

中等职业学校教材

张果珊 主编

汽车电气设备原理与维修

汽车修理专业 QI CHE XIU LI ZHUAN YE

高等教育出版社

中等职业学校教材

(汽车修理专业)

汽车电气设备原理与维修

张果珊 主编

高等教育出版社

(京) 112 号

内 容 简 介

本书是中等职业学校汽车修理专业教材，主要包括：蓄电池，交流发电机及其调节器，点火系的构造与修理，起动机，电气仪表及其传感器，汽车照明设备及灯光信号，其他电气设备，汽车电气线路，进口和引进型汽车电气设备的一般常识等。

本书取材广泛，讲解清晰，编写中参照了有关行业部颁技术工人等级标准，可作为中等职业学校汽车修理专业教材，也可作为汽车维修人员岗位培训教材及自学用书。

责任编辑 苗凤立

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车电气设备原理与维修/张果珊主编. —北京: 高等教育出版社, 1996
ISBN 7-04-005564-3

I. 汽… II. 张… III. 汽车-电气设备 IV. U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 19240 号

x

高等教育出版社出版

北京沙滩后街 55 号

邮政编码: 100009 传真: 4014048 电话: 4054588

新华书店总店北京发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 17 插页 5 字数 120 000

1996 年 5 月第 1 版 1996 年 5 月第 1 次印刷

印数 0001—7 921

定价 19.50 元

凡购买高等教育出版社的图书，如有缺页、倒页、脱页等
质量问题者，请与当地图书销售部门联系调换。

版权所有，不得翻印

出版说明

随着国民经济的迅速发展和改革开放的不断深入,对交通运输的需求也在急剧增长,汽车作为一种重要的交通工具逐步进入了千家万户,随之而来,汽车修理业也遍布全国城乡。近几年来,全国很多职业学校相继开设了汽车修理专业,为满足职业学校教学的需要,培养具有汽车修理基本理论和一定修理技能的中级技术工人,我社组织专业教师及有关工程技术人员编写了《汽车修理基础知识》、《汽车发动机构造与修理》、《汽车底盘车身构造与修理》、《汽车电气设备原理与维修》等中等职业学校汽车修理专业系列教材。

本系列教材以三年制职业高中学生为主要读者对象,坚持学用结合,突出技能训练,使学生通过理论学习和技能培训,逐步达到汽车修理中级技术工人标准。

本系列教材以“解放”、“东风”、“夏利”、“奥迪”、“桑塔纳”等国产汽车车型为主,兼顾进口汽车车型,以汽车修理工人技术等级标准为教学基本要求,把汽车的构造与修理有机地结合起来,排除了教学中不必要的重复,使知识更加系统化、科学化。教材的编写力求简明实用、重点突出、通俗易懂,具有职业教育的特色。

参加本系列教材编写的有北京市职业技术教育中心、北京吉普车有限公司、辽宁教育学院等单位的教学研究人员、工程技术人员及教师。这些同志有的多年从事教学工作,具有较丰富的教学经验;有的在汽车修理厂从事技术工作,具有较丰富的实践经验。

本系列教材1996年秋季出版发行,欢迎广大读者选用,并恳请提出宝贵意见。

高等教育出版社

1995年8月

前 言

为满足中等职业学校汽车修理专业教学的需要,高等教育出版社组织专业教师和工程技术人员,编写了《汽车修理基础知识》、《汽车发动机构造与修理》、《汽车底盘车身构造与修理》、《汽车电气设备原理与维修》等系列教材,本书是系列教材中的一种。

本书以国产汽车车型为主,兼顾进口汽车车型,在讲述汽车电气设备原理的基础上,详细讲述汽车电气设备的常见故障及修理方法,并配有较常使用的汽车电路图。本书在编写中力求理论联系实际,强调技能训练,具有职业教育的特色。

本书教学时数为108学时,具体安排见下表(供参考)。

章 节	内 容	学 时
第一章	蓄电池	10
第二章	交流发电机及其调节器	17
第三章	点火系的构造与修理	22
第四章	起动机	14
第五章	电气仪表及其传感器	6
第六章	汽车照明设备及灯光信号	8
第七章	其他电气设备	8
第八章	汽车电气线路	8
第九章	进口和引进型汽车电气设备的一般常识	9
机 动		6
合 计		108

本书由张果珊主编,马建中和朱惠英同志也参加了编写工作。全书由张玉生、刘纪层审定。在编写过程中,曾参考了有关汽车修理丛书,得到了众多同志的支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平所限,不足之处在所难免,恳请广大读者提出批评和改进意见。

