

高等职业技术教育规划教材

汽车电气设备构造与维修

王 勇 主 编
张忠伟 副主编



机械工业出版社
China Machine Press

高等职业技术教育规划教材

汽车电气设备构造与维修

主 编 王 勇
副主编 张忠伟
参 编 林振清 狄春阳 余剑东
主 审 杨海光



机械工业出版社

本书是高职学校汽车类专业的教材之一,主要包括:电源系,起动系,点火系,照明、信号、仪表、报警系,辅助电气设备,全车电路及实验等七章。

本书的特点是基础理论与现代汽车理论相结合,理论教学与实践教学相结合,注重对汽车电气设备维修技术实际能力的培养。可作为高职和中职学校汽车运用与维修专业的教材,也可供汽车运输和修理部门的工程技术人员和汽车电工学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电气设备构造与维修/王勇主编. —北京:机械工业出版社,
2002.7

高等职业技术教育规划教材

ISBN 7-111-10585-0

I. 汽… II. 王… III. ①汽车-电气设备-构造-高等学校:
技术学校-教材②汽车-电气设备-车辆修理-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 050671 号

机械工业出版社 (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: 冉晓华 责任校对: 吴美英
卢若薇

封面设计: 姚毅 责任印制: 闫焱

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm^{1/16}·18.75 印张·462 千字

0 001—3 000 册

定价: 26.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527
封面无防伪标均为盗版

编写说明

随着国民经济的迅速发展,汽车行业已成为我国的支柱产业。近年来,我国汽车保有量迅速增加;同时为满足环保、节能、安全性和舒适性等要求,现代汽车上已采用了许多新结构和新技术,尤其是随着计算机技术、控制技术的发展,各种先进的电控系统在汽车中得到广泛的应用,给汽车的生产、使用和维修等带来了许多新问题。因此,迫切需要与之相适应的职业技术教材,为培养应用型人才服务。

本套教材是由机械职业教育汽车专业教学指导委员会组织编写的,包括7本。它们是《汽车发动机构造与维修》、《汽车底盘构造与维修》、《汽车电气设备构造与维修》、《汽车使用性能与检测》、《汽车材料》、《电控发动机维修》和《汽车自动变速器维修》。本套教材的特点是面向高等职业技术教育,兼顾中等职业技术教育,既有较强的理论性、实践性,又有较强的综合性,并根据高等职业教育的特点,在内容上加强了针对性和应用性,以保证基础、加强应用、体现先进、突出以能力为本位的职业教育特色,力求把传授知识与培养能力有机地结合起来。

本套教材的编者均来自教学第一线,有着丰富的教学经验和扎实的专业知识基础。他们对于当今的教改形势、专业设置等,有着深刻的体会和认识。这些无疑为编写出具有创新性、适用性的高水平教材奠定了良好的基础。

本套教材的编写得到了机械职业教育汽车专业教学指导委员会各委员及相关院校的大力支持,在此表示衷心的感谢。

机械职业教育汽车专业
教学指导委员会
2002年4月

103130-08

前 言

“汽车电气设备构造与维修”是高等职业学校汽车类专业的必修课程。该课程以《电工学》、《工业电子学》等为理论基础，实践性强。其主要是阐述汽车各用电设备的构造、原理、性能、使用与维修等方面的知识。

本教材从培养学生的汽车电气设备维修技术的应用能力出发，从维修的角度将理论与实践有机地结合，注重汽车电气设备维修技术实际能力的培养。本教材的编写是以桑塔纳、捷达、解放 CA1091、东风 EQ1090 等国内常见车型为主，通过理论教学和实践技能训练，使学生系统掌握汽车电气设备的结构、基本原理、使用和维护、检测和调试、故障诊断与排除的基本知识和基本技能，以达到实用的目的。在内容选择上还兼顾了汽车修理工中级技术标准和职业技能鉴定规范。

本教材由高级讲师王勇主编，张忠伟任副主编，林振清、余剑东、狄春阳参加编写。编写分工是：王勇（绪论、第一章、第七章的实验一至实验六），张忠伟（第二章、第七章的实验七至实验十），林振清（第三章、第七章的实验十一至实验十六），余剑东（第四章、第七章的实验十七至实验十八），狄春阳（第五章、第六章、第七章、实验十九、实验二十）。目录中有 * 号的部分为选修内容。

本教材由杨海光任主审。参加审定的有农业部发展中等农业职业教育工作委员会专家组成员、高级讲师齐育斌；长春大学职业技术学院副教授杨延俊，吉林机电工程学校鲁春山。本书在编写过程中得到许多单位、同事和专家的关心和帮助，在此一并致谢。

