



高职高专交通运输类“十五”规划教材

# 汽车电器与电子设备

司景萍 主 编



辽宁科学技术出版社  
LIAONING SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

华北水利水电学院图书馆



208078505

U463.6

S701

高职高专交通运输类“十五”规划教材

# 汽车电器与电子设备

司景萍 主编



辽宁科学技术出版社

· 沈 阳 ·

807850

## 图书在版编目 (CIP) 数据

汽车电器与电子设备/司景萍主编. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2002.9

高职高专教育交通运输类“十五”规划教材

ISBN 7-5381-3664-9

I. 汽… II. 司… III. ①汽车-电子设备-高等学校: 技术学校-教材②汽车-电子设备-高等学校: 技术学校-教材 IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 027887 号

---

出版者: 辽宁科学技术出版社

(地址 沈阳市和平区十一纬路 25 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳市第二印刷厂

发行者: 各地新华书店

开本: 787mm × 1092mm 1/16

字数: 510 千字

印张: 23.25

印数: 1~4 000

出版时间: 2002 年 9 月第 1 版

印刷时间: 2002 年 9 月第 1 次印刷

责任编辑: 伊尔始

封面设计: 姚毅 李若虹

版式设计: 于浪

责任校对: 李雪

---

定 价: 36.00 元

编辑部电话: 024-23284372

联系电话: 024-23284360

邮购咨询电话: 024-23284502

E-mail: lkzsb@mail.lnpgc.com.cn

http: //www. lnkj. com. cn

## 内 容 提 要

本书以现代汽车为例，系统地介绍了汽车电器与电子设备的结构、原理和故障排除方法，内容包括：蓄电池、交流发电机及调节器、起动机、传统点火系统、普通电子点火系统、照明与信号系统、仪表及辅助电器设备、发动机电子控制系统、底盘电子控制系统、车身电子控制系统和汽车电路分析。

本书可作为高职高专交通运输类通用教材，亦可作为汽车制造、汽车运输、汽车维修、汽车检测站工程技术人员的参考书。

## 前言

本书是根据全国高等院校汽车运用工程专业教学指导委员会 2000 年 10 月第二届六次会议确定的高职高专交通运输类“十五”规划教材编写计划编写的。本教材编写大纲广泛征求了有关院校的意见，符合国家教育部关于对高职教育的要求，可作为高职高专交通运输类通用教材，亦可作为汽车制造、汽车运输、汽车维修、汽车检测站工程技术人员的参考书。

《汽车电器与电子设备》一书以在用保有量较多的国产和进口车型为例，系统地介绍了汽车蓄电池、交流发电机及调节器、起动机、传统点火系统、普通电子点火系统、照明与信号系统、仪表及辅助电气设备、发动机电子控制系统、底盘电子控制系统和车身电子控制系统的结构、原理、常见故障及排除方法，还详细介绍了汽车电路的分析方法。

本书由内蒙古工业大学司景萍主编，编写成员有：司景萍（第三章、第六章、第九章、第十章）、吉平（第一章、第十一章）、周炜（第八章）、张松清（第二章）、张克明（第四章）、韩希国（第五章）、柴金（第七章）。另外，在本书的编写过程中，得到了贾彦、东雪青、杨利明、张大华、阎素英等同志的支持与帮助，在此向他们表示感谢。

本书初稿完成后，由“全国高等院校汽车运用工程专业教学指导委员会”秘书长郭晓汾教授主审。郭晓汾教授在百忙中对本书进行了认真审阅，提出了许多宝贵意见，在此深表谢意。

由于时间仓促，水平有限，书中不当甚至谬误之处在所难免，恳请使用本教材的师生和读者批评指正。

编者

## 目 录

<b>第一章 蓄电池</b> .....	1
第一节 蓄电池的构造及型号 .....	1
第二节 蓄电池的工作原理 .....	6
第三节 蓄电池的充电 .....	8
第四节 干荷电铅蓄电池 .....	12
第五节 免维护蓄电池 .....	13
第六节 蓄电池的使用与维修 .....	16
<b>第二章 交流发电机及调节器</b> .....	19
第一节 交流发电机的构造及型号 .....	19
第二节 交流发电机的工作原理及特性 .....	23
第三节 交流发电机电压调节器 .....	27
第四节 电子调节器 .....	32
第五节 交流发电机的故障检查与测试 .....	39
第六节 调节器的检查与调整 .....	44
第七节 交流发电机充电系统故障的判断 .....	49
<b>第三章 起动机</b> .....	53
第一节 直流电动机 .....	54
第二节 起动机的特性 .....	58
第三节 起动机的传动机构 .....	59
第四节 起动机的控制装置 .....	62
第五节 电磁控制强制啮合式起动机 .....	67
第六节 新型起动机 .....	70
第七节 起动系故障诊断 .....	78
第八节 起动机的检查 .....	83
<b>第四章 传统点火系统</b> .....	87
第一节 概述 .....	87
第二节 传统点火系统的组成与工作原理 .....	90
第三节 传统点火系统的工作特性与影响次级电压的因素 .....	94
第四节 传统点火系统的构造 .....	97