编 者

1995.3

目 录

绪论	1	第七节 起动机的调整与检修	114
第一章 蓄电池	2	复习与思考题	120
第一节 汽车用蓄电池的用途及构造	2	第五章 电气仪表及其传感器	122
第二节 蓄电池的工作原理	7	第一节 电流表	122
第三节 铅蓄电池的充、放电特性及充电 法	9	第二节 燃油表及其传感器	124
第四节 蓄电池的使用	15	第三节 机油压力表及其传感器	128
第五节 汽车用其他电池	17	第四节 水温表及其传感器	131
复习与思考题	19	第五节 车速里程表	133
第二章 交流发电机及其调节器	20	第六节 电源稳压器	134
第一节 硅整流交流发电机	20	复习与思考题	135
第二节 交流发电机调节器	25	第六章 汽车照明设备及灯光信号	136
第三节 硅整流发电机的维修和调试	36	第一节 照明设备及灯光信号的种类和 用途	136
第四节 调节器的故障检测与调整	41	第二节 前照灯	137
第五节 交流发电机及其调节器的使用	46	第三节 汽车灯光信号装置	142
第六节 新型调节器简介	49	第四节 其他开关与警报装置	150
复习与思考题	52	第五节 灯光系统的故障、判断与排除	152
第三章 点火系的构造与修理	53	复习与思考题	156
第一节 概述	53	第七章 其他电气设备	157
第二节 蓄电池点火装置的组成	54	第一节 汽车电喇叭及喇叭继电器	157
第三节 点火系高压电路的工作原理	56	第二节 电动刮水器及除霜、挡风玻璃 洗涤设备	158
第四节 点火系各组件的构造	59	第三节 电动汽油泵	162
第五节 点火系的工作原理和工作过程	73	第四节 电动减速器和电子制动防抱死 装置	167
第六节 蓄电池点火装置的使用与故障 检修	77	第五节 柴油机起动的辅助装置	169
第七节 蓄电池点火装置特性的改善	84	第六节 汽车电气设备的干扰电磁波及 其防止措施	171
第八节 半导体点火装置	85	第七节 汽车空调器	173
复习与思考题	94	第八节 几种常用电器开关与电器件	174
第四章 起动机	95	复习与思考题	176
第一节 概述	95	第八章 汽车电气线路	177
第二节 直流串励式电动机	96	第一节 汽车电气线路的概念	177
第三节 起动机的传动机构	100	第二节 汽车电气线路的基本特点	180
第四节 起动机的控制装置	104	第三节 汽车电气线路的分类	182
第五节 常用电磁操纵强制啮合式启动 机	108	第四节 汽车电气线路图的识读	188
第六节 起动机的使用与保养	113		

第五节 汽车用导线及其规格	191	第五节 进口汽车电气线路图的一般识读 ...	210
附图 国产主车型电气线路图例	194	附录一 电工常用计量单位及符号	221
第九章 进口和引进型汽车电气设备		附录二 汽车电路图用图形符号	223
的一般常识	201	附录三 进口汽车常用技术术语英汉	
第一节 导线的选择及其颜色的识别	201	对照表	240
第二节 以联结器为分界点的条块组合	202	附录四 进口与引进型汽车典型电路	
第三节 进口汽车电气设备的电子化	204	图例	253
第四节 进口汽车电子设备的特点	207		

绪 论

“汽车电气设备原理与维修”是论述汽车上使用的蓄电池、发电机、起动机、点火装置及仪表、照明和信号等辅助电器的用途、原理、特性、结构和维修的一门专业课程。随着现代汽车工业的飞速发展，电子控制燃油喷射发动机系统在汽车上得到了应用，这使对汽车电气设备的研究又迈进了一个新的领域——计算机控制系统。因此，“汽车电气设备原理与维修”专业课不仅以电工学、电化学为理论奠基，而且需要电子学和计算机等知识作为基础才能适应汽车发展的需要。

汽车电气设备是汽车的重要组成部分，其性能的好坏将直接关系到汽车的安全性、可靠性和经济性。实践证明，电气设备故障约占汽车全部故障的20%~30%。为此，要求汽车修理人员不仅要掌握汽车电气设备的构造、原理和特性，还必须学会正确使用、维护、调整和修理的操作技能。

汽车电气设备主要由充电系（蓄电池、发电机及调节器等）、起动系（指起动机）、点火系（断电-配电器、点火线圈、火花塞等）、照明及灯光信号设备（各种照明和信号灯、电喇叭等）、仪表（燃油表、机油压力表、水温表、电流表、车速表等）和辅助电器设备（风窗刮水器、风窗喷水装置、防无线电干扰设备等）等六大部分组成。

目前，汽车电气设备系统复杂程度不一，但都有着一个共同的特点，即直流低压、两个电源、并联单线、单极搭铁（有的负极搭铁，有的正极搭铁，有的采用双线制无搭铁极）。

学习“汽车电气设备原理与维修”时，既要理解各种电器件的结构、原理、用途、特性等理论知识，又要熟练掌握使用、保养、测试、调整和检修等操作技能。在学习过程中，应把课堂学习、实验和生产实践三个环节有机地结合起来，以从理论到实践达到中级汽车维修工的水平。

第一章 蓄 电 池

蓄电池是汽车上的主要电源之一，是将化学能转换成电能的一种低压直流电源，也称为化学电源。蓄电池按结构特点可分为碱性蓄电池和酸性蓄电池两大类。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，又由于极板的活性物质主要成分是铅，故又称为铅蓄电池。目前汽车上最常用的是铅蓄电池。这种铅蓄电池具有起动性能良好、成本低、内阻小等优点，缺点是使用寿命相对较短，比功率也较小。

