄电池的容量 C (A·h),即

$$C = It \quad (1-3)$$

式中 I ——放电电流 (A);

t ——到放电终止电压为止的放电小时数 (h)。

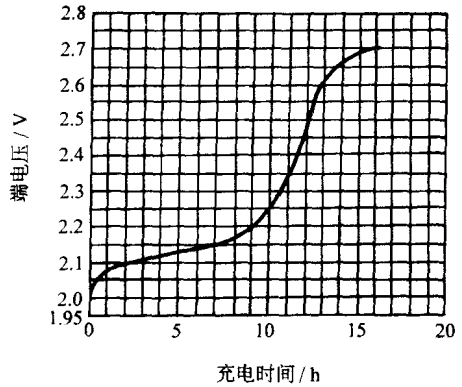


图 1-5 充电特性曲线

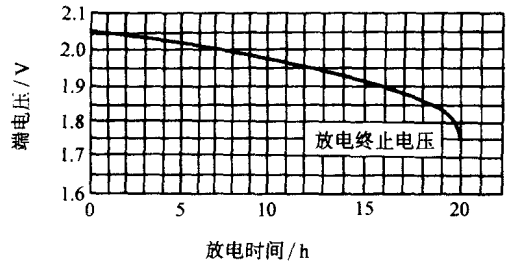


图 1-6 放电特性曲线

汽车用蓄电池出厂时规定的标准容量有两种，即 20h 率额定容量和储备容量。

1. 20h 率额定容量

根据 GB5008.1—91 规定，车用蓄电池的额定容量，是指完全充电的蓄电池在电解液温度为 25℃ 时，以 20h 放电率的电流连续放电到 12V 蓄电池端电压降到 10.50V±0.05V、6V 蓄电池端电压降到 5.25V±0.02V 时所输出的电量，用 C_{20} 表示，单位是 A·h。例如，6-Q-105 型蓄电池，在电解液平均温度为 25℃ 时，以 5.25A 的电流连续放电 20h 后，端电压为 10.50V，其 20h 率额定容量为： $C_{20}=5.25A \times 20h=105A \cdot h$ 。

2. 储备容量

国际电池协会和美国汽车工程师协会 (SAE) 规定了另一种蓄电池容量表示法，即储备容量表示法，我国 GB5008.1—91 也作了相应规定。

完全充足电的蓄电池，在电解液温度为 25℃±2℃ 时，以 20A 电流放电至 12V 蓄电池端电压达 10.50V±0.05V、6V 蓄电池端电压达 5.25V±0.02V 时，放电所持续的时间，用 $C_{r..n}$ 表示，单位为 min（分钟）。它表明汽车充电系失效时，汽车尚有持续提供 25A 电流的能力。

$C_{r..n}$ 与 C_{20} 之间的换算关系可按下式进行

$$C_{20} = \sqrt{17778 + 208.3C_{r..n}} - 133.3 \quad (1-4)$$

当 $C_{r..n} \geq 480\text{min}$ 或 $C_{20} > 200A \cdot h$ 时，式 (1-4) 不适用。

第二节 蓄电池的充电及充电设备

充电是蓄电池在使用过程中的一个重要环节。对于新启用的蓄电池或新修复的蓄电池，在使用前必须进行初次充电，使用中的蓄电池也要进行补充充电。在存放期中，每三个月也要进行一次放电—充电循环处理，以保持蓄电池一定的容量，延长其使用寿命。

一、蓄电池的充电种类

1. 初次充电

对新蓄电池或更换了极板后的蓄电池，在使用前的首次充电叫做初次充电。初次充电对蓄电池性能和使用寿命影响很大。若初次充电未充足，则蓄电池的容量会长期偏低，寿命显著缩短；若初次充电过量，隔板和极板将受到严重腐蚀，其寿命也会大大降低。因此，初次充电要十分认真。

初次充电的特点是充电电流小，充电时间长（一般为 70~90h）。初次充电的步骤如下：

1) 按蓄电池制造厂的规定，加注一定密度的电解液（一般密度为 1.25~1.285g/cm³）。电解液加入前的温度不应超过 30℃，然后静放 6~8h 后，再将液面调整到极板以上 15mm，此时电解液温度要低于 35℃ 方可进行充电。

2) 接通充电电路，按表 1-6 中蓄电池初次充电第一阶段的电流值进行充电。当单格电池端电压达到 2.3~2.4V 时，再按初次充电第二阶段的电流值（一般为第一阶段电流值的一半）继续进行充电，直至充电电压和电解液密度在 2~3h 内不再上升，并有大量气泡放出为止。