本书可作为高职和中职汽车类专业教材，也可供汽车运输和修理部门的工程技术人员、汽车电工、汽车修理工和职业技能鉴定培训人员参考。

由于编者水平有限，书中缺点、错误在所难免，望读者批评指正。

编者

目 录

前言

绪论	1
----------	---

第一章 电源系	3
---------------	---

第一节 汽车电源系概述	3
-------------------	---

第二节 蓄电池的构造及型号	3
---------------------	---

第三节 蓄电池的工作原理及 工作特性	8
-----------------------------	---

第四节 蓄电池的容量及影响因素	12
-----------------------	----

第五节 蓄电池的充电方法	14
--------------------	----

第六节 蓄电池的常见故障	19
--------------------	----

第七节 蓄电池的正确使用与维护	21
-----------------------	----

第八节 汽车用新型蓄电池	25
--------------------	----

第九节 交流发电机的构造及类型	26
-----------------------	----

第十节 交流发电机的工作原理 及特性	35
-----------------------------	----

第十一节 交流发电机电压调节器的 原理及类型	38
---------------------------------	----

第十二节 交流发电机及调节器的 正确使用与维护	44
----------------------------------	----

第十三节 交流发电机的检测与维修	48
------------------------	----

第十四节 电源系的故障诊断与排除	52
------------------------	----

习题	56
----------	----

第二章 起动系	57
---------------	----

第一节 起动机的结构及类型	57
---------------------	----

第二节 起动机的的工作原理及 工作特性	62
------------------------------	----

第三节 常见的起动机控制电路	65
----------------------	----

第四节 减速起动机的结构及 工作原理	68
-----------------------------	----

第五节 起动机的正确使用与维护	70
-----------------------	----

第六节 起动机的调整与试验	75
---------------------	----

第七节 起动系的故障诊断与排除	77
-----------------------	----

习题	81
----------	----

第三章 点火系	82
---------------	----

第一节 概述	82
--------------	----

第二节 传统点火系的组成及 工作过程	84
-----------------------------	----

第三节 传统点火系的工作特性 与影响二次电压的因素	88
------------------------------------	----

第四节 传统点火系的主要元件	90
----------------------	----

第五节 传统点火系的技术使用	104
----------------------	-----

第六节 电子点火系	111
-----------------	-----

第七节 电容式电子点火系	128
--------------------	-----

第八节 微机控制点火系	134
-------------------	-----

习题	143
----------	-----

第四章 照明、信号、仪表、

报警系	144
-----------	-----

第一节 汽车照明系	144
-----------------	-----

第二节 汽车信号系	151
-----------------	-----

第三节 汽车仪表系	161
-----------------	-----

第四节 数字式仪表	173
-----------------	-----

第五节 汽车报警装置	177
------------------	-----

第六节 汽车指示灯、警告灯 控制电路	182
-----------------------------	-----

习题	183
----------	-----

第五章 辅助电气设备

第一节 电动刮水器及清洗装置	184
----------------------	-----

第二节 汽车空调系统	190
------------------	-----

第三节 空调系统故障的诊断与 检测	197
----------------------------	-----

第四节 汽车电动车窗、中央门锁、 防盗系统及电动座椅	200
-------------------------------------	-----

习题	209
----------	-----

第六章 全车电路

第一节 汽车电路图符号的表示法	210
-----------------------	-----

第二节 汽车电路图的构成及 标准画法	217
-----------------------------	-----

第三节 典型车型汽车全车电路	222
----------------------	-----

第四节 汽车总电路图实例	227
--------------------	-----

习题	262
----------	-----

第七章 实验

实验一 蓄电池技术状况的检查 与维护	263
-----------------------------	-----

实验二 蓄电池的充电方法	264
--------------------	-----

实验三	发电机及调节器的拆装 与维护	265	实验十四	点火正时的调整	277
实验四	电源系电路的连接	267	实验十五	传统点火系的故障诊断	278
实验五	电源系的故障诊断与排除	267	实验十六	微机控制点火电路的 认识	279
实验六	发电机及调节器的性能 检测	267	实验十七	前照灯的检查与调整	281
实验七	起动机的拆装与维护	269	实验十八	照明、信号、仪表、报警电 路的连接与故障诊断	284
实验八	起动机的性能检测	271	实验十九	指示灯、警告灯、数字显示 仪表电路	287
实验九	减速起动机的拆装	273	实验二十	汽车辅助电器的认识及 故障诊断	287
实验十	起动系的故障诊断与排除	274	实验二十一	全车线路的故障诊断 与排除	288
实验十一	磁脉冲分电器的拆装 与维护	275	参考文献		292
实验十二	点火系元件(火花塞)的 性能测试	276			
实验十三	传统点火系电路的连接	276			