第一节 汽车用蓄电池的用途及构造

一、蓄电池的用途

汽车上装有两个直流低压电源，一个是起动蓄电池，另一个为直流或硅整流发电机，两个电源与全车用电设备均接成并联电路，并通过调节器向用电设备供电，如图 1-1 所示。其中蓄电池的作用主要体现在以下几个方面：

(1) 汽车发动时，供给起动机大电流（约 200~600A）和同时保障点火系用电。

(2) 发动机起动后，在发电机输出电压尚未建立以前向用电设备供电。

(3) 在用电设备短时间耗电超过发电机供电能力时，协助发电机向用电设备供电。

(4) 当发电机的端电压高于蓄电池的电动势时，蓄电池将一部分电能转化为化学能储存起来，即充电。

其次，蓄电池相当于一个大电容器，它可随时将发电机产生的过电压吸收掉，保持汽车电系中的电压稳定；在有晶体管器件的汽车电系中，可吸收发电机瞬时过电压，保护电子元件不致损坏等。

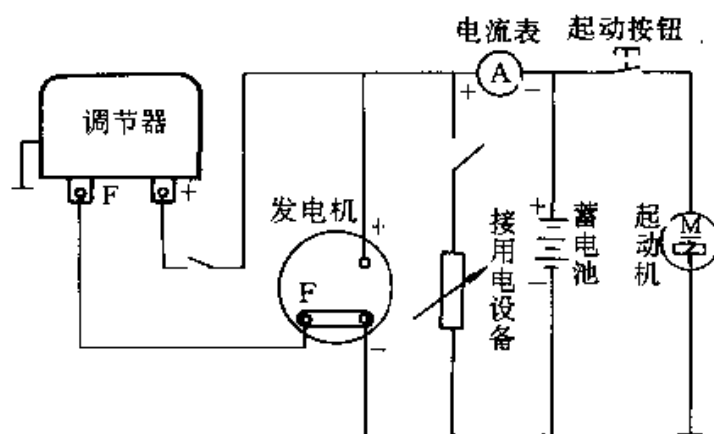


图 1-1 汽车电源电路

二、蓄电池的构造及型号

起动型铅蓄电池一般是由正、负极板，隔板，电解液，外壳，连接条和极桩等主要部件构成，如图 1-2 所示。

（一）构造

1. 极板

正、负极板是与电解液发生电化学反应，进行能量转换的核心构件。正极板俗称阳极板，负

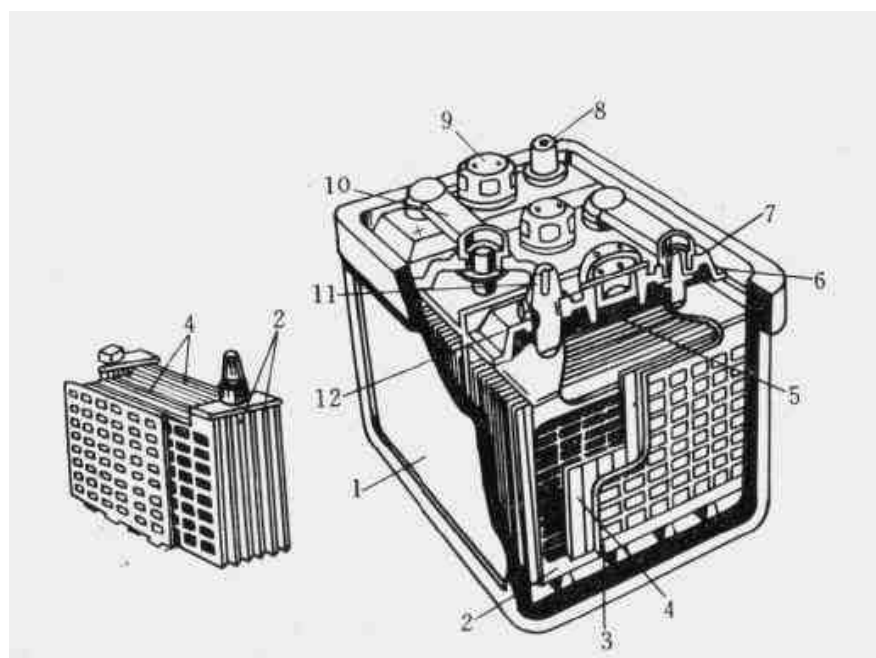


图 1-2 蓄电池

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—负极桩；9—加
液孔盖；10—连接条；11—正极桩；12—封闭环

极板俗称阴极板；均呈长方形片状，每片极板由栅架（板栅）和活性物质（工作物质）构成。正极板上的活性物质为二氧化铅，呈棕红色；负极板上的活性物质为海绵状纯铅，呈青灰色（图 1-3a、b）。

