



21世纪职业教育立体化精品教材

# 汽车电气构造与维修

主 编 谢鹏飞  
编 者 谢鹏飞 杨 龙 周昌彬  
黄 曦



西北工业大学出版社

西 安

**【内容提要】** 本书是汽修类专业课程系列教材中的一本。书中各系统的组成及工作原理知识是本书的重点内容。全书分为绪论、蓄电池、交流发电机及调节器、启动系统、点火系统、汽车照明及信号装置、汽车仪表及报警装置、汽车辅助电器及整车电路,共计9章。在后面部分提供了22个实验项目。通过学习,学生不但能掌握汽车电气系统的构造与工作原理,同时能熟练地在车上指出其位置与功用,对汽车电气知识的学习从理论到实践的认识有着深刻意义。

本书可用作普通高等院校相关专业教材,也可供汽车维修与制造行业技术人员阅读参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车电气构造与维修/谢鹏飞主编. —西安:西北工业大学出版社,2019.8

ISBN 978-7-5612-6564-2

I. ①汽… II. ①谢… III. ①汽车-电气设备-构造-教材 ②汽车-电气设备-车辆修理-教材 IV.

①U472.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第177215号

QICHE DIANJI GOUZHAO YU WEIXIU

汽车电气构造与维修

责任编辑:张 潼

策划编辑:肖 莎

责任校对:李阿盟

装帧设计:易 帅

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号

邮编:710072

电 话:(029)88491757,88493844

网 址:www.nwpu.com

印刷者:天津市蓟县宏图印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:16.75

字 数:386千字

版 次:2019年8月第1版 2019年8月第1次印刷

定 价:44.50元

如有印装问题请与出版社联系调换

最近几年以来,汽车及其相关产业得到了空前的普及与应用,已完全渗透进普通百姓的生活。作为一名汽车维修方面的技术人才,掌握汽车的使用及相关技能迫在眉睫,甚至可以说刻不容缓。

本书以使学生掌握汽车电气内容为主要目标,全书分为9章内容,每章均包含本章课程主要内容、具体知识介绍和习题3个部分。具体知识介绍部分是本书大部分章节的重中之重,书中详细的讲解,让学生循序渐进地掌握相关的知识点,使学生在短时间内学会使用和维护汽车电气设备。

充电系统(第2、3章)版块主要讲述汽车电气设备的两大电源及其相关联系等内容、汽车蓄电池的结构及使用维护、汽车交流发电机的结构及原理、汽车交流发电机的使用与维护等,其中汽车发电机的使用与维修为本版块的重点,使学生们对汽车的主要电源有大致的认识,同时掌握其维修的基本知识。启动系统(第4章)版块主要讲述汽车启动系统的结构及原理、启动系统的使用及维护、启动系统的典型控制电路及相关知识点。本版块的重点是让学生们对汽车的启动系统有相对全面与细致的了解,为以后的维修打下基础。点火系统(第5章)版块主要讲述点火系统的组成、分类,点火原理,点火系统电路连接、故障诊断等。重点让学生掌握点火系统的工作原理、电路连接及故障诊断方法。照明信号系统(第6章)版块主要讲述汽车使用灯具的作用、种类及其控制方法,汽车主要照明灯具及其电路,汽车主要信号灯具及其电路等。重点让学生掌握灯具的使用及维护,掌握汽车照明及信号系统的电路读识。仪表报警系统(第7章)版块主要讲述汽车常用仪表的介绍,其中分为传统仪表的结构及工作原理、数字仪表的结构及工作原理。重点使学生能系统地掌握汽车常用仪表的使用与维护。辅助电器(第8章)版块主要讲述汽车刮水器控制系统,电动车窗、电动座椅控制系统及其电路的组成。重点使学生掌握其使用和故障诊断维修。全车电路(第9章)版块主

要讲述将电源、用电设备按照各自的工作特性和相互内在联系，通过开关导线保险装置系统地连接成一个整体，使学生系统了解全车电路连接。

本书的编写参考了大量的资料和文献，在此向原作者表示诚挚的谢意。由于时间仓促，加上水平有限，书中难免会有疏漏和不足之处，恳请各位读者和业内专家批评指正。

编 者

# CONTENTS

# 目 录

## 第 1 章 绪论 ..... 1

- 1.1 电学基本常识 ..... 1
- 1.2 汽车电气设备的发展概况 ..... 2
- 1.3 汽车电气系统的组成 ..... 3
- 1.4 汽车电气系统的特点 ..... 5
- 1.5 汽车电气故障诊断的基本方法 ..... 6
- 1.6 习题 ..... 6

## 第 2 章 蓄电池 ..... 7

- 2.1 概述 ..... 7
- 2.2 普通铅蓄电池的构造 ..... 10
- 2.3 蓄电池的工作原理 ..... 13
- 2.4 蓄电池的容量及其影响因素 ..... 15
- 2.5 蓄电池的使用维护及检测 ..... 17
- 2.6 蓄电池的故障及其排除 ..... 27
- 2.7 新型蓄电池简介 ..... 28
- 2.8 习题 ..... 30

### 第3章 交流发电机及调节器..... 31

3.1	概述 .....	31
3.2	交流发电机的构造 .....	34
3.3	交流发电机的工作原理 .....	38
3.4	其他常见交流发电机 .....	42
3.5	交流发电机的检测 .....	45
3.6	电压调节器 .....	50
3.7	充电系统的使用与维护 .....	60
3.8	充电系统的故障分析及诊断 .....	61
3.9	习题 .....	62

### 第4章 启动系统..... 63

4.1	概述 .....	63
4.2	启动机的结构 .....	65
4.3	启动机的工作原理与工作特性 .....	72
4.4	启动机的控制电路 .....	75
4.5	启动机的使用、维护与检修 .....	78
4.6	启动系统的故障诊断 .....	84
4.7	其他形式的启动机 .....	85
4.8	习题 .....	90

### 第5章 点火系统..... 91

5.1	概述 .....	91
5.2	传统点火系统的组成及工作原理 .....	93
5.3	传统点火系统的主要元件 .....	98

5.4	传统点火系统的使用、维护及检修	105
5.5	电子点火系统的结构及工作原理	111
5.6	桑塔纳轿车电子点火系统简介	121
5.7	电子点火系统的使用与维修	122
5.8	点火系统的故障诊断	126
5.9	习题	128

## 第 6 章 汽车照明及信号装置 129

6.1	概述	129
6.2	汽车前照灯	131
6.3	其他照明灯具	143
6.4	照明电路举例及故障诊断	145
6.5	汽车信号系统	149
6.6	桑塔纳轿车照明与信号系统	163
6.7	习题	169

## 第 7 章 汽车仪表及报警装置 171

7.1	传统仪表	171
7.2	数字仪表	180
7.3	汽车报警装置	186
7.4	典型汽车组合仪表的维修	191
7.5	习题	196

## 第 8 章 汽车辅助电器 197

8.1	电动风扇	197
8.2	风窗刮水清洁装置	198

8.3	启动预热装置 .....	206
8.4	电动车窗 .....	207
8.5	电动后视镜 .....	210
8.6	电动座椅 .....	211
8.7	习题 .....	215

## 第9章 整车电路 ..... 217

9.1	汽车电气设备电路的组成 .....	217
9.2	汽车电路图的类型与绘制原则 .....	226
9.3	汽车电路图的示例 .....	235
9.4	奇瑞轿车电路图的举例 .....	243
9.5	习题 .....	248

## 附录 汽车电路图常用英文 ..... 249

## 参考文献 ..... 260



# 第1章

## 绪论



### 本章课程主要内容

- 电学基本常识
- 汽车电气设备的发展概况
- 汽车电气系统的组成
- 汽车电气系统的特点
- 汽车电气故障诊断的基本方法

## 1.1 电学基本常识

### 1.1 1. 电位

在汽车电路中，通常用汽车底盘、车架和发动机等作为公共导线(搭铁)，并视其为电路中的参考零点(举例：珠峰海拔以水平面为参考零点)，电路中其他各点所具有的电动势就是以该点为参考点的电位。

### 1.1 2. 电压

电压是指电路中两点间的电位差。通常规定电压的参考点方向为高电位端指向低电位端，即电压的方向为电位降低的方向，其大小取决于电路中两点的选择。另外，电压是对外电路而言的，用字母  $U$  表示。

### 1.1 3. 电动势

电动势是指电路中两点的电位差，是相对于电源内部而言的，表示其他形式的能

量转换成电能的能力。参考方向规定为电源内部低电位端指向高电位端，是电源本身的性质，用字母  $E$  表示。

### 4. 电流

电流是指带电粒子在电路中的定向运动。通常规定正电荷运动的方向为电路中电流的实际方向，用字母  $I$  表示。在分析电流时不但要注意大小，还要注意方向。

### 5. 电阻

电阻可分为固定电阻和可变电阻(电位器)，另外还有一些特殊电阻，如热敏电阻、压敏电阻及光敏电阻(注意，电阻是导体本身所具有的特性，影响因素一般为导体的截面面积、长度以及导体的温度)。

### 6. 电容

电容在电路中常用来保护电路。

### 7. 二极管

二极管具有单向导电性，常见类型有整流二极管、稳压二极管和开关二极管等。

### 8. 晶体管

晶体管由三块半导体(两个 PN 结)结合而成，分为 PNP 型和 NPN 型，具有放大特性和开关特性。

(1)放大特性。

基极电流的微小变化将会引起集电极电流的较大变化(即以微小电流控制较大电流)。

(2)开关特性。

利用基极的电流控制集电极电流的通断。

## 1.2 汽车电气设备的发展概况

(1)20 世纪 50 年代到 1974 年是电子技术发展的初级阶段，主要产品有交流发电机、电子式电压调节器、电子点火控制器和汽车收音机等。

(2)1974—1982 年是电子控制系统快速发展阶段，主要产品有 EFI、ECT、ABS、电控门锁、防盗等。

(3)1982—1995 年，汽车电气设备开始以微机作为控制核心，能实现多种控制功能的计算机集中管理系统，逐步取代以前各自独立的电子控制系统，初步实现了汽车控制技术以普通电子控制向现代电子控制系统的过渡。著名产品有 GM 的 PCM 系统、NISSAN 的 ECCS 系统和 TOYOTA 的 TCCS 系统。

(4)1995 年至今,网络通信技术和超大规模集成电路组成的高速车用微处理器在汽车上的广泛应用,为汽车电子控制从现代电子控制系统向智能化电子控制系统创造了条件。

## 1.3 汽车电气系统的组成

汽车电气系统由电源系统、用电设备和配电装置三部分组成。

### 1. 电源系统

电源系统又称为充电系统,主要包括蓄电池、发电机和调节器,其中发电机为主电源。发电机正常工作时,向全车用电设备供直流电,同时给蓄电池充电。蓄电池的主要作用是发动机启动时向启动机供电,同时辅助发电机向用电设备供电。调节器的作用是使发电机的输出电压保持恒定。