绪 论

汽车发展的历史是一部人类运用现代交通工具的发展史。随着社会的发展,汽车在人类生活中的地位越来越重要,尤其是中国加入 WTO 后,汽车逐渐进入家庭,“汽车化”已经成为当代物质文明与进步的象征,成为一个国家工业发展的重要标志。特别是近十年来,汽车工业更是进入了迅猛发展的新阶段。一方面,汽车电气设备的性能不断完善和提高,从而使现代汽车具有操作灵活、运行可靠、安全省油、减少污染等特点;另一方面,电子技术的迅猛发展使各种车用电子控制装置、驾驶辅助装置、警报安全装置、提高舒适性装置、通信娱乐装置不断增加,极大地满足了汽车用户对汽车高品质、多功能的需求。

未来的汽车设计将朝着环保、节能、操作简单、智能化的方向发展。随着新技术、新材料的不断应用,汽车电气设备将会体积更小、性能更高、维修更简便,更好地满足汽车用户的要求。

21 世纪,汽车电子技术将进入飞速发展的新阶段,将是优化人、汽车与环境的整体性能最为重要的阶段。超微型电子计算机,超高效电动机以及集成电路的大规模微型化,将为汽车的集中控制奠定坚实的基础。

同时,汽车电子控制系统的集中应用,在降低汽车油耗和废气排放污染,提高汽车的动力性、经济性、可靠性和灵活舒适性等方面发挥了不可替代的作用。正因为如此,电子产品在汽车上的应用程度已成为评价汽车质量、性能指标的重要依据。这种“机电一体化”的汽车是汽车应用技术发展的必然趋势。

一、本课程的性质、任务和重要性

本书是高职汽车类专业的“汽车电气设备构造与维修”课程的教材,该课程以《电工学》、《工业电子学》为理论基础,特点是与现代汽车理论相结合、实用性强,并且在教学过程中注重基础理论的课堂教学和实践能力的实验室教学,使理论与实践有机结合,提高教学质量。

“汽车电气设备构造与维修”是汽车类专业的一门重要的专业课。其主要任务是讲解汽车用各种电气设备的构造、原理、性能、使用与维护等方面的内容。

传统的汽车电气设备包括电源、起动、点火、照明、仪表、信号、警报系、辅助电气设备和全车电路等部分组成。而随着电子技术在汽车方面的广泛应用,使汽车电气设备的维修更加复杂。因此作为本专业的学生只有全面系统地掌握汽车电气设备的结构、基本原理、使用与维修、检测与调试、故障诊断与排除等基本知识和基本技能,才能为进一步学习和应用新知识、新技术打好坚实的基础。

二、汽车电气设备的特点

(1) 低压 汽车电气设备系统的额定电压有 12V 和 24V 两种。目前汽油发动机普遍采用 12V,而柴油发动机则多采用 24V。

(2) 直流 汽车发动机是靠电力起动机起动的,他是直流串励式电动机,必须由蓄电池供电,而向蓄电池充电必须用直流电,所以汽车电气设备为直流系统。

(3) 单线制 汽车上所有用电设备均并联。而从电源到用电设备只用一根导线连接，汽车底盘、发动机等金属机体作为另一公共“导线”。由于单线制导线用量少，且线路清晰，安装方便，因此广为现代汽车所采用。

(4) 负极搭铁 采用单线制时，蓄电池一个电极须接至车架上，称“搭铁”。若蓄电池的负极接车架就称“负极搭铁”，反之则称为“正极搭铁”。负极搭铁对车架或车身的化学腐蚀较轻，对无线电干扰较小。根据我国汽车行业的规定，我国汽车电气设备已统一定为负极搭铁。

第一章 电 源 系

第一节 汽车电源系概述

汽车电源系的主要作用是向汽车上各用电设备供电，满足汽车用电需要。汽车电源系主要由发电机以及与发电机匹配的调节器、蓄电池、电流表等组成，如图 1-1 所示。

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储存起来，在用电时将储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工作。他们配合工作的情况如下：