为了增大蓄电池的容量，常根据需把正、负极板分别焊成极板组。负极板组比正极板组多一片，目的是装配时正负极板交错排列开，这样把正极板夹在负极板之间，以使正极板在工作过程中两面上的电化学反应趋于一致，减少活性物质脱落，从而提高极板的使用寿命。

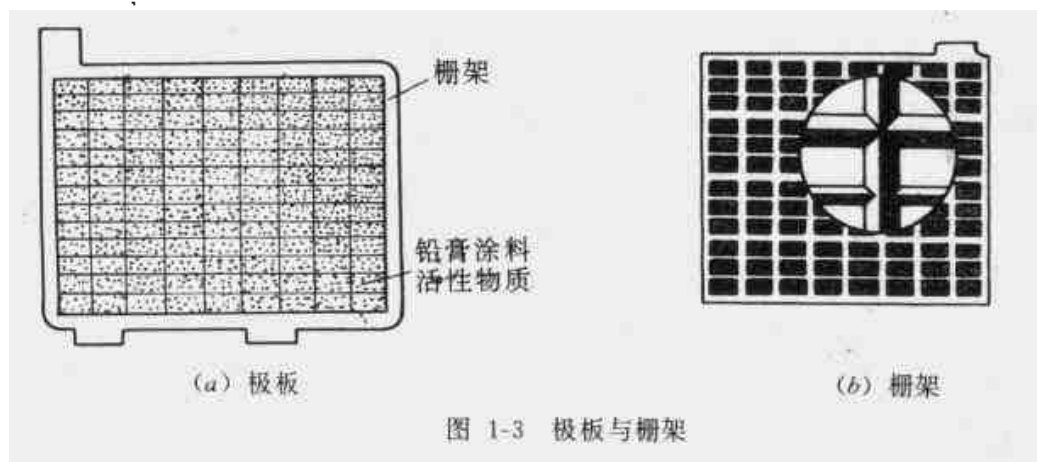


图 1-3 极板与栅架

2. 隔板

隔板通常用木质、微孔橡胶、微孔塑料以及玻璃纤维制成，安装在正、负极板之间，防正、负极板相碰面短路，而且由于隔板和极板紧靠在一起，又可防止极板弯曲变形和活性物质脱落，隔板一面制有沟槽，装配时有槽面应竖直面面向正极板。

3. 电解液

电解液（或称电解质，俗称“电水”）的作用是形成电离，促使极板活性物质溶离产生电化

学反应。它是用化学纯净硫酸与蒸馏水按比例配制而成的。由于电解液的纯度、多少、相对密度及温度会影响蓄电池的技术性能和使用寿命，因此，对电解液有较为严格的要求。

(1) 规定电解液使用标准的相对密度为 1.24~1.84 (15℃) 的化学纯硫酸和经化验合格的蒸馏水配制，严禁使用一般工业硫酸和普通水配制。

(2) 根据我国地域辽阔、气候条件复杂等特点，依不同地区和温度条件统一规定了电解液标准相对密度值，详见表 1-1。

表 1-1 不同地区和气温条件下的电解液相对密度

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

(3) 电解液的温度高低不同，其相对密度值也应相应改变。通常温度每变化 1℃，相对密度变化值为 0.0007。液温升高，相对密度减小；液温下降，相对密度增大。因此温度是确定电解液相对密度值的前提。对此，世界各国也都有自己的电解液的标准温度。例如我国是 15℃，日本是 20℃，欧美国家则规定为 25℃ 或 30℃。

(4) 电解液必须保持标准的液面高度。起动蓄电池各单格内的电解液液面应高出防护片 10~15mm，在任何情况下均不得违反此规定。

4. 外壳

外壳（或称容器）的作用是储存电解液和支承极板等构件，从而使蓄电池构成一个整体。外壳由耐酸、耐热、耐寒、耐震、绝缘性能好、有一定机械强度的材料制成。相邻两单格之间有隔壁，把每个外壳分成三个或六个单格。每个单格内装有相同数量和质量的极板、隔板和电解液；每个单格电池有池盖，盖上有极桩孔和加液口。加液口上有旋塞，塞上有通气孔，可将充电时产生的气体排出，使用中应保持畅通。盖与壳之间用沥青封口剂填封。

5. 连条和极桩

(1) 连条 连条又称连接条，其作用是将单格电池串联起来，提高起动蓄电池总成的端电压。可将每个单格电压为 2V 的 3 个单格电池串联成额定电压为 6V，或将 6 个单格电池串联成 12V 额定电压的蓄电池。

连条由铅锑合金浇铸成条形两孔状，其长度由定型铅蓄电池的规格而定；其截面积须合理选择，通常以连条两端的电压降不超过 20mV 为标准。因此，对不同容量的起动蓄电池，不能任意变动其连条规格。连条安装的方法可分为传统的外露式、较先进的跨接式和穿壁式等。