	第五节 传统点火系统的使用及故障诊断 .....	103
<b>第五章</b>	<b>普通电子点火系统</b> .....	114
	第一节 概述 .....	114
	第二节 普通电子点火系统简介 .....	115
	第三节 电感储能无触点电子点火系统 .....	117
<b>第六章</b>	<b>汽车照明与信号系统</b> .....	134
	第一节 汽车照明系统 .....	134
	第二节 汽车信号装置 .....	143
<b>第七章</b>	<b>仪表及辅助电器设备</b> .....	159
	第一节 仪表 .....	159
	第二节 电动刮水器及风窗玻璃洗涤器 .....	166
	第三节 晶体管电动汽油泵 .....	172
	第四节 起动机预热装置 .....	175
<b>第八章</b>	<b>发动机电子控制系统</b> .....	177
	第一节 概述 .....	177
	第二节 电控汽油喷射系统 .....	183
	第三节 微机控制电子点火系统 .....	203
	第四节 发动机其他电子控制装置 .....	230
	第五节 电控发动机故障自诊断系统 .....	238
	第六节 发动机电子控制系统的检修 .....	244
<b>第九章</b>	<b>底盘电子控制系统</b> .....	248
	第一节 电子控制自动变速器 .....	248
	第二节 防滑电子控制系统 (ABS/ASR) .....	279
	第三节 巡航控制系统 (CCS) .....	287
	第四节 主动悬架 .....	294
	第五节 电子控制转向系统 .....	297
<b>第十章</b>	<b>车身电子控制系统</b> .....	302
	第一节 空调系统 .....	302
	第二节 安全气囊系统 (SRS) .....	319
	第三节 中央门锁与防盗系统简介 .....	329
<b>第十一章</b>	<b>电路分析</b> .....	336
	第一节 电路基础元件 .....	336
	第二节 电路基本知识 .....	348
	第三节 桑塔纳轿车线路分析 .....	351
	第四节 电路检修常识 .....	360
<b>参考文献</b>	.....	365

## 第一章

# 蓄电池

蓄电池是汽车上的两个电源之一，它是一种可逆直流电源，在汽车上与发电机并联，共同向用电设备供电。蓄电池的作用是当发动机起动时，向起动机和点火系统供电；当发电机不发电或电压较低的情况下向用电设备供电；当用电设备同时接入较多，发电机超载时，协助发电机供电；当蓄电池存电不足，而发电机负载又较少时，它可将发电机的电能转变为化学能储存起来（即充电）。此外，蓄电池还相当于一个容量很大的电容器，在发电机转速和用电负载发生较大变化时，可保持汽车电网电压的相对稳定。同时，还可吸收电路中随时出现的瞬时过电压，以保护用电设备尤其是电子元器件不被损坏，这一点对装有大量电子系统的现代新型汽车非常重要。在发动机正常工作时，用电设备所需的电能主要由发电机供给。

蓄电池种类很多，汽车上所使用的蓄电池必须能满足起动发动机的需要，即短时间内（5~10s）可供给起动机强大的起动电流（一般为200~600A，有的柴油机可达1000A），因此这种蓄电池通常称为起动型蓄电池。由于电解液不同，蓄电池又有酸性和碱性之分，碱性蓄电池的电解液为化学纯净的苛性钠或苛性钾溶液，酸性蓄电池的电解液为化学纯净的硫酸溶液。汽车上使用最广泛的是起动型铅酸蓄电池，其电极的主要成分是铅，电解液是稀硫酸溶液。它构造简单，内阻小，起动性好，价格低廉，因此在汽车上得到广泛的应用。