### 2. 用电设备

#### (1)启动系统。

启动系统主要包括串励式直流电动机、传动机构和控制装置,其作用是带动发动机运转,启动发动机。

#### (2)点火系统。

点火系统仅用在汽油机上,包括点火开关、点火线圈、分电器总成和火花塞等,其作用是在气缸中适时地、可靠地产生高压电火花,点燃气缸内的可燃混合气。

#### (3)照明系统。

照明系统包括汽车内、外各种照明灯及其控制装置,用于保证行车安全。

#### (4)信号系统。

信号系统包括声像信号(如扬声器、蜂鸣器、闪光器)和灯光信号(如各种行车信号标识灯),用于保证车辆运行时的人车安全。

#### (5)仪表系统。

仪表系统包括各种电器仪表(如电流表、充电指示灯或电压表、机油压力表、温度表、燃油表、车速及里程表、发动机转速表等),用来显示发动机和汽车行驶中有关装置的运行参数和相关信息。

#### (6)辅助电气系统。

辅助电气系统主要为驾驶员和乘员提供良好的工作条件和舒适的乘坐环境设置的,如电动刮水器、空调器、低温启动预热装置、收录机、点烟器和玻璃升降器等。

#### (7)电子控制系统。

电子控制系统主要分为驱动系统、安全系统、通信系统和舒适系统,如电控燃油

Chapter  
01Chapter  
02Chapter  
03Chapter  
04Chapter  
05Chapter  
06Chapter  
07Chapter  
08Chapter  
09

Appendix

喷射装置、电子点火装置、制动防抱死装置和自动变速器等。

汽车电子控制系统的组成如图 1-1 所示。

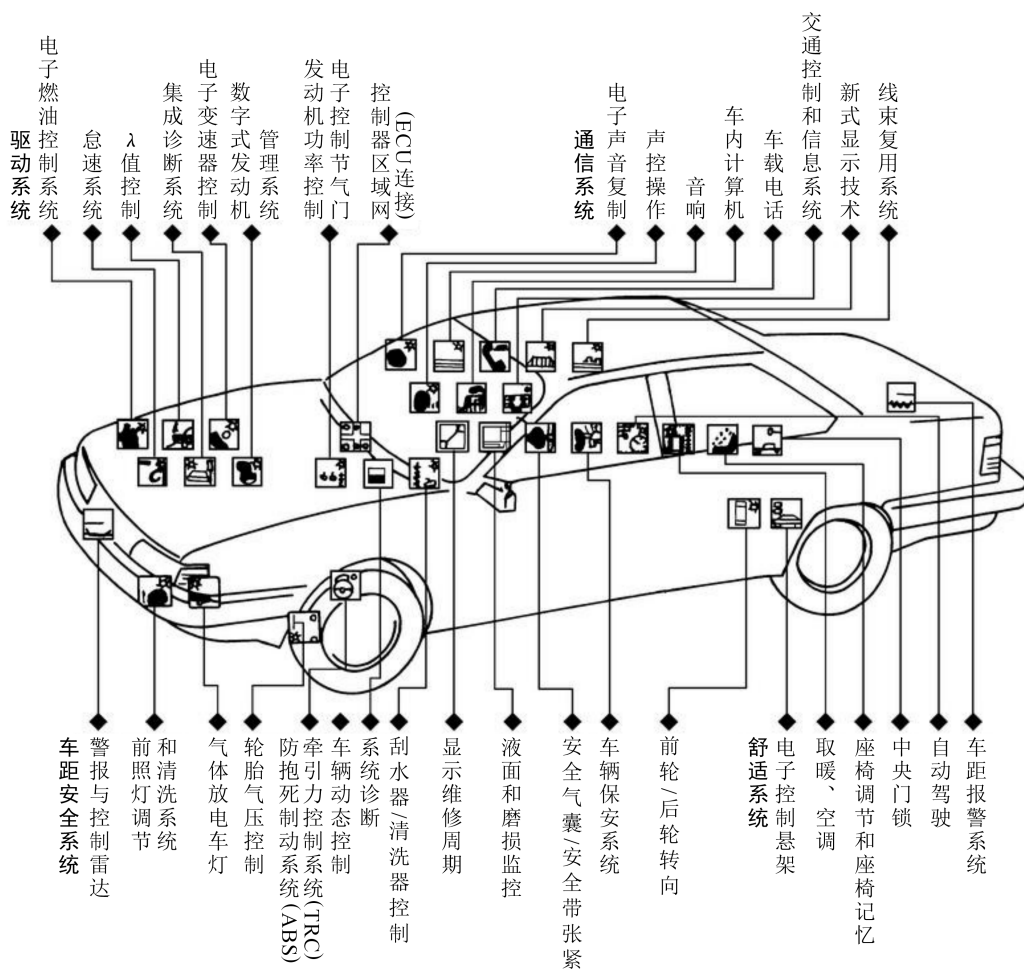


图 1-1 汽车电子控制系统的组成

### 3. 配电装置

配电装置包括中央接线盒、熔断器、继电器、电线束、插接件及电路开关等，其作用是使全车电路构成一个统一的整体。

### 4. 举例

以桑塔纳 2000 型轿车为例，其电气设备布置图如图 1-2 所示。

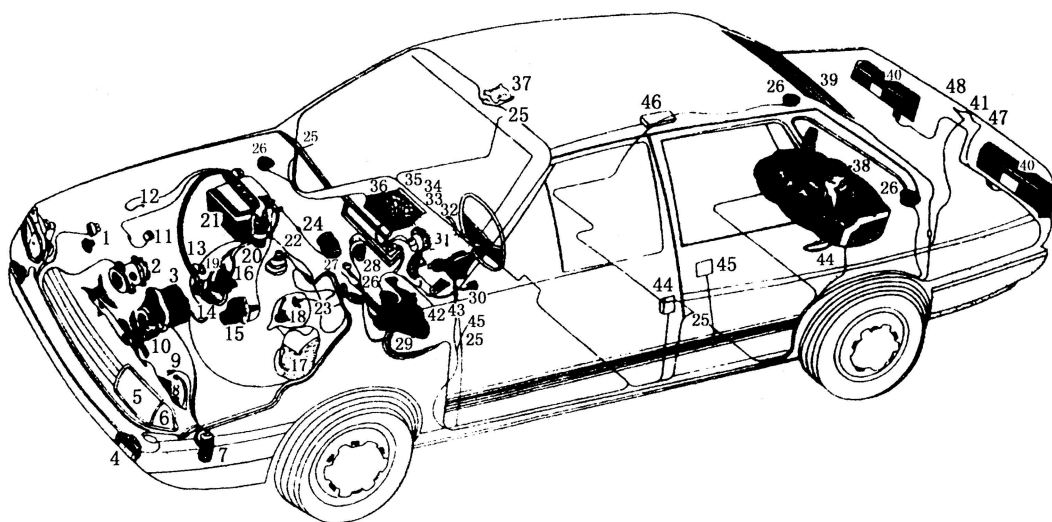


图 1-2 桑塔纳 2000 型轿车电气设备布置图

- 1—双音喇叭；2—空调压缩机；3—交流发电机；4—雾灯；5—前照灯；6—转向指示灯；7—空调储液干燥器；8—中间继电器；9—电动风扇双速热敏开关；10—风扇电动机；11—进气电预热器；12—化油器怠速截止电磁阀；13—热敏开关；14—机油油压开关；15—启动机；16—火花塞；17—风窗清洗液电动泵；18—冷却液液面传感器；19—分电器；20—点火线圈；21—蓄电池；22—制动液液面传感器；23—倒车灯开关；24—空调、暖风用鼓风机；25—车门接触开关；26—扬声器；27—点火控制器；28—风窗刮水器电动机；29—中央接线盒；30—前照灯变光开关；31—组合开关；32—空调及风量旋钮；33—雾灯开关；34—后窗电加热器开关；35—危急警告灯开关；36—收放机；37—顶灯；38—油箱油面传感器；39—后窗电加热器；40—组合后灯；41—牌照灯；42—电动天线；43—电动后视镜；44—中央集控门锁；45—电动摇窗机；46—顶灯；47—后盖集控锁；48—行李舱灯

## 1.4 汽车电气系统的特点

### 1. 两个电源

发电机为主要电源，用于汽车运行时向各用电设备供电和给蓄电池充电；蓄电池为辅助电源，主要提供启动机用电。

### 2. 低压直流

目前汽油车普遍采用 12V 直流电源，柴油车普遍采用 24V 直流电源。

### 3. 并联单线

采用并联使得各电气设备相互独立控制、布线清晰、安装方便。同时把车架、发动机等金属机体连通，作为电气设备的公共连接端(俗称为“搭铁”)。

### 4. 负极搭铁

蓄电池的一个电极接到车体上，俗称为“搭铁”。若蓄电池的负极与车体相接，就称为负极搭铁，反之称为正极搭铁。目前世界上大多数汽车都采用负极搭铁。

Chapter  
01Chapter  
02Chapter  
03Chapter  
04Chapter  
05Chapter  
06Chapter  
07Chapter  
08Chapter  
09

Appendix

## 1.5 汽车电气故障诊断的基本方法

### 1. 感官法

当电子设备发生故障时，会有冒烟、火花、异响、焦臭和温度过高等异常现象，设备内部元件也会因烧毁而变色。因此通过人体的感觉器官听、闻、摸、看对电子设备进行外观检查，进而判断故障所在。

### 2. 替换法

用同规格且性能良好的元器件替换怀疑有故障的元器件，若替换后故障现象消失，则说明被替代的元器件损坏。

### 3. 断路法

将元器件间的插接器断开，观察结果或用万用表测量分析诊断故障。

### 4. 短路法

用导线短接被怀疑的某一器件或某一部分，观察结果，若正常则说明被短接部分有故障。

### 5. 测试法

用万用表或专用仪器测量电路中的电阻、电压和电流等参数，进而分析及判断故障所在。

### 6. 试灯法

将汽车小灯泡或发光二极管制成试灯，对电路的通断进行检测（此方法目前常用来检查汽车电路）。

## 1.6 习 题

1. 汽车电气系统由哪几部分组成？
2. 汽车电气系统有何特点？
3. 两个电源系统哪个是主电源哪个是辅助电源？
4. 汽车上为何采取负极搭铁？

# 第 2 章

## 蓄 电 池

### 本章课程主要内容

- 蓄电池的功用、分类及型号
- 普通铅蓄电池的构造及工作原理
- 蓄电池的容量及其影响因素
- 蓄电池的使用维护及检测
- 蓄电池的故障及其排除方法
- 免维护蓄电池的简介