充电过程中应经常测量电解液的温度，若温度上升到 40℃，应将电流值减半；若温度上升到 45℃，应立即停止充电，并人工冷却，待下降至 35℃ 以下时才可继续充电。

3) 初次充电接近结束时, 应测量电解液密度和液面高度, 若不符合规定, 应用蒸馏水或密度为 1.40g/cm^3 的电解液进行调整。调整后, 应再充电 2h, 直至电解液密度和液面高度符合要求。

表 1-6 蓄电池的充电电流

蓄电池型号	额定容量 $C_e/(\text{A} \cdot \text{h})$	额定电压 U/V	初次充电				补充充电			
			第一阶段		第二阶段		第一阶段		第二阶段	
			电流 I/A	时间 t/h	电流 I/A	时间 t/h	电流 I/A	时间 t/h	电流 I/A	时间 t/h
3-Q-75	75	6	5	25~35	3	20~30	7.5	10~11	4	3~5
35-Q-90	90		6		3		9		5	
3-Q-105	105		7		4		10.5		5	
3-Q-120	120		8		4		12		6	
3-Q-135	135		9		5		13.5		7	
3-Q-150	150		10		5		15		7	
3-Q-195	195		13		7		19.5		10	
6-Q-60	60		12		4		25~35		2	
6-Q-75	75	5		3	7.5	4				
6-Q-90	90	6		3	9	4				
6-Q-105	105	7		4	10.5	5				
6-Q-120	120	8		4	12	6				

初次充电后, 为确保蓄电池技术状况良好, 不能直接去使用, 而应静放 1~2h 后, 再进行一次放电试验, 以检查蓄电池的输出容量。

4) 可按 20h 放电率进行放电, 放电至单格电池电压降为 1.75V 时, 检查其放电量是多少。新蓄电池的输出容量应大于 95% 的额定容量, 若能达到此要求, 则用补充充电充足电后即可使用; 若不能达到, 则应以补充充电方式对蓄电池进行多次充放电循环, 直至达到要求为止。这样, 可以使极板在放电中生成的硫酸铅全部变成活性物质。

2. 补充充电

在使用中, 若发现蓄电池电力不足, 不能使起动机有力地运转, 或蓄电池已连续使用三个月时, 应进行补充充电。补充充电也叫普通充电。表示电池容量不足的现象有:

- 1) 电解液密度下降到 1.20g/cm^3 以下。
- 2) 冬季放电超过额定容量 25%, 夏季超过 50%。
- 3) 灯光比平时暗淡表示电力不足。
- 4) 单格电池电压降到 1.7V 以下。

补充充电的过程和方法与初次充电相同。

3. 去硫化充电

铅蓄电池长期充电不足或放电后长时间放置, 极板上会逐渐生成一层白色的粗晶粒硫酸铅, 正常充电时它不能转化为二氧化铅和海绵状铅, 这种现象称为极板硫化。

蓄电池发生极板硫化后, 内阻将显著增大, 容量降低, 充电时温升也较快。对于极板硫

化程度较轻的蓄电池,可采用初次充电第二阶段的电流值对极板长期充电到过充电现象产生,看充电终了的电压是否变高,若电压升高则表明处理有效。快速充电也对消除硫化有显著效果。极板硫化稍严重时可采用“水疗”法进行排除,即先将蓄电池用20h放电率放至单格电压为1.75V,倒出电解液,加入蒸馏水,用初次充电第二阶段的充电电流进行充电,待电解液密度上升到 $1.15\text{g}/\text{cm}^3$ 左右,倒出电解液,换加蒸馏水,再进行充电。如此反复直到电解液密度不再增加为止,再倒出电解液,加注密度为 $1.28\text{g}/\text{cm}^3$ 的电解液进行补充充电。充足后即可使用,但容量有所下降。

极板硫化严重的铅蓄电池,就只能予以报废。

充电种类除以上三种外,还有间歇过充电。间歇过充电用于长期放置不用的铅蓄电池的定期充电,目的是防止极板硫化。

二、充电方法

1. 定电流充电法

在充电过程中,使充电电流保持恒定的充电方法称为定电流充电法,简称定流充电。

采取定流充电时,被充电的蓄电池不论是6V或12V,均可串联在一起进行充电,其联接方式如图1-7所示。所串联的蓄电池的容量应尽可能相同,如不相同,充电电流应以小容量的电池来计算。当小容量的蓄电池充足电后,应随之去除,再继续给大容量的蓄电池充电。