## 第一节 蓄电池的构造及型号

### 一、铅蓄电池的构造

铅蓄电池都是由极板（正、负）、隔板、电解液、外壳、连接条和接线柱等构成，如图1-1所示。蓄电池壳体一般分为多个单格，每个单格里均盛有电解液，装入正负极板组便成为单格电池。每个单体电池的标称电压为2V，由3个或6个单格电池串联，便成为一只6V或12V的蓄电池总成。



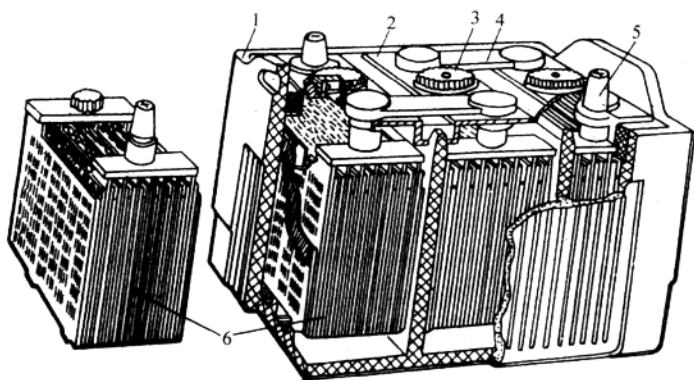


图 1-1 蓄电池的构造

1- 蓄电池外壳 2- 盖 3- 加液孔螺塞 4- 连接条 5- 接线柱 6- 极板组

### (一) 极板组

极板是蓄电池的核心，分正极板和负极板两种，均由栅架和填充在其上的活性物质构成。蓄电池的充、放电过程就是依靠极板上活性物质和电解液中硫酸的电化学反应来实现的。正极板上的活性物质是二氧化铅 ( $\text{PbO}_2$ )，负极板上的活性物质是海绵状纯铅 ( $\text{Pb}$ )。

栅架的作用是容纳活性物质并使极板成型，一般由铅锑合金浇铸而成。铅锑合金中，含锑量约为 6%~8.5%，加入锑是为了提高栅架的机械强度并改善浇铸性能。但铅锑合金耐电化学腐蚀性能比纯铅差，在化学反应中锑容易从正极板栅架中析出，而引起蓄电池的自放电和使栅架膨胀、溃烂，缩短蓄电池的使用寿命。因此，栅架的制作技术逐渐向低锑（含锑量小于 3%）、甚至不含锑的铅钙锡合金发展。

铅粉是极板活性物质的主要原料。在铅粉中加入一定的添加剂和稀硫酸溶液调和成膏状涂在栅架上，干燥后放入硫酸溶液中，经较长时间的化成处理，使正极板变成多孔性的二氧化铅 ( $\text{PbO}_2$ )，呈深棕色，负极板为海绵状纯铅，呈青灰色。为了防止负极板上活性物质收缩，增加其多孔性，铅膏里常加入添加剂，如腐植酸、硫酸钡、木素磺酸钠、炭黑等。同时，还在活性物质中加入天然纤维和合成纤维，以防止活性物质脱落和裂纹。

国产蓄电池负极板的厚度为 1.8mm，正极板的厚度为 2.2mm。国外蓄电池大多采用薄型极板，厚度为 1.1~1.5mm。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）和改善起动性能都是很有利的。

将正、负极板各一片放入电解液中，就可获得 2V 电动势，但为了增大蓄电池的容量，常将极板做成极板组装入单格电池内。负极板的数量总比正极板多一片，这样正

板都处于负极板之间，使正极板两侧放电均匀，否则，由于正极板的机械强度差，单方面工作会使其两侧活性物质受热不均匀，造成极板拱曲而导致活性物质大量脱落。

## (二) 隔板

正、负极板应尽量靠近，但彼此又不能接触而短路，故在相邻的正、负极板之间加有绝缘隔板。隔板具有多孔性，以便电解液渗透，且化学性能要稳定。常用的隔板材料有木质、微孔橡胶、微孔塑料、塑料纤维以及浸树脂纸质隔板等。木质隔板原料充足、便宜，制作简便，但耐蚀性差，微孔塑料隔板使用最为普遍。隔板也是制成长方形片状，面积比极板略大些。厚度一般不超过 1mm，成形隔板的一面有特制的纵向沟槽，另一面则为平面。安装时隔板上带沟槽的一面应面向正极板，这是因为正极板在充放电过程中化学反应激烈，沟槽能使电解液较顺利地上下流通。近年来，出现了一种微孔塑料套袋，将正极板紧紧地套装在里面，以防活性物质脱落。