## 2.1 概 述

汽车上广泛采用的蓄电池由于其极板的主要成分由铅及其氧化物制成，电解液是稀硫酸，所以又称为铅蓄电池。汽车上的蓄电池主要用于启动发动机，又称为启动型铅蓄电池，简称为蓄电池，俗称“电瓶”。



### 2.1.1 蓄电池的功用

汽车蓄电池与发电机并联向全车用电设备供电，如图 2-1 所示。

蓄电池的功用如下：

- (1) 当发动机启动时，向启动机和点火系统(汽油机)提供电源。
- (2) 当发电机电压较低或过载时，协助发电机向用电设备和发电机磁场绕组供电。
- (3) 当发动机不运转或发电机不发电时，向用电设备供电。
- (4) 辅助功能：它相当于一个大电容，能够保持汽车电气系统电压稳定，同时能储存发电机多余的电能。

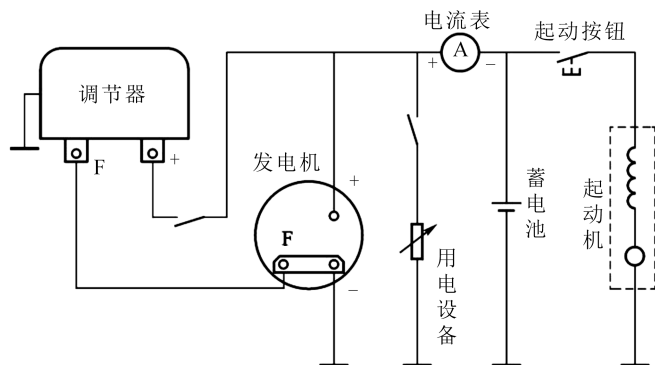


图 2-1 汽车电源及用电设备的连接



### 2.1.2 蓄电池的分类

蓄电池是一种化学电源，靠其内部的化学反应来储存电能或向用电设备供电。目前燃油汽车上使用的蓄电池主要有两大类：铅酸蓄电池（以下简称铅蓄电池）和镍碱蓄电池。同时，由于人们对燃油汽车排放要求的提高和能源危机的冲击，各国正在不断探索和研制电动汽车，其主要的动力源为新型高能蓄电池。表 2-1 列出了各种蓄电池的类型及特点。

表 2-1 蓄电池的类型及特点

类型	优点	缺点	适用车辆
铅蓄电池	结构简单，价格便宜，内阻小，电压稳定，可以短时间供给启动机强大的启动电流	比容量小，使用寿命相对较短	一般车辆
镍碱蓄电池	容量大，使用寿命长，维护简单，能承受大电流放电而不易损坏	活性物质导电性差，价格较高	使用时间长、可靠性高的车辆
电动车蓄电池	比容量大，无污染，充、放电性能好，使用寿命长	结构复杂、成本高	电动汽车

其中铅蓄电池由于结构简单、价格便宜、内阻小、可以短时间供给启动机强大的启动电流而被广泛采用。铅蓄电池又可以分为普通铅蓄电池、干荷电铅蓄电池、湿荷电铅蓄电池和免维护铅蓄电池。各种铅蓄电池的类型及特点见表 2-2。

表 2-2 铅蓄电池的类型及特点

类型	特点
普通铅蓄电池	新蓄电池的极板不带电，使用前需按规定加注电解液并进行初充电，初充电的时间较长，使用中需要定期维护
干荷电铅蓄电池	新蓄电池的极板处于干燥的已充电状态，蓄电池内部无电解液。在规定的保存期内，如需使用，只需按规定加入电解液，静置 20~30min 即可使用，使用中需要定期维护



续表

类型	特点
湿荷电铅蓄电池	新蓄电池的极板处于已充电状态，蓄电池内部带有少量电解液。在规定的保存期内，如需使用，只需按规定加入电解液，静置 20~30min 即可使用，使用中需要定期维护
免维护蓄电池	使用中不需维护，可用 3~4 年不需补加蒸馏水，极桩腐蚀极少，自放电少

另外，不同车型的蓄电池其安装位置也不同，轿车、越野车一般安装于发动机室内(德国的车型，如宝马、奔驰和奥迪等一般安装于行李舱内，奥迪还有安装于后排座椅下的)，面包车一般安装于驾驶员座椅下，客车一般安装于汽车中门侧下方。



### 2.1.3 蓄电池的型号

蓄电池的型号按 JB/T 2599—2012《铅酸蓄电池名称、型号编制与命名方法》规定，国产蓄电池的型号共分为 3 段 5 部分，其产品型号的编制和含义如下：

I

II

III

1. 串联的单格电池数 — 2. 蓄电池类型 | 3. 蓄电池特征 — 4. 额定容量 | 5. 特殊性能

(1) 串联的单格电池数用阿拉伯数字表示。3 表示 3 个单格，额定电压为 6V；6 表示 6 个单格，额定电压为 12V。

(2) 蓄电池类型是根据其主要用途来划分的，如启动用蓄电池代号为“Q”，摩托车用蓄电池代号为“M”，JC 表示舰船用铅蓄电池，HK 表示航空用铅蓄电池。

(3) 蓄电池特征为附加部分，仅在同类用途的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，原则上应按顺序将两个代号并列标志。产品特征代号见表 2-3。

表 2-3 产品特征代号

代号	产品特征	代号	产品特征	代号	产品特征	代号	产品特征	代号	产品特征
A	干荷电	S	少维护	Y	液密式	I	激活式	W	免维护
H	湿荷电	F	防酸式	Q	气密式	D	带液式	J	胶质电解液

(4) 额定容量是指 20h 放电率额定容量，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 表示高启动率电池，S 表示塑料外壳电池。

举例如下：

(1) 3-Q-75：由 3 个单体电池组成，额定电压为 6V，额定容量为 75A·h 的启动用蓄电池。

(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 的启动用干荷电高启动率蓄电池。

(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

Chapter  
01Chapter  
02Chapter  
03Chapter  
04Chapter  
05Chapter  
06Chapter  
07Chapter  
08Chapter  
09

Appendix

启动用干荷电免维护蓄电池。



### 2.1.4 蓄电池的选用

蓄电池在选用时必须注意：

- (1) 电压必须和汽车电气系统的额定电压一致。
- (2) 容量必须满足汽车启动的要求。

## 2.2 普通铅蓄电池的构造

普通铅蓄电池主要由极板、隔板、壳体、电解液、铅质联条和极柱等部分组成，如图 2-2 所示。壳体一般分隔为 3 个或 6 个单格，每个单格均盛装有电解液，插入正负极板组便成为单体电池。每个单体电池的标称电压为 2V，将 3 个或 6 个单体电池串联后便成为一只 6V 或 12V 蓄电池总成。

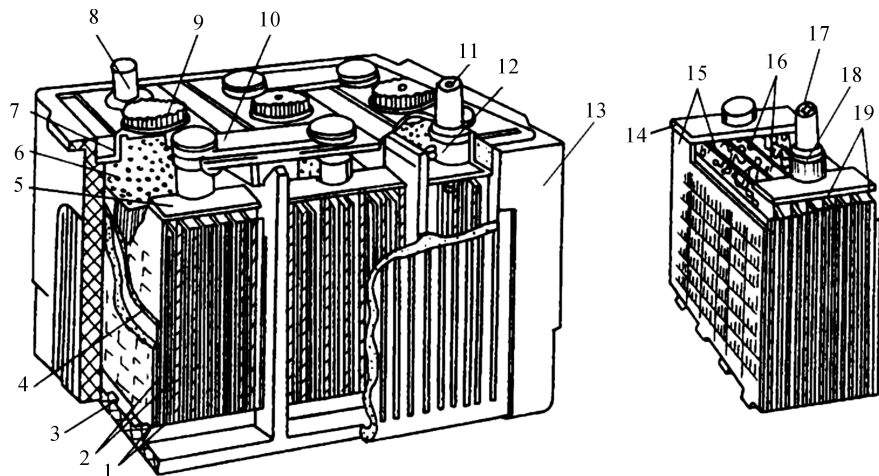


图 2-2 铅蓄电池的结构

- 1、19—正极板；2、15—负极板；3—肋条；4、16—隔板；5、14—横板；6—防护板；7—封口料；  
8—负极桩；9—加液口盖；10—联条；11、17—正极桩；12、18—极桩衬套；13—蓄电池外壳



### 2.2.1 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。极板分为正极板和负极板，均由栅架和活性物质组成。

栅架的作用是固结活性物质。栅架一般由铅锑合金铸成，具有良好的导电性、耐腐蚀性和一定的机械强度。栅架的结构如图 2-3(a) 所示。为了减小蓄电池的内阻，改善蓄电池的启动性能，有些铅蓄电池采用了放射形栅架，图 2-3(b) 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( $\text{PbO}_2$ )，呈深棕色；负极板上的活性物质是海绵

状的纯铅(Pb)，呈青灰色。将活性物质调成糊状填充在栅架的空隙里并进行干燥，即形成极板。目前，国产蓄电池极板厚度在 1.6~2.4mm 范围内。如图 2-4(a)所示，将正、负极板各一片浸入电解液中，可获得 2V 左右的电动势。为了增大蓄电池的容量，常将多片正、负极板分别并联，组成正、负极板组，如图 2-4(b)所示。在每个单格〔见图 2-4(c)〕电池中，正极板的片数要比负极板少一片，这样每片正极板都处于两片负极板之间，可以使正极板两侧放电均匀，避免因放电不均匀造成极板拱曲。