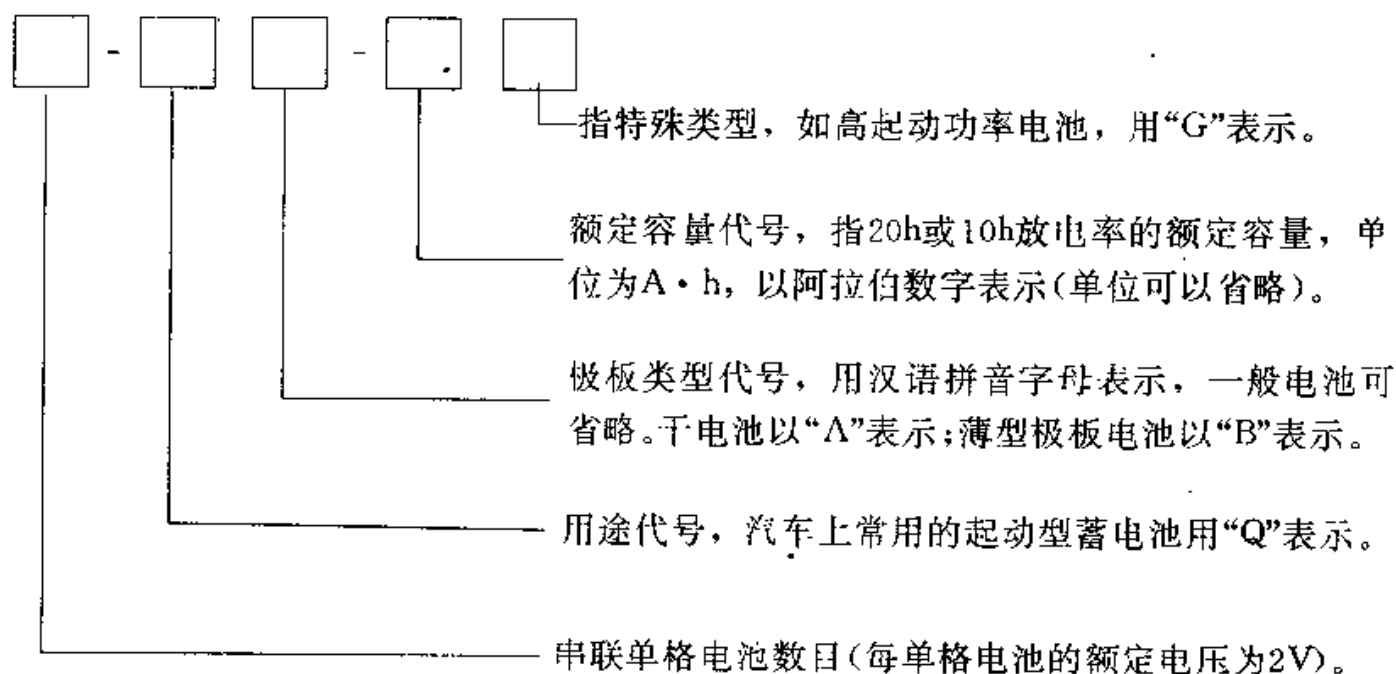
(2) 极桩 极桩（或称极柱）的作用是便于用连条将正、负极板组连接起来，还可作为测量单格电池端电压以及接外电路导线。它是用铅锑合金浇铸成的，呈圆锥体形状，焊在极板组的横板上，在伸出池盖穿孔处用铅衬套封严。铅蓄电池两个外接线路用的极桩，分别刻上

“+”和“-”极号，正极桩的周围涂成红色，负极桩一般不涂色，但也有的涂成兰色、绿色或黑色的，以达到标志明确，防止接错极性。

此外，单格电池极板顶部装有防护片，用有许多小孔的塑料或硬橡胶薄片制成。其作用是防止外界的杂质侵入，保证电解液的高纯度。防护片的厚度约1mm左右。

(二) 起动型铅蓄电池的型号

根据机械工业部颁发的标准 (JB1058—77)，蓄电池的型号由五个部分组成：



型号举例如下：

3-Q-90：由三个单格电池组成，额定电压为6V，额定容量为90A·h的起动型蓄电池。

6-QA-75：由六个单格电池组成，额定电压12V，额定容量为75A·h的起动用干式荷电蓄电池。

6-QA-60G：由六个单格电池组成，额定电压12V，60A·h干式荷电极板，高起动率蓄电池。

国产起动型铅蓄电池的规格型号见表1-2。

三、起动型铅蓄电池的选用及接线方式

铅蓄电池的选用必须符合汽车电系的额定电压，能供给起动机所需的较大起动电流量，保证起动可靠。但由于各型汽车总体结构设计不同，起动蓄电池的选用个数及接线方式也不一样，通常有四种方式。

1. 单一方式

只装用一个额定电压和容量与之相匹配的铅蓄电池，多数汽车为这种方式。

2. 串联方式

汽车装用两个额定电压和容量相同的起动蓄电池，串联起来供电。如NJ230型汽车采用两个3-Q-75型串联使用。这种接线方式的目的是提高额定电压。每个铅蓄电池的型号必须完全相同。