## (三) 电解液

电解液的作用是形成电离，即在充电和放电的电化学反应中起离子间的导电作用，并参与化学反应。电解液是用专用的、密度为 1.84 的蓄电池用硫酸（GB/T 4554—1984）与蒸馏水按一定比例配制而成，相对密度一般为 1.23~1.30。

配制电解液时，必须使用耐酸耐热的器皿，并且切记只能将硫酸徐徐倒入蒸馏水中并不断搅拌。

电解液的密度对蓄电池的工作有重要影响，密度大，可以减少结冰的危险并提高其容量，但密度过大，由于粘度增加，反而会降低蓄电池的容量，而且会缩短极板的使用寿命。电解液相对密度随地区和气候条件而定，表 1-1 列出了不同地区和气候条件下的相对密度值。

表 1-1 不同地区和气温条件下电解液的相对密度

气候条件	全充电蓄电池 15℃时的相对密度	
	冬 季	夏 季
冬季温度低于 -40℃的地区	1.310	1.250
冬季温度高于 -40℃的地区	1.290	1.250
冬季温度高于 -30℃的地区	1.280	1.250
冬季温度高于 -20℃的地区	1.270	1.240
冬季温度高于 0℃的地区	1.240	1.240

## (四) 壳体

蓄电池的壳体用来盛放电解液和极板组，外形为长方体，内部一般分隔成互不相通的 3 个或 6 个单格电池槽，顶沿四周有与电池盖相接合的特制封沟，壳内底部有凸筋，用以支撑极板组。壳体材料耐酸、耐热、耐寒、耐震、绝缘性能好，有一定的机械强

度。国内多采用硬橡胶外壳，即硬橡胶模压后，经硫化而成，俗称胶壳。近年来，由于工程塑料的发展，用塑料（聚丙烯）制成的蓄电池壳体越来越多。塑料外壳不仅耐酸、耐热、耐震，而且强度高、韧性好、质量轻。壳体壁较薄，一般为3.5mm（胶壳壁厚为10mm），外型美观透明，塑料壳体易于热封合，生产效率高，已成为一种发展趋势。外壳的顶部有相同材料的池盖，分单体盖和整体盖两种。单体盖上有3个孔，两侧圆孔作为极桩孔，中间为带内螺纹的加液孔，平时用加液孔螺塞拧紧。加液孔螺塞的顶部中心有通气小孔，可随时排出蓄电池内逸出的 $H_2$ 和 $O_2$ ，以免发生事故。

#### （五）单格电池的连接方式

一只蓄电池一般都由3个或6个单格电池串联而成，额定电压分别为6V或12V。其连接方法一般有传统外露式铅连接条连接、内部穿壁式连接和跨越式连接三种方式，如图1-2所示。

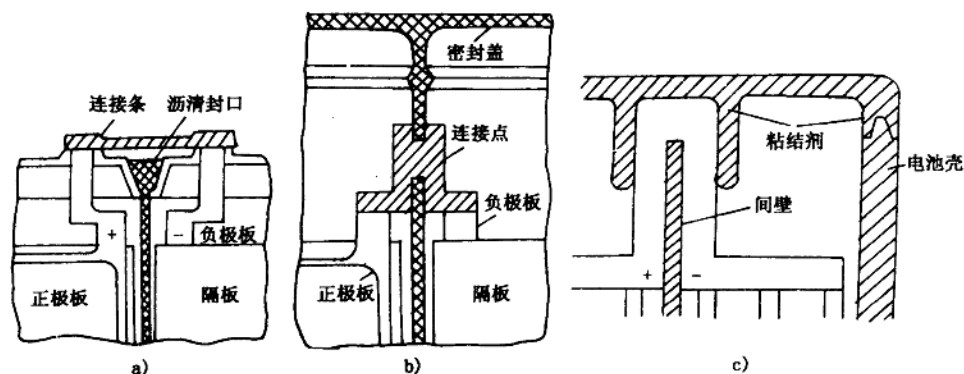


图1-2 单格电池的连接方式

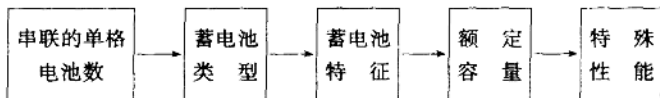
a) 传统外露式铅连接条连接 b) 内部穿壁式连接 c) 跨越式连接

早期的蓄电池大多采用传统外露式铅连接条连接方式，见图1-2a)。这种连接方式工艺简单，但耗铅量多，连接电阻大，因而起动时电压降大、功率损耗也大，且容易造成短路。新型蓄电池则采用先进的内部穿壁式或跨越式连接方式。内部穿壁式连接方式见图1-2b)，它是在相邻单格电池之间的间壁上打孔供连接条穿过，将两个单格电池的极柱连焊在一起。跨越式连接方式见图1-2c)，在相邻单格电池之间间壁的上边留有豁口，连接条通过豁口跨越间壁将两个单格电池的极板组极柱相连接，所有连接条均布置在蓄电池整体盖的下面。