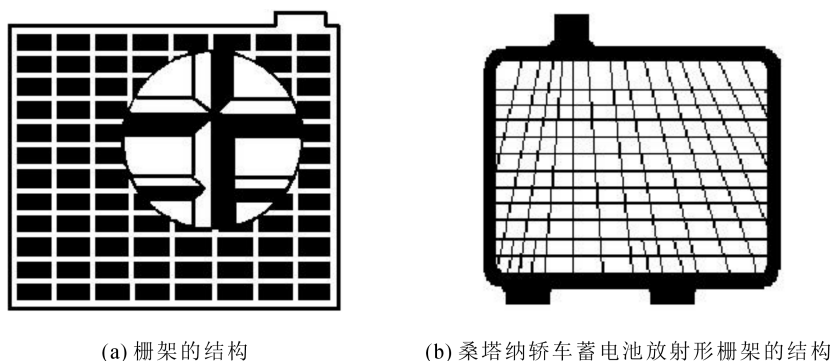


图 2-3 栅架

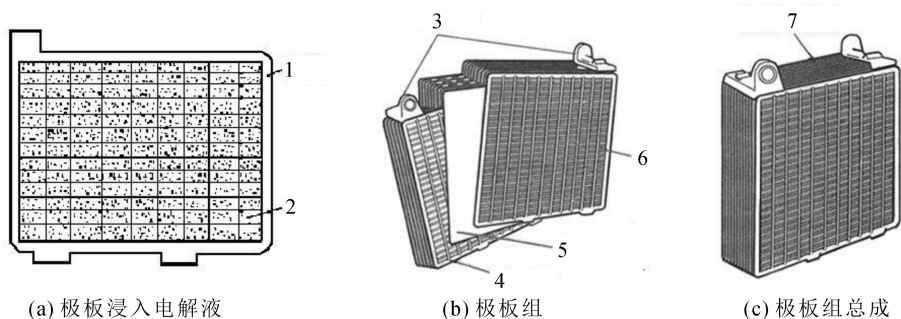


图 2-4 极板及极板组

1—栅架；2—活性物质；3—极板联系；4—正极板；5—隔板；6—负极板；7—极板组总成

### 2.2.2 隔板

为了减小蓄电池的内阻和尺寸，蓄电池内部正负极板应尽可能地靠近；为了避免正、负两极板彼此接触而导致短路，正负极板间用绝缘的隔板隔开。

隔板材料应具有多孔性和渗透性，以利电解液渗透，减小蓄电池内阻，且具有良好的耐酸性和抗氧化性。常用隔板的材料有木质、微孔橡胶、微孔塑料(聚氯乙烯、酚醛树脂)和玻璃纤维等，隔板厚度为 1mm 左右。木质隔板价格低，但耐酸性能差；微孔塑料(聚氯乙烯、酚醛树脂)和微孔橡胶隔板耐酸、耐高温性好，因而使用较多；微孔塑料因其成本低、原材料丰富，因而使用最为广泛。

Chapter  
01Chapter  
02Chapter  
03Chapter  
04Chapter  
05Chapter  
06Chapter  
07Chapter  
08Chapter  
09

Appendix

安装隔板时，带槽的一面应面向正极板，且沟槽必须与外壳底部垂直。因为正极板在充、放电过程中化学反应剧烈，沟槽既能使电解液上下流通，也能使气泡沿槽上升，还能使脱落的活性物质沿槽下沉。

近年来，出现了袋式的微孔塑料隔板，它将正极板紧紧套在里面，起到了良好的分隔作用，既减小了蓄电池尺寸，又增大了极板面积，使蓄电池容量增大。

### 2.2.3 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。电解液由纯硫酸( $H_2SO_4$ )与蒸馏水按一定比例配制而成，其密度一般为  $1.24 \sim 1.30g/cm^3$ 。

电解液的密度对蓄电池的工作有重要影响：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，则黏度增加，反而减小蓄电池的容量，缩短使用寿命。电解液密度应随地区和气候条件而定，表 2-4 列出了不同气候条件下电解液的密度。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。

表 2-4 不同气候条件下电解液的密度

气候条件	完全充足电的蓄电池 25℃ 时电解液的密度/( $g \cdot cm^{-3}$ )	
	冬季	夏季
冬季温度低于 $-40^\circ C$ 地区	1.30	1.26
冬季温度在 $-40^\circ C \sim -30^\circ C$ 的地区	1.28	1.25
冬季温度在 $-30^\circ C \sim -20^\circ C$ 的地区	1.27	1.24
冬季温度在 $-20^\circ C \sim 0^\circ C$ 的地区	1.26	1.23
冬季温度高于 $0^\circ C$ 地区	1.24	1.23

### 2.2.4 壳体

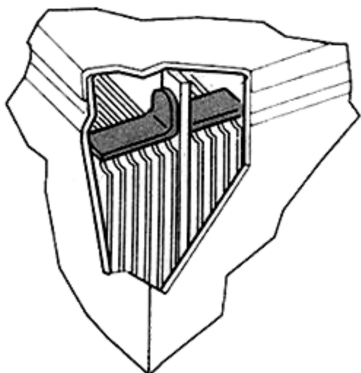


图 2-5 联条

壳体用于盛放电解液和极板组，应该耐酸、耐热和耐振。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，各单格之间用铅质联条串联起来，如图 2-5 所示。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中产生的气体顺利排出。



### 2.2.5 单体电池的串接方式

蓄电池一般都由3个或6个单体电池通过铅连接条串联而成,额定电压分别为6V或12V,单体电池的串接方式一般有传统外露式铅质联条、穿壁式和跨越式三种,如图2-6所示。

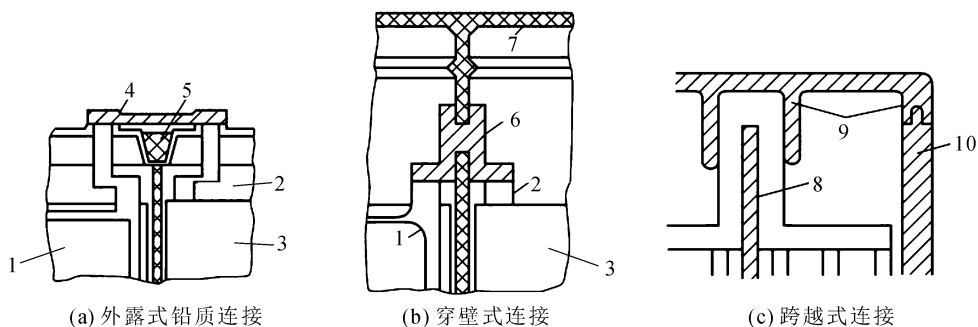


图 2-6 单体电池的串接方式

1—正极板; 2—负极板; 3—隔板; 4—联条; 5—沥青封口;  
6—连接点; 7—密封盖; 8—间壁; 9—黏结剂; 10—电池壳

早期的蓄电池大多采用传统外露式铅质联条连接方式,如图2-6(a)所示。现在的蓄电池大多采用穿壁式或跨越式连接方式。穿壁式连接方式如图2-6(b)所示,它是在相邻单体电池之间的间壁上打孔供铅质联条穿过,将两个单体电池的极板组极柱连焊在一起。跨越式连接如图2-6(c)所示,在相邻单体电池之间的间壁上边留有豁口,铅质联条通过豁口跨越间壁将两个单体电池的极板组极柱相连接,所有铅质联条均布置在整体盖的下面。穿壁式和跨越式连接方式与传统外露式铅质联条连接方式相比,有连接距离短、节约材料、电阻小和启动性能好等优点,因而得到广泛应用。

## 2.3 蓄电池的工作原理

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( $\text{Pb}$ )〕组成的,电解液是硫酸( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )的水溶液。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,相对密度减小。

充电时按相反的方向变化,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。如略去中间的化学反应过程,可表示为



### 2.3.1 铅蓄电池的静止电动势

将铅蓄电池的正、负极板浸入电解液中,正、负极板与电解液相互作用,在正、负极板间就会产生约2.1V的静止电动势。

铅蓄电池的静止电动势 $E_j$ 为

Chapter 01

Chapter 02

Chapter 03

Chapter 04

Chapter 05

Chapter 06

Chapter 07

Chapter 08

Chapter 09

Appendix

$$E_j = 0.85 + \rho_{25^\circ\text{C}}$$

式中： $E_j$ ——静止电动势，即断路电压，V；

$\rho_{25^\circ\text{C}}$ ——基准温度(25℃)时，电解液的相对密度， $\text{g}/\text{cm}^3$ 。

**注意：**实测电解液的相对密度，应转换成25℃时电解液的相对密度，转换关系式为

$$\rho_{25^\circ\text{C}} = \rho_t + 0.00075(t - 25)$$

式中： $\rho_t$ ——实测电解液的相对密度， $\text{g}/\text{cm}^3$ ；

$t$ ——实测电解液的温度，℃。

因为铅蓄电池工作时，电解液密度总是在 $1.12 \sim 1.30 \text{g}/\text{cm}^3$ 范围内变化，所以每个单格电池的电动势也相应地在 $1.97 \sim 2.15 \text{V}$ 范围内变化。



### 2.3.2 铅蓄电池的放电

当铅蓄电池的正、负极板浸入电解液中时，在正、负极板间就会产生约2.1V的静止电动势，此时若接入负载，在电动势的作用下，电流就会从蓄电池的正极经外电路流向蓄电池的负极，这一过程称为放电。蓄电池的放电过程是化学能转变为电能的过程，如图2-7(a)所示。

放电时，正极板上的 $\text{PbO}_2$ 和负极板上的Pb都与电解液中的 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 反应生成硫酸铅( $\text{PbSO}_4$ )，沉积在正、负极板上。电解液中 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 不断减少，密度减小。

化学反应式为



理论上，放电过程可以进行到极板上的活性物质被耗尽为止，但由于生成的 $\text{PbSO}_4$ 沉积于极板表面，阻碍电解液向活性物质内层渗透，使得内层活性物质因缺少电解液而不能参加反应，因此在使用中被称为放完电蓄电池的活性物质利用率只有20%~30%。因此，采用薄型极板、增加极板的多孔性，可以提高活性物质的利用率，增大蓄电池的容量。

蓄电池放电终了的特征如下：

- (1)单格电池电压降到放电终止电压。
- (2)电解液密度降到最小许可值。



### 2.3.3 铅蓄电池的充电

充电时，蓄电池的正、负极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，在电场的作用下，电流从蓄电池的正极流入，负极流出，这一过程称为充电。蓄电池充电过程是电能转换为化学能的过程，如图2-7(b)所示。

充电时，正、负极板上的 $\text{PbSO}_4$ 还原成 $\text{PbO}_2$ 和Pb，电解液中的 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 增多，密度增大。

化学反应式为



当充电接近终了时,  $\text{PbSO}_4$  已基本还原成  $\text{PbO}_2$  和  $\text{Pb}$ , 这时, 过剩的充电电流将电解水, 使正极板附近产生的  $\text{O}_2$  从电解液中逸出, 负极板附近产生的  $\text{H}_2$  从电解液中逸出, 电解液液面高度降低。因此, 铅蓄电池需要定期补充蒸馏水。

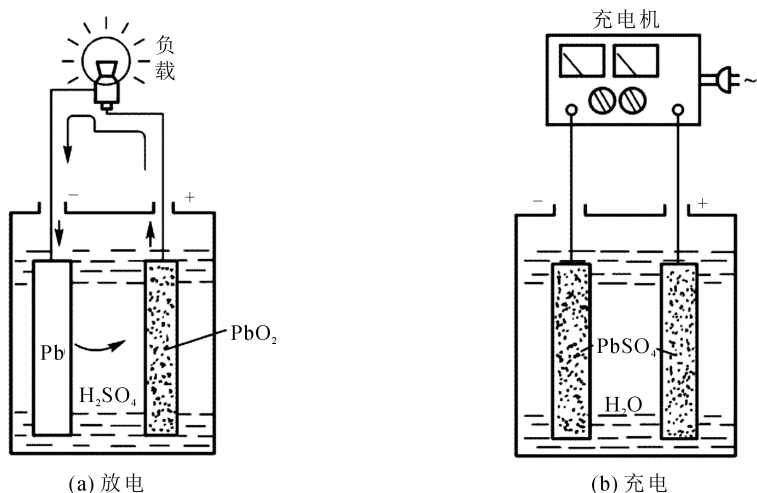


图 2-7 蓄电池的放电、充电

蓄电池充足电的标志如下:

- (1) 电解液中有大量气泡冒出, 呈沸腾状态。
- (2) 电解液的密度和蓄电池的端电压上升到规定值, 且在 2~3h 内保持不变。

## 2.4 蓄电池的容量及其影响因素

### 2.4.1 蓄电池的容量

蓄电池的容量是指在规定的放电条件下, 完全充足电的蓄电池所能放出的电量, 用“ $Q$ ”表示。蓄电池的容量是标志蓄电池对外放电能力、衡量蓄电池质量的优劣以及选用蓄电池的最重要指标。

蓄电池的容量采用  $\text{A} \cdot \text{h}$  来计量, 容量等于放电电流与持续放电时间的乘积, 即

$$Q = I_t t_t$$

式中:  $Q$ ——蓄电池容量,  $\text{A} \cdot \text{h}$ ;

$I_t$ ——放电电流,  $\text{A}$ ;

$t_t$ ——放电持续时间,  $\text{h}$ 。

蓄电池的容量与放电电流、放电持续时间及电解液温度有关。因此, 蓄电池出厂时规定的额定容量是在一定的放电电流、一定的终止电压和一定的电解液温度下取得的。我国国家标准 GB/T 5008.1—2013《启动用铅酸蓄电池技术条件》规定以 20h 放电率额定容量作为启动型蓄电池的额定容量。

#### 1. 额定容量

据国标 GB/T 5008.1—2013《启动用铅酸蓄电池技术条件》规定, 将充足电的新蓄

Chapter  
01

Chapter  
02

Chapter  
03

Chapter  
04

Chapter  
05

Chapter  
06

Chapter  
07

Chapter  
08

Chapter  
09

Appendix

电池,在电解液温度为 $(25\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 的条件下,以20h放电率的放电电流(即 $0.05Q_{20}$ 安培)连续放电至单格电池平均电压降到1.75V(六个单格即在10.5V左右)时,输出的电量称为蓄电池的额定容量,用 $Q_{20}$ 表示,单位为 $\text{A}\cdot\text{h}$ 。

3-Q-90型蓄电池以4.5A( $0.05Q_{20}=0.05\times 90\text{A}=4.5\text{A}$ )的电流连续放电至单格电池平均电压降到1.75V时,若放电时间大于或等于20h,则其容量 $Q=I_f t_f \geq 90\text{A}\cdot\text{h}$ ,达到了额定容量,为合格产品;若放电时间小于20h,则其容量低于额定容量,为不合格产品。

## 2. 储备容量

国际蓄电池协会和美国汽车工程师协会(SAE)规定了另外一种蓄电池容量表示法,即储备容量表示法,我国标准GB/T 5008.1—2013也对储备容量的定义和试验方法做了有关规定。

蓄电池的额定储备容量是指完全充足电的蓄电池,在电解液温度为 $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 时,以25A恒流电流放电至单格电池平均电压降到1.75V[12V蓄电池端电压达 $(10.50\pm 0.05)\text{V}$ ,6V蓄电池端电压达 $(5.25\pm 0.02)\text{V}$ ]时,放电所持续的时间,单位为min。它说明当汽车充电系统失效时,汽车尚能持续提供25A电流的能力。

例如,北京切诺基BJ/XJ213型越野车原装蓄电池58-390型或58-475型,其储备容量分别为75min和82min。

## 3. 启动容量

启动容量表征了铅蓄电池在发动机启动时的供电能力,是检验蓄电池质量的重要指标之一。启动容量受温度影响很大,故又分为低温启动容量和常温启动容量两种。

### (1) 低温启动容量。

电解液在 $-18^{\circ}\text{C}$ 时,以3倍额定容量的电流持续放电至单格电压下降至1V时所放出的电量。持续时间应在2.5min以上。

### (2) 常温启动容量。

电解液在 $30^{\circ}\text{C}$ 时,以3倍额定容量的电流持续放电至单格电压下降至1.5V时所放出的电量。持续时间应在5min以上。

## 2.4.2 影响蓄电池容量的主要因素

蓄电池的容量与很多因素有关,归纳起来可分为两类:一类是与生产工艺及产品结构有关的因素,如活性物质的数量、极板的厚薄、活性物质的孔率等;另一类是使用条件,如放电电流、电解液温度和电解液相对密度等。

### 1. 结构因素

蓄电池极板的表面积越大,极板片数越多,参加反应的活性物质就越多,容量就越大。另外,极板越薄,活性物质的多孔性越好,则电解液向极板内部的渗透越容易,活性物质利用率就越高,输出容量也就越大。

### 2. 使用因素

#### (1) 放电电流。



(2) 电解液温度(见图 2-8)。

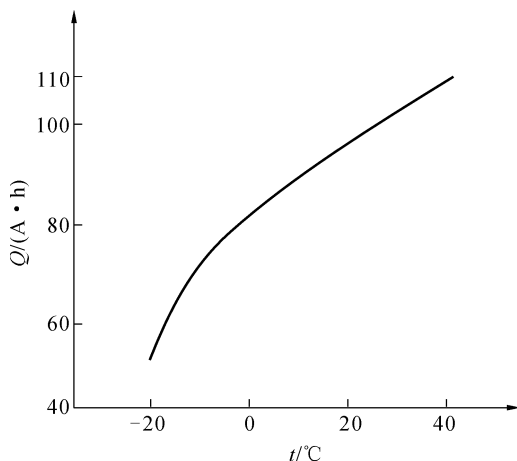


图 2-8 蓄电池容量与电池液温度的关系

(3) 电解液密度。

适当加大电解液的密度, 可加快电解液的渗透速度, 提高蓄电池的电动势和容量。但电解液密度过大, 又将导致黏度增加, 内阻增大, 反而使蓄电池容量减小。

## 2.5 蓄电池的使用维护及检测

实践证明, 蓄电池的电气性能和使用寿命不仅取决于其本身的产品结构和质量, 而且在很大程度上更取决于对蓄电池的使用情况和使用过程中是否对其进行认真、细致的维护。因此, 必须正确使用和做好使用中的维护工作, 才能保证蓄电池特性的正常发挥并延长其使用寿命。

### 2.5.1 蓄电池的使用与维护

#### 1. 蓄电池的储存

(1) 新蓄电池的储存。

未启用的新蓄电池, 其加液孔盖上的通气孔均已封闭, 不要疏通。保管蓄电池时应注意以下几点:

- 1) 存放室温  $5\sim 30^\circ\text{C}$ , 干燥、清洁、通风。
- 2) 不要受阳光直射, 离热源距离不小于 2m。
- 3) 避免与任何液体和有害气体接触。
- 4) 不得倒置或卧放, 不得叠放, 不得承受重压。
- 5) 新蓄电池的存放时间不得超过两年。

(2) 暂时不用蓄电池的储存。

暂时不用的蓄电池采用湿储存方法, 即先充足电, 再把电解液密度调至  $1.24\sim$

Chapter 01

Chapter 02

Chapter 03

Chapter 04

Chapter 05

Chapter 06

Chapter 07

Chapter 08

Chapter 09

Appendix

1.  $28\text{g}/\text{cm}^3$ ，液面调至规定高度，然后将通气孔密封，存放期不得超过半年，其间应定期检查，如容量减小 25%，应立即补充充电，交付使用前也应先充足电。

(3) 长期停用蓄电池的储存。

长期停用蓄电池采用干储存法，即先将充足电的蓄电池以 20h 放电率放完电，然后倒出电解液，用蒸馏水反复冲洗多次，直到水中无酸性，晾干后旋紧加液孔盖，并将通气孔密封，存放条件与新蓄电池相同。

## 2. 启用新蓄电池

首先擦净外表面，旋开加液孔盖，疏通通气孔，注入新电解液，静置 4~6h 后，调节液面高度到规定值，按初充电规范进行充电后即可使用。

干荷电蓄电池在规定存放期(一般为 2 年)内，启用时可直接加入规定密度的电解液，静置 20~30min 后，校准液面高度，即可使用。若超期存放或保管不当损失部分容量，应在加注电解液后经补充充电方可使用。

## 3. 蓄电池的拆装

- (1) 当拆装、移动蓄电池时，应轻搬轻放，严禁在地上拖拽。
- (2) 蓄电池型号和车型应相符，电解液密度和高度应符合规定。
- (3) 安装时，蓄电池固定在托架上，塞好防振垫。
- (4) 极桩涂上凡士林或润滑油，防腐防锈。极桩夹子与极桩要接触良好。
- (5) 蓄电池搭铁极性必须与发电机一致。
- (6) 接线时先接正极后接负极，拆线时相反，以防金属工具搭铁，造成蓄电池短路。

## 4. 蓄电池的维护

(1) 保持蓄电池外表面的清洁干燥，及时清除极桩和电缆夹子上的氧化物，并确定蓄电池极桩上的电缆连接牢固。

清洗蓄电池时，最好从车上拆下蓄电池，用苏打水溶液冲洗整个壳体(见图 2-9)，然后用清水冲洗蓄电池并用纸巾擦干。对蓄电池托架，可先用腻子刀刮净厚腐蚀物，然后用苏打水溶液清洗托架(见图 2-10)，之后用水冲洗并干燥。托架干燥后，涂上防腐漆。