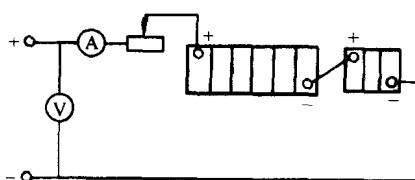


图1-7 定流充电时蓄电池的联接

定流充电的优点是适用性好,可任意选择和调整充电电流,有益于延长蓄电池的寿命。这种充电方式可用于各种不同的蓄电池,如新蓄电池的初次充电、去硫化充电、补充充电等,均可采用这种方式。它的缺点是充电时间长,且需要经常调节充电电流,同时其充电效率低(充电末期电流仍很大,使电能白白地消耗在水分解上),易造成过充电。

2. 定电压充电法

在充电过程中,充电电压始终保持不变的充电方法称为定电压充电法,简称定压充电。被充电蓄电池的联接方式如图1-8所示。采取此方式时,要求各支路蓄电池的额定电压必须相同,容量也要一致。

充电电压的选择一般按单格电池约需2.5V选择,即6V蓄电池充电电压为7.5V、12V蓄电池充电电压为15V。

定压充电的优点有如下两方面:

1) 充电效率高。开始充电后4~5h内,蓄电池就能获得90%~95%的充电量,因而可大大缩短充电时间。

2) 操作方便。充电时不需要人照管,充电过程中,充电电流逐渐减小,充足电时,电流自动接近零,不易发生过充电现象。

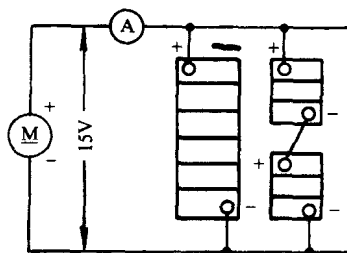


图1-8 定压充电时蓄电池的联接

其缺点是:由于不能调整充电电流的大小,因此不能用于蓄电池的初次充电和去硫化充电。同时由于充电初期电流太大,易造成电解液温升过快、极板弯曲、活性物质脱落,从而影响蓄电池的技术性能和使用寿命。因此,这种方法除特殊情况下,一般很少使用。

3. 快速充电

上述两种方法统称为“常规充电”，要完成一次初次充电需 60~70h，补充充电也需 20h 左右。由于充电时间太长，给使用带来不便。利用脉冲充电可实现快速充电。

快速充电是指用较短的时间为蓄电池充入大量电荷的一种充电方法，主要用于补充充电。

(1) 快速充电的理论基础 在充电后期的化学反应过程中，电池两极间的电位差会高于两极活性物质的平衡电位（每单格为 2.1V），这种现象称为“极化”。

极化是阻碍蓄电池充电过程中电化学反应正常进行的主要因素。要实现快速充电，就必须找出极化的原因并设法消除它。

根据其作用机理，极化现象可分为欧姆极化、浓差极化和电化学极化三种类型。

1) 欧姆极化 它是电流通过极板、隔板、电解液等所产生的电压降，随正负极板上参加化学反应的活性物质多少、电解液的相对密度、温度的高低而变化，且在充电电流停止后自动消失。

2) 浓差极化 在电解液中，离解的各种离子在电场作用下按自己遵循的方向向极板移动，开始在极板界面上参加化学反应，使离子消耗。此时，电解液中的各种离子，由于“电迁移”和“扩散”作用继续向极板运动，但其速度不能补偿电化学的消耗时，在电解液中就会形成浓度差。而蓄电池正负极板的平衡电位是根据电解液内离子浓度所确定的。在充电过程中，由于在极板孔隙中形成硫酸，使极板附近电解液相对密度较其他地方稍高而形成浓度差所造成的电极电位与平衡电极电位间的差值，称为浓差极化。随着充电过程的进行，以及充电电流的增加，浓差极化现象会更加显著，但停止充电后，由于扩散作用的结果，浓差极化会消失。

3) 电化学极化 蓄电池在充放电过程中，极板上的活性物质与电解液发生电化学反应，有的放出电子，有的接受电子。充放电初期，电极反应主要在极板表面进行，交换电子与生成物尚能维持电极的平衡电位不变。到后期，由于新的物质不断生成，极板表面参与化学反应的物质不断减少，使得极板深处的活性物质继续参加化学反应。但此时电化学反应的速度远比电子运动的速度慢，因而在极板上形成了电荷积累，这些积累的电荷对电化学反应起阻碍作用。这种由于电化学反应的迟缓而引起的极板的极化就是“电化学极化”。随着充电过程的进行以及充电电流的增加，电化学极化现象也会更加显著。