内部穿壁式和跨越式连接方式与传统外露式铅连接条连接方式相比，有连接短、省材料、电阻小、起动性能好等优点，且连接条损耗减少80%，端电压提高0.15~0.4V，节约材料50%以上，因而得到广泛的应用。

## 二、铅蓄电池的规格型号

蓄电池的型号按我国机械部标准 JB/T 2599-1985《起动型铅蓄电池标准》规定，其产品型号共由 5 部分组成，其具体含义如下：



第一部分是阿拉伯数字，表示该蓄电池总成由几个单格电池组成。

第二部分表示蓄电池用途，汽车用起动型铅蓄电池是用“起”字的汉语拼音的第一个字母“Q”表示的。

第三部分为蓄电池的特征代号，产品特征代号见表 1-2。当产品同时具有两种特征时，原则上应按表 1-2 顺序将两个代号并列标志。

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

第四部分是指 20h 放电率时的额定容量 (Ah)，以阿拉伯数字表示。

第五部分：在产品具有特殊性能时，可用相应的代号加在产品型号的末尾，如高起动率蓄电池以“高”字的汉语拼音“GAO”的第一个字母“G”表示。“S”表示采用工程塑料外壳、电池盖及热封工艺的蓄电池。

型号举例：

(1) 3-Q-90 表示是由 3 个单格电池组成，额定电压为 6V，额定容量为 90Ah 的起动型铅蓄电池。

(2) 解放 CA1091 型汽车用 6-QA-100 型铅蓄电池，即是由 6 个单格电池串联、额定电压为 12V，额定容量为 100Ah 的干荷式起动型铅蓄电池。

(3) 6-QA-60G 表示是由 6 个单格电池串联而成，额定电压为 12V，额定容量为 60Ah 的起动型干荷式高起动率铅蓄电池。

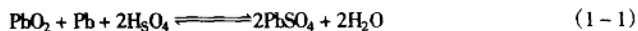
表 1-3 列出了常用的起动型铅蓄电池的型号、规格及参数值。

表 1-3 起动机铅蓄电池的规格与型号

序号	类别	铅蓄电池型号	铅蓄电池规格	单格 电池数	额定电压 (V)	20h 放电 额定容量 (Ah)	最大外形尺寸(mm)			参考质量(kg)	
							长	宽	高	有电 解液	无电 解液
1	第一类	3-Q-75	6V 75A·h	3	6	75	197	178	250	17	14
2		3-Q-75	6V 75A·h			90	224	178	250	20	15
3		3-Q-75	6V 75A·h			105	251	178	250	23	18
4		3-Q-75	6V 75A·h			120	278	178	250	25	30
5		3-Q-75	6V 75A·h			135	305	178	250	27	22
6		3-Q-75	6V 75A·h			150	332	178	250	29	24
7		3-Q-75	6V 75A·h			195	343	178		41	34
8	第一类	6-Q-75	12V 75A·h	6	12	60	319	178	250	25	21
9		6-Q-75	12V 75A·h			75	373	178	250	33	27
10		6-Q-75	12V 75A·h			90	427	178	250	39	31
11		6-Q-75	12V 75A·h			105	485	178	250	47	37
12	第一类	6-Q-75	12V 75A·h	6	12	120	517	198	250	52	41
13		6-Q-75	12V 75A·h			135	517	216	250	58	46
14		6-Q-75	12V 75A·h			150	517	234	250	63	50
15		6-Q-75	12V 75A·h			165	517	252	250	67	54
16		6-Q-75	12V 75A·h			195	517	288	250	75	61
17	第一类	6-Q-75	12V 75A·h	6	12	40	212	172	250	75	61
18		6-Q-75	12V 75A·h			60	279	172	250	75	61
19		6-Q-75	12V 75A·h			80	346	172	250	75	61