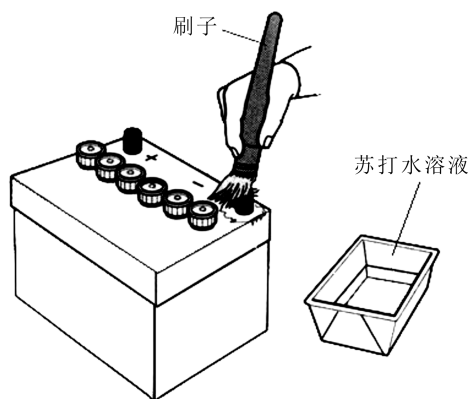


图 2-9 用苏打水溶液冲洗蓄电池

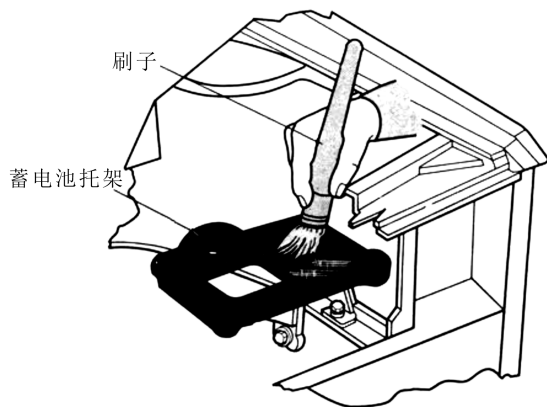


图 2-10 用苏打水溶液清洗蓄电池托架

对极桩和电缆夹子，可先用苏打水溶液清洗，再用专用清洁工具进行清洁，如图2-11所示。清洗后，在电缆夹子上涂上凡士林或润滑油，防止腐蚀。

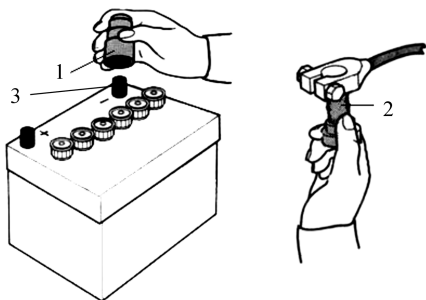


图 2-11 清洗极桩和电缆夹子

1—极桩清洁剂；2—电缆接头清洁剂；3—蓄电池极桩顶端

**注意：**清洗蓄电池之前，要拧紧加液孔盖，防止苏打水溶液进入蓄电池内部。

(2)保持加液孔盖上通气孔的畅通，定期疏通。

(3)定期检查并调整电解液液面高度，液面不足时，应补加蒸馏水。

(4)汽车每行驶 1 000km 或夏季行驶 5~6 天，冬季行驶 10~15 天，应用密度计或高率放电计检查一次蓄电池的放电程度，当冬季放电超过 25%，夏季放电超过 50% 时，应及时将蓄电池从车上拆下进行补充充电。

(5)根据季节和地区的变化及时调整电解液的密度。冬季可加入适量密度为  $1.40\text{g}/\text{cm}^3$  的电解液，以调高电解液的密度(一般比夏季高  $0.02\sim 0.04\text{g}/\text{cm}^3$  为宜)。

(6)当冬季向蓄电池内补加蒸馏水时，必须在蓄电池充电前进行，以免水和电解液混合不均而引起结冰。

(7)冬季蓄电池应经常保持在充足电的状态，以防电解液密度减小而结冰，引起外壳破裂、极板弯曲和活性物质脱落等故障。蓄电池的放电程度与电解液密度及冰点温度的关系见表 2-5。

表 2-5 蓄电池的放电程度与电解液( $25^\circ\text{C}$ 时)密度及冰点温度的关系

充足电		放电 25%		放电 50%		放电 75%		放电 100%	
密度	冰点	密度	冰点	密度	冰点	密度	冰点	密度	冰点
$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$^\circ\text{C}$	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$^\circ\text{C}$	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$^\circ\text{C}$	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$^\circ\text{C}$	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$^\circ\text{C}$
1.31	-66	1.27	-58	1.23	-36	1.19	-22	1.15	-14
1.29	-70	1.25	-50	1.21	-28	1.17	-18	1.13	-10
1.28	-69	1.24	-42	1.20	-25	1.16	-16	1.12	-9
1.27	-58	1.23	-36	1.19	-22	1.15	-14	1.11	-8
1.25	-50	1.21	-28	1.17	-18	1.13	-10	1.09	-6

Chapter  
01

Chapter  
02

Chapter  
03

Chapter  
04

Chapter  
05

Chapter  
06

Chapter  
07

Chapter  
08

Chapter  
09

Appendix



## 2.5.2 蓄电池的技术状态检测

### 1. 外部检查

(1)检查蓄电池密封胶有无开裂和损坏、极桩有无破损、壳体有无泄漏,若有应修理或者更换。

(2)疏通加液孔盖的通气孔。

(3)清洁蓄电池外壳,并用钢丝刷或极柱接头清洗器清洁极桩和电缆夹子上的氧化物,清洁后涂抹一层凡士林或润滑脂。

### 2. 检测蓄电池电解液液面高度

(1)用玻璃管测量法检测蓄电池电解液液面高度,如图 2-12 所示。工具采用内径为 3~5mm 的玻璃管。液面高度标准值为 10~15mm。

(2)用观察液面高度指示线法检测蓄电池电解液液面高度,如图 2-13 所示。正常液面高度应介于两线之间,当液面过低时,应加入蒸馏水补充。

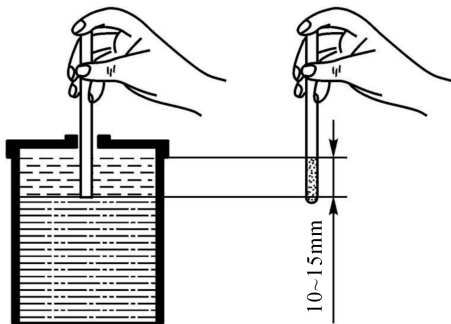


图 2-12 用玻璃管测量法检测  
蓄电池电解液液面高度

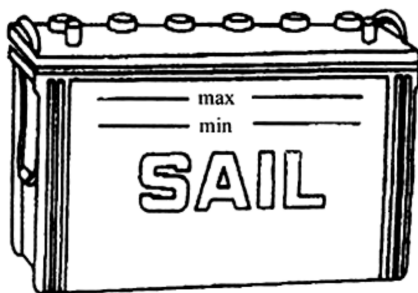


图 2-13 用观察液面高度指示线法检测  
蓄电池电解液液面高度

### 3. 检测蓄电池电解液密度

电解液密度的大小是判断蓄电池容量的重要标志。当测量蓄电池电解液密度时,蓄电池应处于稳定状态,蓄电池充、放电或加注蒸馏水后,应静置 0.5h 后再测量。

用吸式密度计测量电解液密度,如图 2-14 所示。测得的密度值应用标准温度(25℃)予以校正(同时测量电解液温度),不同温度条件下电解液密度的修正值见表 2-6。

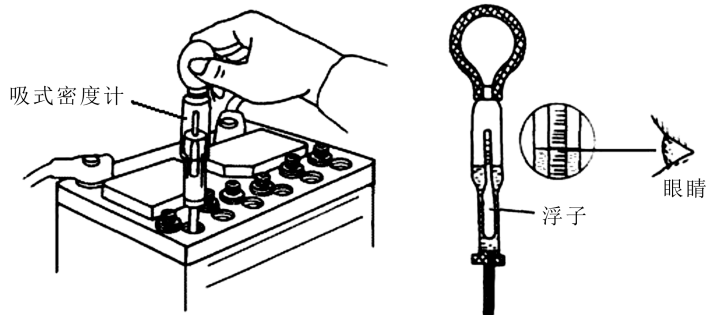


图 2-14 用吸式密度计测量电解液密度

表 2-6 不同温度条件下电解液密度的修正值

电解液温度/( $^{\circ}\text{C}$ )	40	35	30	25	20	15
密度修正值/( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	0.011 3	0.007 5	0.003 7	0	-0.003 7	-0.007 5
电解液温度/( $^{\circ}\text{C}$ )	10	5	0	-5	-10	
密度修正值/( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	-0.011 3	-0.015 0	-0.018 8	-0.025 5	-0.026 3	

通过对各个单格电池电解液密度的测量,可以确定蓄电池是否失效。如果单格电池之间的密度相差  $0.05\text{g}/\text{cm}^3$ ,则该蓄电池失效。

#### 4. 检测蓄电池静止电动势

蓄电池静止电动势超过 25% 时不宜再继续使用,应及时进行补充充电,否则会使蓄电池早期损坏。

当测量蓄电池静止电动势时,蓄电池应处于稳定状态,蓄电池充、放电或加注蒸馏水后,应静置 0.5h 后再测量。蓄电池静止电动势可用万用表的电压挡测量,将万用表的正、负表笔分别与蓄电池的正、负极相接即可。

蓄电池静止电动势可以反映蓄电池的存电程度,它们之间的关系见表 2-7。

表 2-7 蓄电池静止电动势与存电程度

存电状态/(%)	100	75	50	25	0
蓄电池电压/V	12.6 以上	12.4	12.2	12	11.9 以下

#### 5. 负荷试验检测

负荷试验要求被测蓄电池至少存电 75% 以上,若电解液密度低于  $1.22\text{g}/\text{cm}^3$ ,用万用表测得静止电动势不到 12.4V,应先充足电,再进行测试。

(1) 使用高率放电计检测。

高率放电计的结构如图 2-15 所示。高率放电计是模拟启动机工作状态,检测蓄电池容量的仪表。它由一只电压表和一只负载电阻组成。由于在检测时,蓄电池对负载电阻的放电电流可达 100A 以上,所以能比较准确判定蓄电池的容量和基本性能,是目前普遍使用的检测仪表。以 12V 蓄电池为例,使用方法如下:将高率放电计的正、负放电针分别压在蓄电池的正、负极柱上,保持 15s,若电压保持在 9.6V 以上,说明性能良好,若稳定在 11.6~10.6V,说明存电充足,若电压迅速下降,说明蓄电池已经损坏。

**注意:** 此项测量不能连续进行,必须间隔 1min 后才可以再次检测,以防止蓄电池损坏。

(2) 随车启动测试(蓄电池有负荷测试)。

在启动系统正常的情况下,以启动机作为试验负荷。拔下分电器中央高压线并搭铁,将万用表置于电压挡,红、黑表笔分别接在蓄电池的正、负极柱上,接通启动机 15s,读取电压表读数,对于 12V 蓄电池,应不低于 9.6V。

Chapter  
01Chapter  
02Chapter  
03Chapter  
04Chapter  
05Chapter  
06Chapter  
07Chapter  
08Chapter  
09

Appendix

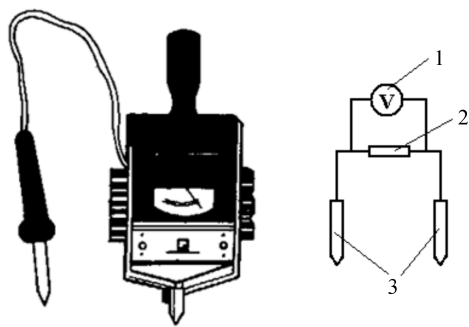


图 2-15 高率放电计的结构

1—电压表；2—负载电阻；3—放电针



### 2.5.3 蓄电池的充电

放电后的蓄电池必须通过充电才能重新投入使用；新蓄电池和修复后的蓄电池在首次使用前必须进行初充电；蓄电池在正常使用过程中为了保持一定容量，延长其使用寿命，还要进行一些必要的补充充电、均衡充电等维护性充电作业。因此，充电作业是保证蓄电池在整个使用过程中技术性能良好、延长其使用寿命的一个重要环节。