由此可见，极化现象是蓄电池在充放电过程中不可避免的。

(2) 脉冲快速充电过程 脉冲快速充电的电流波形如图 1-9 所示。

整个过程由脉冲充电控制电路进行自动控制，其具体过程如下：

1) 充电初期，采用大电流充电〔相当于额定容量的 $(0.8 \sim 1) C_{20}$ 的电流〕，使蓄电池在较短时间内达到额定容量的 60% 左右。当单格电压上升到 2.4V、电解液开始分解而冒气泡时，控制电路发生作用，停止大电流充电。

2) 先停止充电 24~30ms（称前停充），接着再放电或反充，使蓄电池反向通过一个较大

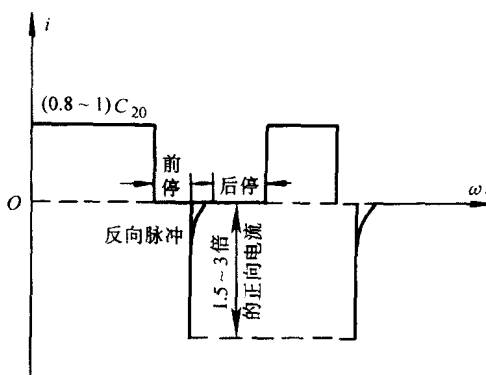


图 1-9 脉冲快速充电的电流波形

的脉冲电流，以消除极板孔隙中形成的气泡，然后再停止放电 25ms（称为后停充）。

3) 进行循环脉冲充电。其循环过程是：正脉冲充电→前停充→负脉冲瞬间放电→后停充→正脉冲充电→充足。

(3) 脉冲快速充电的特点

1) 充电时间短、省时，新蓄电池初次充电一般不超过 5h，旧蓄电池补充充电只需 0.5~1.5h，提高了充电效率。

2) 省电、节能，消耗电能为常规充电的 80%~85%。

3) 对蓄电池的寿命有一定影响，仍需进一步改进。

一般来讲，经快速充电的蓄电池只是提高了充电容量，并未充足电。若想充足，尚需用小电流或正常充电电流进行最后充电。多数快速充电设备都装有节温器，充电时将其插入蓄电池的注液口中。当电解液温度超过一定温度（通常为 50℃）时，设备会自动停电。

除上述三种充电方法外，还有准定压充电、分段定流充电及均衡充电等。

三、充电设备

所谓充电设备就是指某种直流电源。汽车上采用的是发动机驱动的直流发电机或交流发电机。充电室采用的多为硅整流充电机、晶闸管整流充电机等。

1. 硅整流充电机的型号

硅整流充电机的型号由五部分组成：

1) 第一部分是元件种类代号，硅元件用“G”表示，晶闸管元件用“KG”表示。

2) 第二部分是用途代号，“C”表示充电用。

3) 第三部分是元件的冷却方式代号，“A”表示自然冷却，“S”表示水冷，“F”表示强迫冷却，“J”表示油冷。

4) 第四部分用数字表示额定整流电流值（A）。

5) 第五部分用数字表示额定整流电压值（V）。

举例：GCA-60/72 表示该充电机为硅整流自然冷却充电机、额定电流为 60A，额定电压为 72V。

KGCA-15/36 表示该充电机为晶闸管整流自然冷却充电机，额定电流为 15A，额定电压为 36V。

硅整流和晶闸管整流充电机的型号、规格见表 1-7。

表 1-7 硅整流和晶闸管整流充电机的型号和规格

型 号	交 流 输 入		直 流 输 出		外 形 尺 寸/mm		
	相数	额定电压/V	电压/V	电流/A	长	宽	高
GCA-15/36	1	220	0~36	15	390	370	580
GCA-15/72	1	220	0~72	15	390	370	580
GCA-25/72	3	380	0~72	25	800	480	570
GCA-30/72	1	220	0~72	30	530	580	1115
GCA-30/110	3	380	0~110	30	650	720	1200
GCA-60/72	3	380	0~72	60	600	980	1670
GCA-60/110	3	380	0~110	60	600	980	1670
KGCA-15/36	1	220	0~36 6~36	15	570	304	400