## 第二节 蓄电池的工作原理

铅蓄电池是由浸渍在电解液中的正极板(二氧化铅  $\text{PbO}_2$ )和负极板(海绵状纯铅  $\text{Pb}$ )组成,电解液是硫酸( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )的水溶液。根据双硫化理论,当蓄电池和负载接通放电时,正极板上的  $\text{PbO}_2$  和负极板上的  $\text{Pb}$  都变成  $\text{PbSO}_4$ ,电解液中的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  减少,相对密度下降。充电时则按相反的方向变化,正负极板上的  $\text{PbSO}_4$  分别恢复成原来的  $\text{PbO}_2$  和  $\text{Pb}$ ,电解液中的硫酸增加,相对密度变大。如略去中间的反应过程,总反应方程式为:

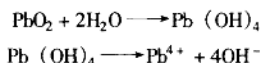


铅蓄电池属于二次电池,其充、放电过程是一种可逆的电化学反应。由于铅蓄电池的电解液是硫酸水溶液,所以在充放电过程中,蓄电池内电流的形成就是靠正负离子的反方向运动来实现的。

## 一、电势的建立

当极板浸入电解液时，在负极板处，金属铅受到两方面的作用，一方面它有溶解于电解液的倾向，因而有少量铅进入溶液，生成  $Pb^{2+}$ ，在极板上留下两个电子  $2e$ ，使极板带负电；另一方面，由于正、负电荷的吸引， $Pb^{2+}$  有沉附于极板表面的倾向。当两者达到平衡时，溶解便停止，此时极板具有负电位，约为  $0.1V$ 。

正极板处，少量  $PbO_2$  溶入电解液，与水生成  $Pb(OH)_4$ ，再分离成四价铅离子和氢氧根离子。



由于  $Pb^{4+}$  沉附于极板的倾向大于溶解的倾向，因而沉附在正极板上，使极板呈正电位。当达到平衡时，约为  $+2.0V$ 。

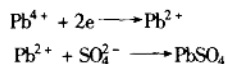
因此，当外电路未接通，反应达到相对平衡状态时，蓄电池的静止电动势  $E_0$  约为：

$$E_0 = 2.0 - (-0.1) = 2.1V \quad (1-2)$$

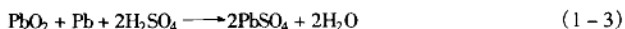
## 二、铅蓄电池的放电

当蓄电池接上负载，在电动势的作用下，电流  $I_f$  从正极经过负载流往负极（即电子从负极到正极），使正极电位降低，负极电位升高，破坏了原有的平衡。

在正极板处， $Pb^{4+}$  和电子结合，变成二价铅离子  $Pb^{2+}$ ， $Pb^{2+}$  与电解液中的  $SO_4^{2-}$  结合生成  $PbSO_4$  沉附于极板上。即



在负极板处， $Pb^{2+}$  与电解液中的  $SO_4^{2-}$  结合也生成  $PbSO_4$  沉附在负极板上，而极板上的金属铅继续溶解，生成  $Pb^{2+}$  和电子。如果电路不中断，上述化学反应将不断进行，使正极板上的  $PbO_2$  和负极板上的  $Pb$  都逐渐转变为  $PbSO_4$ ，电解液中的  $H_2SO_4$  逐渐减少而水增多，电解液相对密度逐渐下降。整个放电过程的化学反应方程式为：



理论上，放电过程应进行到极板上的活性物质全部变为硫酸铅为止，但在反应中由于电解液并不能完全渗透到活性物质的最内层，使用中所谓放完电的蓄电池，实际上只有  $20\% \sim 30\%$  的活性物质变成了硫酸铅。因此采用薄型极板，增加多孔率，提高极板活性物质的利用率，可明显提高蓄电池的容量。

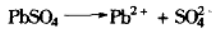
蓄电池放电终了的标志：单格电池电压下降到放电终止电压（当为  $20h$  放电率时，终止电压为  $1.75V$ ）；电解液密度下降到最小许可值，约为  $1.1kg/m^3$ 。

## 三、铅蓄电池的充电

充电时，将蓄电池与外加直流电源并联连接。当电源电压高于蓄电池电动势时，在外电源的作用下，电流从蓄电池正极流入，负极流出（即驱使电子从正极经外电路流入

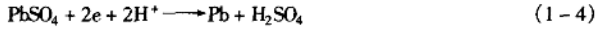
负极)。这时正负极板发生的反应正好与放电过程相反。

在负极板处，有少量的  $\text{PbSO}_4$  进入电解液中，离解为  $\text{Pb}^{2+}$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ ，即