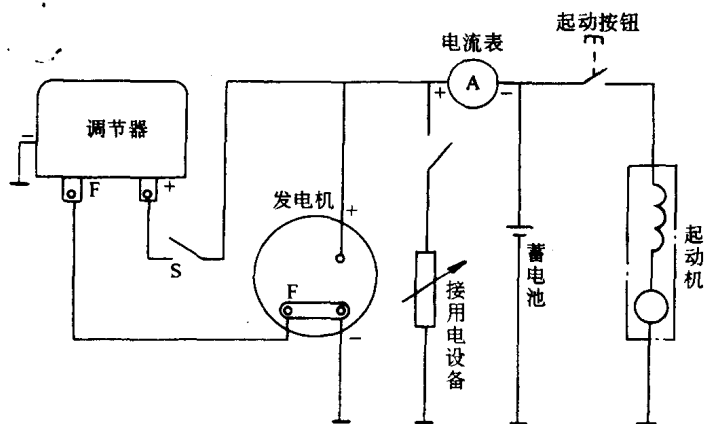


图 1-1 汽车电源系组成

- 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) 当发动机低速运转时，由蓄电池和发电机联合向点火系等各用电设备供电。
- 3) 当发动机正常运转时，发电机电压高于蓄电池电动势，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储存起来。
- 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。

在汽车电源系的组成中，电流表用来指示蓄电池充电或放电电流的大小，调节器的作用是使发电机在转速变化时，能保持发电机的输出电压恒定。现代汽车的电源系统比较复杂，有些车上还装有电源总开关或蓄电池继电器、充电指示灯及继电器、磁场继电器、电压表等。

第二节 蓄电池的构造及型号

汽车上广泛采用的蓄电池由于其极板的主要成分是铅、电解液是稀硫酸所以又称铅酸蓄电池。汽车上的蓄电池主要用于起动发动机，所以又称起动型铅酸蓄电池简称蓄电池，俗称“电瓶”。根据加工工艺的不同，汽车用蓄电池可以分为普通型、干荷电型和免维护型等。

一、蓄电池的构造

（一）普通型蓄电池的构造

普通型蓄电池是在盛有稀硫酸的容器中插入两组铅制极板而构成的电能储存器，其结构如图 1-2 所示。

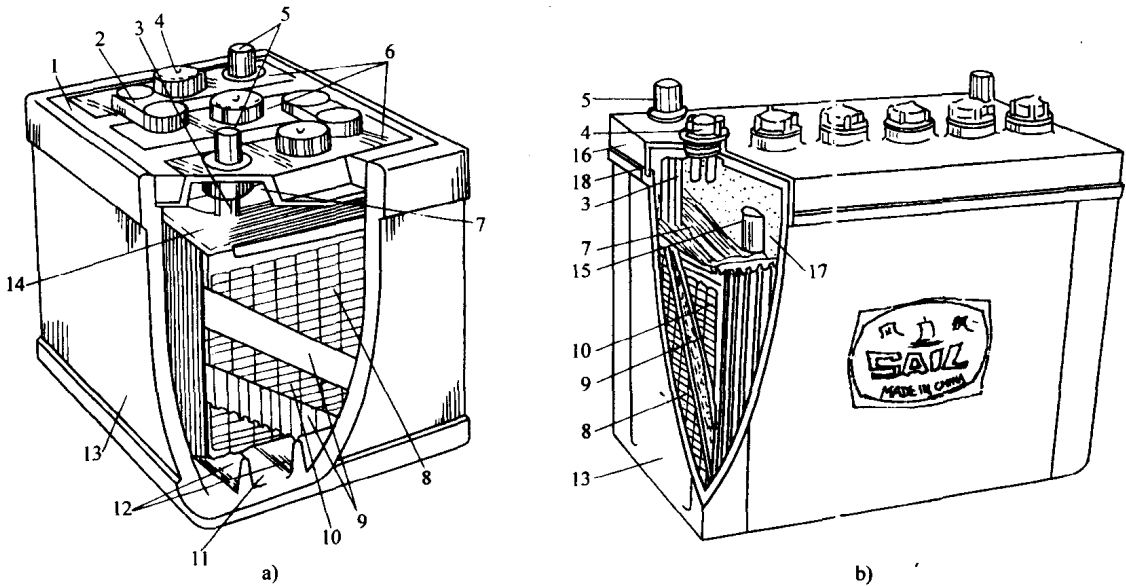


图 1-2 蓄电池的结构

a) 单格盖式 b) 整体盖式

- 1—封口料 2—联条 3—极桩 4—带通气孔的注液口盖 5—极桩接线端 6—单格电池盖 7—防护板
8—负极板 9—隔板 10—正极板 11—沉淀槽 12—垫角 13—外壳 14—横板 15—内穿壁式联条
16—整体盖 17—单格壁 18—熔合缝