3. 并联方式

汽车上装用两个铅蓄电池并联供电,并联电池由电源总开关控制,其作用在于增大容量。这里同样要求每个铅蓄电池的型号必须相同。

4. 串并联方式

串并联蓄电池方式既能提高电压又能增大容量。如德国依发 (IFA) 汽车,电系电压为 12V,而起动时起动机额定电压却为 24V。为适应两种电压的要求,可利用转换开关将两个铅蓄电池接成串联和并联方式。

5. 国产主要车型及国外常用车型的铅蓄电池配用情况见表 1-3 和表 1-4。

表 1-2 国产起动型铅蓄电池的规格型号

序号	类别	型号	规格		单格电池数	最大外形尺寸 (mm)		
			额定电压 (V)	20h 放电率 额定容量 (A·h)		长	宽	高
1	第一类	3-Q-75	6	75	3	197	178	250
2		3-Q-90		90		224	178	250
3		3-Q-105		105		251	178	250
4		3-Q-120		120		278	178	250
5		3-Q-135		135		305	178	250
6		3-Q-150		150		332	178	250
7		3-Q-195		195		413	178	250
8	第二类	6-Q-60	12	60	6	319	178	250
9		6-Q-75		75		373	178	250
10		6-Q-90		90		427	178	250
11		6-Q-105		105		485	178	250
12	第三类	6-Q-120	12	120	6	517	198	250
13		6-Q-135		135			213	250
14		6-Q-150		150			234	250
15		6-Q-165		165			252	250
16		6-Q-195		195			288	250
17	第四类	6-Q-40G	12	40	6	212	172	250
18		6-Q-60G		60		279	172	250
19		6-Q-80G		80		346	172	250

表 1-3 国产主要车型配用的铅蓄电池

车型	发动机		铅 蓄 电 池				
	功率 (kW)	转速 (r/min)	型 号	额定电压 (V)	额定容量 (A·h)	数量 (个)	接线方式
CA141	99	3000	6-QA-100	12	100	1	/
EQ140	99	3000	6-Q-105	12	105	1	/
CA10B	70	2800	3-Q-120	6	120	2	并联
BJ212	55	3800~4000	6-Q-60	12	60	1	/
NJ230	58	3300	3-Q-75	6	75	2	串联
JN150	118	1800	6-Q-165	12	165	2	串联

表 1-4 部分国外汽车配用的铅蓄电池

车 型	额定电压 (V)	额定容量 (A·h)	数量 (个)	接线方式
日野 KL400	12	65	2	串联
五十铃 TD50A-1	12	150	2	串联
布切奇 113N	12	64	1	/
依发 W50L	12	135	2	串并联加转换开关
奔驰 220S	12	56	1	/
伏尔加 N36-44	12	114	2	串联
贝利埃 CLM ¹⁰ M ³	6	150	4	串联
菲亚特 682N3	12	135	2	串联
太脱拉 148SIM	12	165	2	串联
却贝尔 D450·01	12	90	2	串并联加转换开关
吉尔 130	12	78	1	/

第二节 蓄电池的工作原理

铅蓄电池的工作原理是相同的。铅蓄电池的基本工作状态是放电和充电：放电即是向外电路提供电能；充电即是储存化学能。

铅蓄电池的充、放电是通过极板上的活性物质与电解液发生电化学反应而实现的。这种电化学反应具有可逆性，在正常的条件下反复进行的充、放电循环，能显示出供电和储电的特殊功能，因此被称为二次电池或再生电池。目前国产铅蓄电池的充、放电循环期为 250~500 次。

一、铅蓄电池的充电与放电过程

蓄电池用的电解液是硫酸的水溶液。在电解液中，硫酸分子大都离解为氢正离子 (H^+) 和硫酸根负离子 (SO_4^{2-})。在充、放电过程中，蓄电池就是依靠离子的迁移运动传递电荷的。

(一) 放电过程

蓄电池向外电路供电称为放电，如图 1-4 所示。蓄电池放电是在充足电状态下进行的，放电就是将化学能转变为电能的过程。

蓄电池放电时，负极板上的电子经外电路流到正极板，使正极板电位降低，负极板电位升高，原来的化学平衡便被破坏。这时，在正极板处，四价的铅离子与电子结合，生成二价铅离子进入电解液，二价铅离子再与硫酸根离子结合生成硫酸铅附着在正极板上。在负极板处，二价铅离子也同硫酸根离子结合生成硫酸铅附着在负极板上。

如果电路不中断，上述电化学反应将继续进行，电解液中的硫酸因氢离子和硫酸根离子的迁移而被消耗，生成了水。所以，放电后电解液的密度是逐渐下降的。

(二) 充电过程

放电后的蓄电池接一直流电源，使其正极接正极、负极接负极，如图 1-5 中所示。当外加电源电压高于蓄电池电动势时，电流将以与放电电流相反的方向流过蓄电池，这一过程称为充电。蓄电池充电时将电能转变为化学能储存起来。