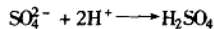
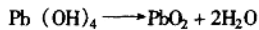
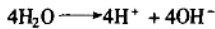
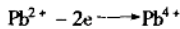
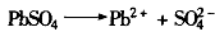


$\text{Pb}^{2+}$  在电源的作用下获得两个电子变为金属  $\text{Pb}$ ，沉附在板板上。而  $\text{SO}_4^{2-}$  则与电解液中的  $\text{H}^+$  结合，生成硫酸。

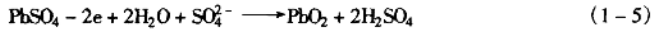
负极板上的总反应为：



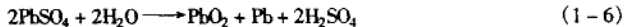
正极板处，也有少量  $\text{PbSO}_4$  进入电解液中，离解为  $\text{Pb}^{2+}$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ ， $\text{Pb}^{2+}$  在电源作用下失去两个电子变为  $\text{Pb}^{4+}$ ，它又和电解液中水离解出来的  $\text{OH}^-$  结合，生成  $\text{Pb}(\text{OH})_4$ ， $\text{Pb}(\text{OH})_4$  又分解为  $\text{PbO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ，而  $\text{SO}_4^{2-}$  则与电解液中的  $\text{H}^+$  结合生成硫酸，即



正极板上的总反应为：



可见，在充电过程中，正、负极板上的  $\text{PbSO}_4$  将逐渐恢复为  $\text{PbO}_2$  和  $\text{Pb}$ ，电解液中硫酸成分逐渐增多，水逐渐减少。整个充电过程的化学反应式为：



蓄电池充电终了的标志：蓄电池内产生大量气泡，即所谓“沸腾”现象；蓄电池的端电压和电解液密度均上升至最大值，且 2~3h 内不再增加。

### 第三节 蓄电池的充电

#### 一、充电方法

蓄电池的充电必须根据不同情况选择适当的方法，并且正确地使用充电设备，才能提高工作效率，延长蓄电池及充电设备的使用寿命。

蓄电池的充电方法有定流充电、定压充电和近年来较先进的快速脉冲充电。

##### (一) 定流充电

定流充电是指充电全过程中，保持充电电流基本恒定的充电方法，如图 1-3 所示。它是蓄电池充电的主要方法，广泛用于初充电、补充充电和去硫化充电等。

图 1-3a) 为定流充电的接线方法，从接线特点可知所有被充电蓄电池都应串联连接，故又称为串联充电。采用此法充电时，蓄电池不论是 6V 或 12V 都可串联在一起，最好额定容量相同。如果容量不一样时，则可先按小容量的蓄电池选择充电电流，待其

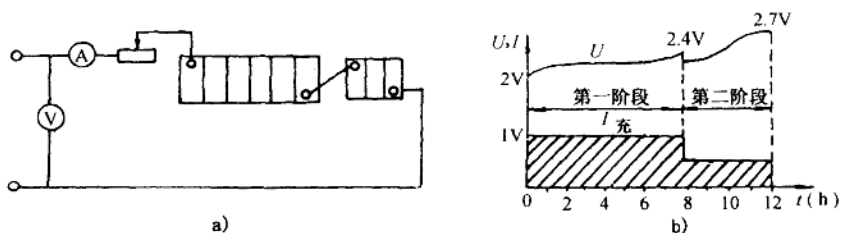


图 1-3 定流充电  
a) 连接简图 b) 定流充电特性曲线

充足后先拿走，然后改用大容量充电电流继续充足为止。

蓄电池在充电刚开始采用较大电流，经过一定时间改用较小电流直至充足，因此也称为分级电流充电，如图 1-3b) 所示。定流充电时，首先以规定的充电电流进行充电，当单格电压充到 2.3~2.4V 时，将充电电流减少一半，一直充到电解液密度和电压达到规定值且 2~3h 内不变，并激烈冒出气泡时为止。

充电时，每个单格需要 2.7V 电源电压，故串联和单格电池总数不应超过  $n = U_c / 2.7$  ( $U_c$  为充电机的额定电压)。当充电机的额定电压已知时，则可同时充电的蓄电池的数量即可算出。