蓄电池是直流电源，必须用直流电源对其进行充电。充电时，充电电源的正极接蓄电池的正极，充电电源的负极接蓄电池的负极。

#### 1. 充电设备

##### (1) 硅整流充电机。

目前使用较多的有 GCA 系列硅整流设备，这种变换交流电为直流电的设备，专供汽车运输部门、修理厂或修配站及蓄电池充电站作为蓄电池补充电能用的直流电源。硅整流充电机具有操作简单、体积小、质量轻、维护方便、整流效率高和寿命长等优点。

##### (2) 快速充电机。

用常规的充电机完成一次初充电需 60~70h，补充充电需 20h 左右，由于充电的时间过长给使用带来很大不便。但是，单纯加大充电电流来缩短充电时间是不行的，因为这样不仅在充电时蓄电池达不到额定容量，反而会使蓄电池温升快，产生大量气泡，造成活性物质脱落而影响寿命。快速脉冲充电机采用自动控制电路对蓄电池进行正反向脉冲充电，可提高充电效率，蓄电池补充充电只需 1~2h。

脉冲快速充电机的优点是充电时间短，空气污染小，节电省能等。

##### (3) 充电电源(俗称绑电瓶机)。

充电电源既可用于充电也可作为启动电源使用，通过连接背面两组接柱可对不同电压的蓄电池进行充电(12V 或 24V)，在汽车蓄电池电压不足时可作为启动电源启动发动机。它具有操作简单、输出电流大、充电效率高和寿命长等优点。

## 2. 充电方法

蓄电池的充电方法有常规充电法和快速充电法两种，常规充电法又有定电压充电和定电流充电两种。

### (1) 定电压充电。

在充电过程中，加在蓄电池两端的充电电压保持恒定不变的充电方法，称为定电压充电。

汽车上的蓄电池与发电机为并联，这时对蓄电池的充电即为定电压充电。其特点是充电开始，充电电流很大，随着蓄电池电动势的不断提高，充电电流逐渐减小。充电終了，充电电流将自动减小到零，因而不需要人照管。同时由于定电压法充电速度快，4~5h内蓄电池就可获得本身容量的90%~95%，比定电流充电时间大大缩短，所以特别适合对具有不同容量的蓄电池进行充电。其主要缺点是不能调整充电电流，因而不能保证蓄电池彻底充足电，不适合初充电和去硫化充电。

定电压充电，被充蓄电池常采用并联连接法，如图2-16所示。要求各并联支路的单格电压总数相等，但各蓄电池的型号、容量以及放电程度可不同。

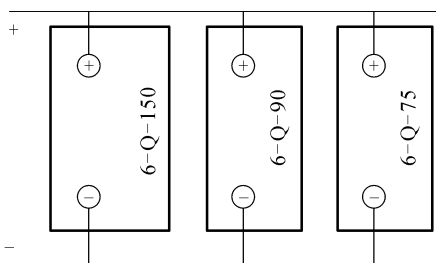


图 2-16 定电压充电

但要注意，并联蓄电池的数目必须由充电设备的最大输出电流来决定。定电压充电电源电压调在蓄电池的总单格数乘以2.5V为宜。

### (2) 定电流充电。

蓄电池在充电过程中，其充电电流保持恒定不变，随着蓄电池电动势的逐步提高，逐步增加充电电压的方法叫作定电流充电。当充到蓄电池单格电压升到2.4V(电解液开始冒气泡)时，再将充电电流减小一半后保持恒定，直到蓄电池完全充足。

在充电工作间使用充电机对蓄电池进行充电时，常采用这种定电流充电法。因为它具有较大适用性，可任意选择和调整电流，适用于各种不同条件(新蓄电池的初充电、使用中的蓄电池补充充电以及去硫充电等)下的蓄电池充电，其主要缺点是充电时间长，需经常人工调节充电电流。

当定电流充电时，被充蓄电池常采用串联法，如图2-17所示，即把同容量的蓄电池串联起来接入充电电源。

连接后，由于充电时每个单格电池充足电需要提供2.7~2.8V电压，故可按下列公式计算出串联的蓄电池单格总数和蓄电池个数，即

$$\text{蓄电池总单格数} = \text{充电机的额定电压} / 2.7$$

Chapter  
01Chapter  
02Chapter  
03Chapter  
04Chapter  
05Chapter  
06Chapter  
07Chapter  
08Chapter  
09

Appendix

蓄电池的总数 = 蓄电池总单格数 / (6V 蓄电池单格总数 + 12V 蓄电池单格总数)

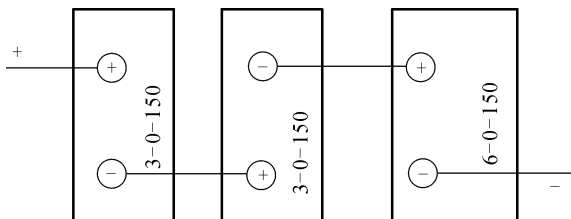


图 2-17 定电流充电

如果被充蓄电池的容量大小不等，可按图 2-18 所示的混联方法连接蓄电池，也就是在接线前先把被充电的蓄电池按容量与放电程度分组，将额定容量相同且放电程度相同的蓄电池串联起来，并使各串联组内单格电池数相等，然后将各串联组并联接到充电电源上。所有各串联支路的蓄电池，其容量最好相同，否则电流必须按容量最小的蓄电池来选定，而容量大的蓄电池不容易充足或充得太慢。

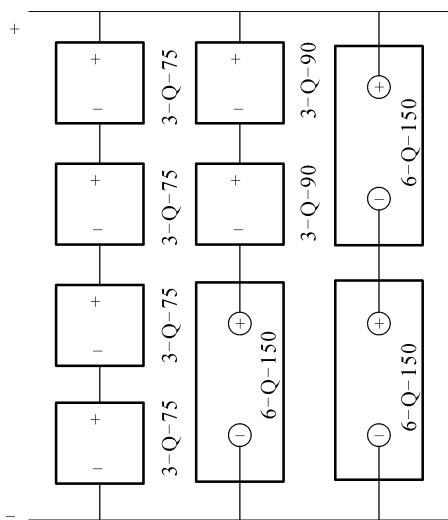


图 2-18 多个蓄电池的混联充电

### (3) 快速脉冲充电。

充电初期采用大电流，使蓄电池在较短的时间内达到额定容量的 60% 左右，当单格电压上升到 2.4V，电解液开始分解冒出气泡时，由于控制电路作用，大电流充电停止。

脉冲期，先停充 24~40ms，接着再放电或反充，使电池反向通过一个较大的脉冲电流，以消除浓差极化和极板孔隙形成的气泡，然后停放 25ms。最后按脉冲期循环充电直到充足(见图 2-19)。



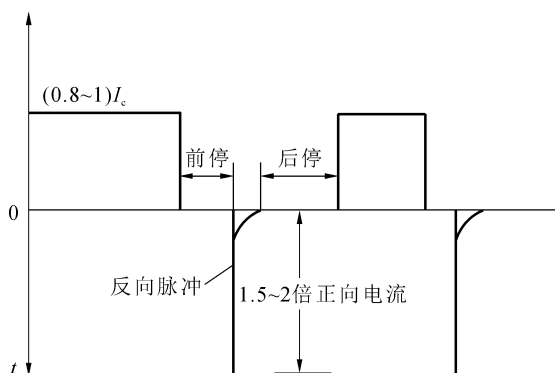


图 2-19 快速充电法的充电电流波形

该充电方法显著的特点是充电速度快，即充电时间大大缩短。补充充电仅需几小时左右。采用这种方法充电的缺点是由于充电速度快，析出的气体总量虽减少，但出气率高，对极板活性物质的冲刷力强，故易使活性物质脱落，因而对极板的使用寿命有一定影响。下列蓄电池不能进行快速脉冲充电：

- 1) 未经使用过的新蓄电池。
- 2) 液面高度不正确的蓄电池。
- 3) 各单格电解液密度不均匀的蓄电池，各单格电压差大于 0.2V。
- 4) 电解液混浊并带褐色(极板活性物质脱落)。
- 5) 极板硫化。
- 6) 充电时电解液温度超过 50℃ 的蓄电池。

### 3. 充电种类

#### (1) 初充电。

初充电是指对新的或更换极板后的蓄电池进行的第一次充电。其操作步骤如下：

- 1) 按蓄电池制造厂的规定和本地区的气温条件，加注一定密度的电解液(加注前，电解液温度不得超过 30℃)，放置 4~6h，使极板浸透，并调整液面高度至规定值。
- 2) 将蓄电池的正、负极分别与充电机的正、负极相连。
- 3) 当采用两阶段恒流充电法充电时，第一阶段充电电流为额定容量的 1/15，待电解液中有气泡冒出、单格电池电压达 2.4V 时，转入第二阶段，将电流减小一半，直至蓄电池充足电为止。

充电过程中应注意测量电解液的温度，当温度超过 40℃ 时，应将电流减半，如温度继续上升达 45℃ 时，应停止充电，待冷却至 35℃ 以下时再充电。

4) 对充好电的蓄电池应检查电解液的密度，如不符合规定，应用蒸馏水或 1.4g/cm<sup>3</sup> 的稀硫酸进行调整，并调整液面高度至规定值。调整后，再充电 2h，直到电解液密度符合规定为止。

不同型号铅蓄电池的初充电电流值见表 2-8。

Chapter  
01Chapter  
02Chapter  
03Chapter  
04Chapter  
05Chapter  
06Chapter  
07Chapter  
08Chapter  
09

Appendix

表 2-8 不同型号铅蓄电池的初充电和补充充电电流值

蓄电池 型号	额定 容量 $Q_{20}$ A·h	额定 电压 V	初充电				补充充电			
			第一阶段		第二阶段		第一阶段		第二阶段	
	电流/A	时间/h	电流/A	时间/h	电流/A	时间/h	电流/A	时间/h		
3-Q-75	75	6	5	30~40	2.5	25~30	7.5	10~12	3.75	3~5
3-Q-90	90	6	6	30~40	3	25~30	9	10~12	4.5	3~5
3-Q-105	105	6	7	30~40	3.5	25~30	10.5	10~12	5.25	3~5
6-Q-60	60	12	4	30~40	2	25~30	6	10~12	3	3~5
6-Q-75	75	12	5	30~40	2.5	25~30	7.5	10~12	3.75	3~5
6-Q-90	90	12	6	30~40	3	25~30	9	10~12	4.5	3~5