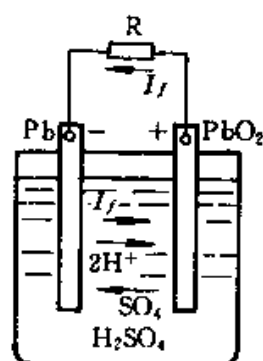


图 1-4 蓄电池放电过程

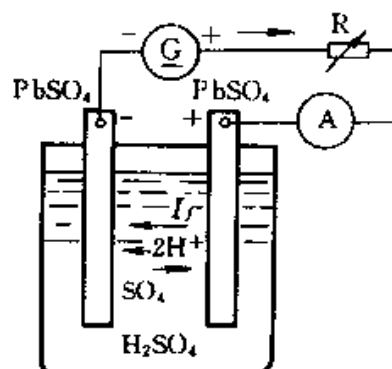


图 1-5 蓄电池充电过程

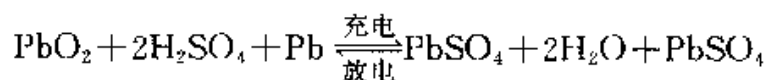
在正极板处，由于外加电源将电子经外电路输送到负极板，因而使二价铅离子失去两个电子成为四价铅离子，再与硫酸根离子和水反应，生成二氧化铅附着在正极板上。

在负极板上，由于得到电子而使电位降低，吸引了二价铅离子。二价铅离子再与电子结合，便生成纯铅附着在负极板上。

充电时电解液中离子迁移的方向与放电时相反，因此水被消耗而硫酸增加，电解液密度是上升的。

充电和放电的电化学反应是互逆的，故称其为可逆反应，酸性蓄电池也被称为二次电池，可以反复进行充电和放电，以达到长时间的使用。

充、放电过程可以用下式表示：



正	(二 氧化 铅)	电	(硫 酸 液)	负	(纯 铅)	正	(硫 酸 铅)	电	(水)	负	(硫 酸 液)
极				极		极				极	

在充放电过程中，两极板上的物质与电解液间的化学变化是反复进行的，其基本情况可用表 1-5 表示。

表 1-5 蓄电池充放电的变化

工作状态	正极板	负极板	电解液及其密度	
完全充电	二氧化铅	铅	硫 酸	密度增大
↓ 放 电 ↑ 充 电	↓ ↑	↓ ↑	↓ ↑	↓ ↑
完全放电	硫酸铅	硫酸铅	水	密度减小

二、铅蓄电池的寿命

在铅蓄电池的充、放电过程中，由于正、负极板逐渐产生不可逆性的硫酸盐化，使电化学反应自然减退，致使铅蓄电池也具有一定的寿命周期，因而不可能成为永久性化学电源。

铅蓄电池正、负极上的活性物质（ PbO_2 、 Pb ）是进行电化学反应的主要成分。在铅蓄电池放电过程中，正、负极板上的活性物质均逐步转化为硫酸铅，由于硫酸铅体积膨胀，使正、负极板上原来有限的孔隙呈减少趋势，电解液难以渗入极板内层，即仅有 20%~30% 的活性物质参与反应。在此情况下，铅蓄电池已不能满足负载需要，而必须停止使用。

在铅蓄电池充电过程中，正、负极板上形成的硫酸铅质地较硬，不可能全部恢复成原来的活性物质，有一部分留在正、负极板上，形成不可逆性硫酸盐化，使在放电时活性物质参与反应的表面积减少。如此反复，铅蓄电池将无法继续保持原有的额定量，只能因老化而放弃。

为提高铅蓄电池的使用寿命，可通过改进极板栅架的合金配方和减小极板厚度，以提高活性物质的孔隙，减少不参与反应的活性物质。如干荷式起动型铅蓄电池就是对极板进行深化处理后，提高了多孔性，电解液易于渗入极板，使参与电化学反应的活性物质增多。此外，经常对铅蓄电池进行技术指标检测和维护保养，也可延长蓄电池的使用寿命。

第三节 铅蓄电池的充、放电特性及充电法

一、铅蓄电池的放电特性

铅蓄电池的放电特性主要是指在电解液为标准温度和相对密度时，以 0.05A 额定容量的恒定电流放电 20h，单格电池端电压与放电时间的变化规律。图 1-6 是测定蓄电池放电特性的电路。图 1-7 是根据实测数据绘制的放电特性曲线。图中各种参数有如下变化规律：即电解液密度 $\gamma_{15^\circ\text{C}}$ 直线下降，从 1.27 降至 1.11。这是由于放电电流恒定，在单位时间内蓄电池内部活性物质与电解液进行反应的速度是一定的，这时所消耗的硫酸和生成的水与放电时间成线性关系，因而可用测量电解液密度的方法来判断蓄电池的放电程度。通常在 15℃ 时电解液密度 $\gamma_{15^\circ\text{C}}$ 每下降 0.04，则蓄电池约放电 25%（可参考表 1-6）。