定流充电适应性强，可以任意选择和调整充电电流，适用于新蓄电池的初充电、去硫化充电等。它的缺点是充电时间长，且需经常调节充电电流。

## (二) 定压充电

定压充电是指充电全过程中，电源电压始终保持不变的充电方法，如图 1-4 所示。

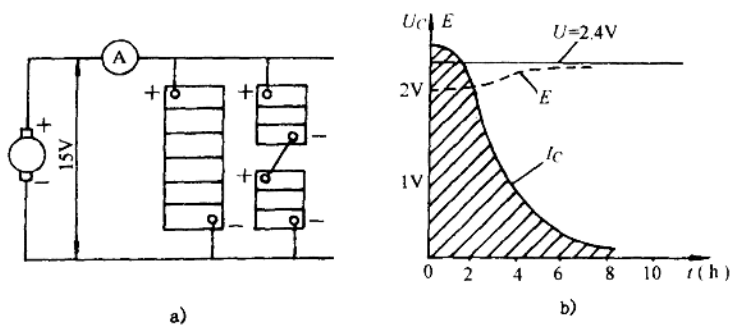


图 1-4 定压充电  
a) 连接简图 b) 定压充电特性曲线

采用定压充电时，充电的蓄电池必须并联在充电电源之间，如图 1-4a) 所示。由



于  $I_C = \frac{U-E}{R_0}$ , 因此, 充电开始时, 充电电流很大。随着蓄电池电动势  $E$  的增加, 充电电流  $I_C$  会逐渐减小。如果充电电压调节得当, 则在充满电时, 充电电流  $I_C$  可自动降低到零, 见图 1-4b), 这就是充电终了。因此, 定压充电不必由人照管。

采用定压充电时, 必须选择适当的充电电源电压。若充电电源电压过高, 不但初期充电电流过大, 而且会发生过充电, 使极板弯曲, 活性物质脱落, 温升过高; 若充电电源电压过低, 则会使蓄电池不能充电。一般每单格电池约需 2.5V 的充电电源电压。如一个 6V 的蓄电池, 充电电源电压应为 7.5V, 对 12V 的蓄电池则应为 15V。

由于定压充电时, 开始充电电流较大, 4~5h 内即可获得额定容量的 90%~95%, 因而可缩短充电时间, 适于补充充电。汽车上蓄电池和发电机是并联的, 所以蓄电池始终是在发电机的恒定电压下进行充电的。

### (三) 脉冲快速充电

脉冲快速充电是目前较先进的充电技术。脉冲快速充电的特点是先使用 0.8~1 倍额定容量的大电流进行定流充电, 使蓄电池在短时间内充至额定容量的 50%~60%。当蓄电池单格电压升到 2.4V, 开始冒气泡时, 由控制电路控制, 开始进行脉冲充电。脉冲电流的波形如图 1-5 所示, 即先停止充电 25~40ms (称前停充), 接着再放电或反充电, 使蓄电池反向通过一个较大的脉冲电流, 脉冲深度为充电电流的 1.5~3 倍, 脉冲宽度为 150~1000 $\mu$ s, 然后再停止充电 25ms (称后停充)。如此重复正脉冲充电

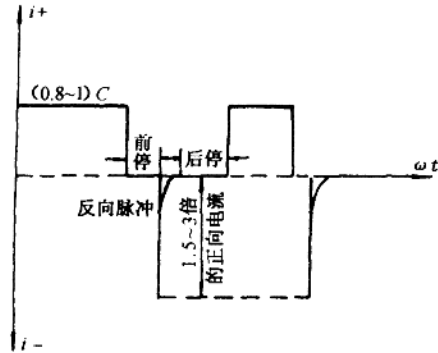


图 1-5 脉冲快速充电电流波形

——前停充——负脉冲瞬间放电——后停充——再正脉冲充电的循环过程, 直至充足。

脉冲快速充电的优点如下:

(1) 充电时间大为缩短。按常规充电, 新电池初充电需 60~70h, 补充充电也需 13~16h, 采用脉冲快速充电, 一般初充电约 5h, 补充充电不超出 1h。

(2) 可增加蓄电池容量, 提高起动性能。由于脉冲快速充电能够消除极化, 因此充电时化学反应充分, 加深了反应深度, 使蓄电池容量增加, 提高了起动性能。

(3) 去硫化显著。按一般去硫化充电方法充电, 费时且麻烦, 而用脉冲快速充电只需 4~5h, 且效果良好。

但脉冲充电机控制电路复杂, 价格高于普通充电机, 在一些小型修理企业还没有普及。

## 二、充电的种类

蓄电池的充电作业可分为初充电、补充充电和一些维护性的充电, 如预防硫化充电等。对新蓄电池必须进行初充电, 使用中的蓄电池需进行补充充电。为保持蓄电池的一