### (2) 补充充电。

蓄电池在使用中,如果发现启动机运转无力,灯光比平时暗淡,冬季放电超过25%、夏季放电超过50%,储存不用已近一个月的普通蓄电池,都必须进行补充充电。另外由于汽车上使用的蓄电池进行的是定电压充电,不可能使蓄电池充电充足,为了有效防止硫化,最好2~3个月进行一次补充充电。补充充电具体步骤如下:

1)从汽车上拆下蓄电池,清除蓄电池盖上的脏污,疏通加液孔盖上的通气小孔,清除极桩和导线接头上的氧化物。

2)旋下加液孔盖,检查电解液的液面高度,如果高度不符合规定要求,应添加蒸馏水,但如果确定是电解液溢出导致液面下降,则应用密度为 $1.40\text{g}/\text{cm}^3$ 的稀硫酸调配,电解液液面高出极板上缘10~15mm。

3)用高率放电计检查各单格电压的放电情况,要求蓄电池的各个单格电池读数(电压值)基本一致。

4)将蓄电池与充电机相连。补充充电也分两个阶段:第一阶段的充电电流约为蓄电池额定容量的 $1/10$ ,充至单格电压为 $2.3\sim 2.4\text{V}$ ;第二个阶段的充电电流约为容量的 $1/20$ ,充至单格电压为 $2.5\sim 2.7\text{V}$ ,电解液密度达到规定值,并且在2~3h内基本不变,蓄电池内产生大量气泡,电解液呈“沸腾”状态,此时表示蓄电池电已充足,时间约为15h。

5)将加液口盖拧紧,擦净蓄电池表面,便可使用。

不同型号铅蓄电池的补充充电电流值见表2-8。

### (3) 去硫化充电。

去硫化充电是消除铅蓄电池极板轻度硫化的一种排故性充电。充电方法和步骤如下:

1)将铅蓄电池按20h放电率,放电至单格电池电压降至 $1.75\text{V}$ 为止。

2)倒出电解液,用蒸馏水反复冲洗几次,然后加入蒸馏水至规定的液面高度,用

初充电第二阶段充电电流进行充电，当电解液密度增大到  $1.15\text{g}/\text{cm}^3$  时，再将电解液倒出，加入蒸馏水，继续充电，反复多次，直至电解液密度不再上升为止。

3) 换用正常密度的电解液，按初充电方法将蓄电池充足电。

4) 用 20h 放电率放电，检查容量，若其输出容量可达额定容量的 80% 以上，则可装车使用，若达不到，应更换蓄电池或修理。

#### 4. 充电的注意事项

充电的种类很多，但注意事项基本相同。

(1) 严格遵守各种充电方法的充电规范。

(2) 在充电过程中，要密切观察各单格电池的电压和密度变化，及时判断其充电程度和技术状况。

(3) 在充电过程中，要密切注意蓄电池的温度。

(4) 初充电应连续进行，不能长时间间断。

(5) 当配制和灌入电解液时，要严格遵守安全操作规则和器皿的使用规则。

(6) 充电场所要备用冷水、10% 苏打水溶液或 10% 氨水溶液。

(7) 充电室要安装通风装置，并要严禁明火。

(8) 充电设备不应和蓄电池放置在同一工作间，充电时应先接牢蓄电池线，再打开充电机的电源开关。停止充电时应先切断电源，再拆下蓄电池线。严防产生火花。

## 2.6 蓄电池的故障及其排除

蓄电池常见的故障有极板硫化、活性物质脱落、极板栅架腐蚀、自放电等，其排除方法如下。

### 1. 极板硫化(见表 2-9)

表 2-9 极板硫化

故障特征	<p>极板上生成一层白色粗晶粒的 <math>\text{PbSO}_4</math>，在正常充电时不能转化为 <math>\text{PbO}_2</math> 和 <math>\text{Pb}</math> 的现象</p> <p>(1) 硫化的蓄电池放电时，电压急剧降低，过早降至终止电压，蓄电池容量减小；</p> <p>(2) 蓄电池充电时单格电压上升过快，电解液温度迅速升高，但密度增大缓慢，过早产生气泡，甚至一充电就有气泡</p>
故障原因	<p>(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 <math>\text{PbSO}_4</math> 有一部分溶解于电解液中，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 <math>\text{PbSO}_4</math> 就会重新析出，在极板上再次结晶，形成硫化；</p> <p>(2) 电解液液面过低，使极板上部与空气接触而被氧化，在行车中，电解液上下波动与极板的氧化部分接触，会生成大晶粒 <math>\text{PbSO}_4</math> 硬化层，使极板上部硫化；</p> <p>(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 <math>\text{PbSO}_4</math>；</p> <p>(4) 新蓄电池初充电不彻底，活性物质未得到充分还原；</p> <p>(5) 电解液密度过高、成分不纯，外部气温变化剧烈</p>
排除方法	<p>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，硫化较严重的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</p>

Chapter 01

Chapter 02

Chapter 03

Chapter 04

Chapter 05

Chapter 06

Chapter 07

Chapter 08

Chapter 09

Appendix

## 2. 活性物质脱落(见表 2-10)

表 2-10 活性物质脱落

故障特征	主要指正极板上活性物质 $\text{PbO}_2$ 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, 电解液混浊
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) 汽车行驶中的颠簸振动
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, 应更换新极板和电解液

## 3. 极板栅架腐蚀(见表 2-11)

表 2-11 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, 蓄电池输出容量减小
故障原因	(1) 蓄电池经常过充电, 正极板处产生的 $\text{O}_2$ 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

## 4. 自放电(见表 2-12)

表 2-12 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, 杂质与极板之间以及沉积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蓄电池盖的表面, 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, 应将蓄电池完全放电, 倒出电解液, 取出极板组, 抽出隔板, 用蒸馏水冲洗后重新组装, 加入新的电解液重新充电后使用

## 2.7 新型蓄电池简介

目前, 除了铅蓄电池外, 汽车上经常采用的蓄电池还有干荷电蓄电池、免维护蓄电池、碱性蓄电池和电动汽车用蓄电池等。

### 1. 干荷电蓄电池

在极板组干燥状态下,可较长时间保存制造过程中所得电荷的蓄电池称为干荷电蓄电池。普通铅蓄电池负极板上的活性物质铅,由于面积大,化学活性高,容易氧化而使电量消失。干荷电蓄电池负极板在制造过程中加入松香、油酸和硬脂酸等抗氧化剂,并且在化合过程中有一次深放电循环,或者反复进行充放电。化合后的负极板先用清水冲洗,再放入抗氧化剂(硼酸、水杨酸混合液)中进行浸渍处理,让负极板表面生成一层保护膜,并采用特殊干燥工艺,即可制成干电极板。

干荷电蓄电池的特点是存放期长,可长达两年。在存放期内启用,只要注入标准密度的电解液至规定高度,静置 20~30min 后即可使用,无须初充电,因此极大地方便了用户。对于存放期超过两年的干荷电蓄电池,由于极板有部分氧化,使用前则应以补充充电的电流充电 5~10h 后方可使用。

### 2. 免维护蓄电池

免维护蓄电池又称为 MF 蓄电池。免维护是指在汽车合理使用期间,不需要对蓄电池进行加注蒸馏水、检测电解液液面高度、检测电解液密度等维护作业。与其他铅蓄电池相比,免维护蓄电池具有以下特点:

(1) 栅架材料采用铅钙合金。

(2) 采用袋式微孔聚氯乙烯隔板。

(3) 蓄电池内部安装有电解液密度计(俗称为电眼),可自动显示蓄电池的存电状态和电解液液面的高低。如果密度计的观察窗呈绿色,表明蓄电池存电充足,可正常使用;若显示深绿色或黑色,表明蓄电池存电不足,需补充充电;若显示浅黄色,表明蓄电池已接近报废。

(4) 采用了新型安全通气装置和气体收集器。

图 2-20 所示为免维护蓄电池的结构。

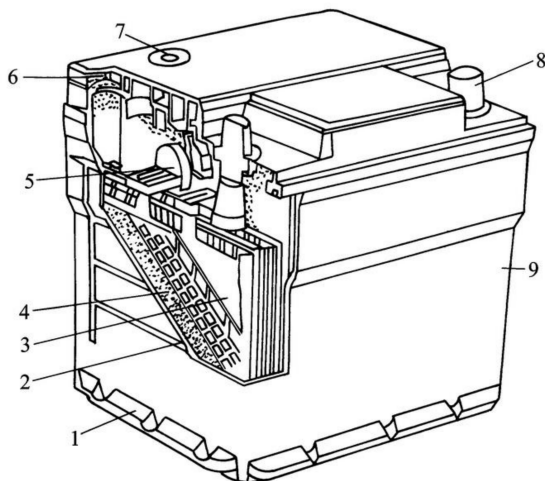


图 2-20 免维护蓄电池的结构

1—下固定槽; 2—铅钙栅架; 3—信封式隔板; 4—活性物质; 5—穿壁联系;  
6—排烟排气阀; 7—内装式密度计; 8—冷锻式接线柱; 9—壳体

Chapter  
01Chapter  
02Chapter  
03Chapter  
04Chapter  
05Chapter  
06Chapter  
07Chapter  
08Chapter  
09

Appendix

### 3. 碱性蓄电池

碱性蓄电池具有质量轻、使用寿命长和自放电少等优点，而且没有铅蓄电池因过充电和过放电而造成活性物质钝化的现象。但是，碱性蓄电池活性物质的导电性差、内阻大，而且价格较高。

碱性蓄电池的典型代表有铁镍蓄电池、镉镍蓄电池和银锌蓄电池等。

### 4. 电动汽车用蓄电池

由于人们对燃油汽车排放要求的提高和石油资源短缺的冲击，世界各国正在不断研制电动汽车，以替代燃油汽车。电动汽车不但可以节约石油，而且可以减少废气与噪声污染，是一种理想的交通运输工具。但目前汽车所用的铅蓄电池由于比容量小，需要经常充电，不宜作为电动汽车的动力源。电动汽车上使用的蓄电池应当符合以下要求：使用寿命长、比容量高、使用持续里程长、质量小、充放电性能好。

目前正在研制的新型高能电池很多，如钠硫电池、燃料电池、锌-空气电池、锂合金电池、镍氢电池等。

图 2-21 所示为我国目前自行研制的比亚迪牌轿车上所采用的电动汽车用电池。



图 2-21 电动汽车电池

## 2.8 习 题

1. 汽车蓄电池的作用是什么？普通铅蓄电池由哪些部分组成？
2. 6-QA-100、6-QW-40 蓄电池的型号含义是什么？
3. 什么是蓄电池额定容量？影响因素有哪些？
4. 对蓄电池的保养与维护包括哪些内容？
5. 蓄电池常见的故障有哪些？
6. 请简述所知道新型蓄电池的类型及特点。