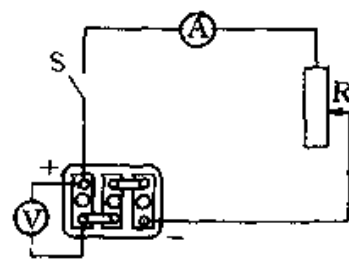


图 1-6 测定蓄电池放电特性的电路

在放电时，蓄电池的端电压 U_t 不断下降，因蓄电池有内阻电压降，故 U_t 总是小于电动势 E 。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，随后又迅速下降到 1.7V，此时应终止放电。再继续放电，电压将急剧降为零，对外不能供电且对蓄电池有害。如切断电流后，可在一段时间逐渐恢复到 1.95V。

蓄电池端电压如此变化的原因，是由于开始接通负载时电池内部产生电化学反应，极板孔隙内的硫酸迅速消耗，水增加，电解液密度降低，引起电动势和端电压迅速下降。此时孔隙内的电解液密度低于容器内电解液的密度，容器内的电解液便向孔隙渗入。当极板孔隙内消耗掉的硫酸和渗入的硫酸相等时，蓄电池的端电压和电动势将随整个容器内电解液密度的降低而缓

慢下降。放电接近终止时，极板的活性物质大部分已转变为硫酸铅积聚在孔隙内，因硫酸铅的体积比原来的活性物质体积大，将极板的孔隙阻塞，使容器内电解液渗入极板内层困难，从而使极板孔隙中的电解液密度迅速下降，蓄电池的端电压和电动势也迅速下降。若不立即停止放电，电压就急剧降到零。

表 1-6 蓄电池放电程度与密度和冰点温度的关系

放电程度	充足电		25%		50%		75%		100%	
	密度 (15℃)	冰点 (℃)	密度 (15℃)	冰点 (℃)	密度 (15℃)	冰点 (℃)	密度 (15℃)	冰点 (℃)	密度 (15℃)	冰点 (℃)
电解液的密度和冰点	1.310	-66	1.270	-58	1.230	-36	1.190	-22	1.150	-14
	1.290	-70	1.250	-50	1.210	-28	1.170	-18	1.130	-10
	1.280	-69	1.240	-42	1.200	-25	1.160	-16	1.120	-9
	1.270	-58	1.230	-36	1.190	-22	1.150	-14	1.110	-8
	1.250	-50	1.210	-28	1.170	-18	1.130	-10	1.090	-6
	1.240	-42	1.200	-25	1.160	-16	1.120	-9	1.080	-5
放电计指示电压 (V)	1.7~1.8		1.6~1.7		1.5~1.6		1.4~1.5		1.3~1.4	

蓄电池是否完全放电，通常可由两个特征量判断：

- (1) 单格电池电压降到放电终止电压（以20h 放电率放电时此值为 1.75V）；
- (2) 电解液密度降到最小许可值（约为 1.11）。允许的放电终止电压与放电的电流强度有关。放电电流越大，则放完电的时间越短，而允许的放电终止电压也越低（见表 1-7，表中 Q_c 为蓄电池的额定容量）。

二、铅蓄电池的充电特性

蓄电池的充电特性主要是指在恒流充电过程中，蓄电池的端电压 U_c 、电动势 E 和电解液密度 $\gamma_{15℃}$ 随时间变化的规律。图 1-8 是测定蓄电池充电特性的电路。图 1-9 是根据实测数据绘制的蓄电池充电特性曲线。

表 1-7 放电电流与终止电压的关系

放电电流 (A)	$0.057Q_c$	$0.1Q_c$	$0.25Q_c$	Q_c	$3Q_c$
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

图中各参数有如下的变化规律：电解液密度 $\gamma_{15℃}$ 是直线上升的，静止电动势 E_1 和端电压 U_c 也不断上升， U_c 总是大于 E_1 ，这是因为加在正、负极桩上的端电压，必须克服电动势 E 和电池

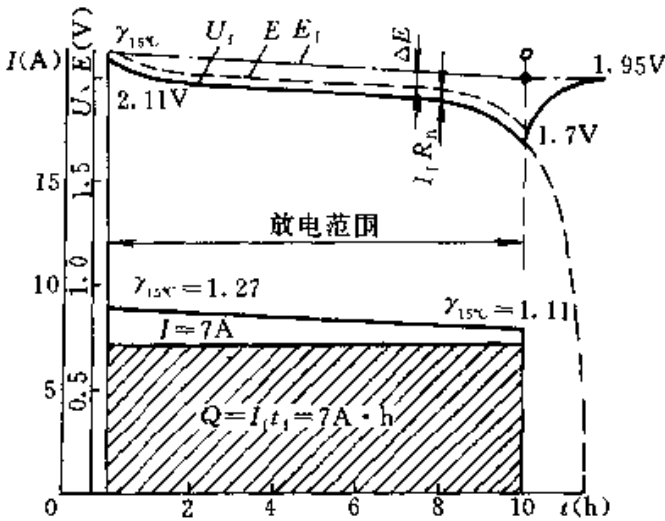


图 1-7 蓄电池放电特性