1. 极板组

极板组是蓄电池的基本部件，如图 1-2 所示。数片正极板 10 焊接在同一横板上构成正极板组，数片负极板 8 焊接在另一横板 14 上构成负极板组。每个单格中各有一正、负极板组，相互插在一起，使每片正极板都在两个负极板之间，并以隔板 9 隔开，形成一个极板群。

每个极板内都有一铅锑合金铸成的栅架，栅格中填充以活性物质（即能参加电化学反应的物质），负极板的活性物质为多孔性海绵状纯铅，正极板的活性物质是细小结晶形二氧化铅。这些活性物质是在制造厂的化成工序（反复地充放电处理）中形成的。化成后的正极板为褐色，负极板为青灰色。经使用放电后，颜色逐渐变浅，表面被一层细腻而松软的硫酸铅晶粒所覆盖。

因为接受同样的电量所占用正极板的活性物质比负极板多些，所以正极板做得比负极板要厚些。为了充分利用正极板面积，总是使负极板多一片。因此，两组极板插好后，最外面的两片都是负极板，这样，还会使强度差的正极板得到保护。

2. 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。全充电状态下，电解液的密度应符合表 1-1 的推荐值。

3. 隔板

为了减少蓄电池的内阻和体积，正、负极板应尽量靠近但彼此又不能接触而短路，所以

在相邻正负极板间加有绝缘隔板。隔板应具有多孔性，以便电解液渗透，而且应有良好的耐酸性和抗碱性。

表 1-1 适应不同气温的电解液密度

(单位: g/cm^3)

地区气候条件	冬 季	夏 季	地区气候条件	冬 季	夏 季
冬季气温低于 -40°C	1.30	1.26	冬季气温高于 -20°C	1.26	1.23
冬季气温高于 -40°C	1.28	1.24	冬季气温高于 0°C	1.23	1.23
冬季气温高于 -30°C	1.27	1.24			

注: 表内数值为 25°C 时的电解液密度。

隔板有木质、纸质、玻璃纤维、微孔塑料及微孔橡胶等不同材质的。

近年来, 还有将微孔塑料隔板做成袋状, 紧包在正极板的外部, 防止活性物质脱落。

4. 外壳

外壳是用来盛放电解液、极板组和隔板的。汽车用蓄电池电压多为 6V 和 12V 两种规格。6V 蓄电池内分三个单格 (即由两个单格壁将容器分为互不相通的三个小容器), 12V 蓄电池分为六个单格。各单格底部都有垫脚, 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。以免堆积起来, 接触极板, 造成短路。

制造外壳的材料必须能耐酸、耐温、耐寒、抗震, 并具有足够的机械强度。常用的材料有硬质橡胶、沥青塑料和工程塑料等。以前多用硬质橡胶制成。现在国内已普遍采用工程塑料外壳。这种外壳美观透明, 耐酸、抗蚀、重量轻、壁较薄 (一般为 3.5mm 而硬质橡胶为 10mm) 强度高, 是一种较好的外壳材料。

5. 蓄电池盖

蓄电池盖由硬质橡胶或工程塑料压制而成。有每个单格一个电池盖的 (见图 1-2a), 也有各单格共用一个整体式电池盖的 (见图 1-2b)。整体式电池盖的结构形式虽多, 但一般都只留一对极桩孔和与单格数相等的注液口。蓄电池盖与外壳配合严密, 使各单格完全隔开。整体式电池盖的可拆修性较差。

6. 极桩

极桩分为正极桩和负极桩。正极桩用 “+” 表示或涂上红颜色, 负极桩用 “-” 表示, 涂上蓝颜色或不涂颜色。蓄电池极桩用铅锑合金浇铸, 一种极桩形状是圆锥体形状, 正极桩要比负极桩粗些。另外一种极桩形状是孔形。两种极桩适应不同的使用场合。

7. 其他部件

防护板——通常是一片充满小孔的 1mm 厚橡胶板或塑料板。他盖在极板组的上面, 保护极板不被碰伤, 还能防止落入异物使极板短路 (见图 1-2 中 7 所示)。

联条——采用每单格一个盖的蓄电池, 每单格均有一个极桩, 相邻单格同一侧的总是异名极桩 (即一为正极桩, 另一为负极桩)。蓄电池组内各单格为串联连接, 因此需将这些异名极桩连接起来。这些与极桩熔焊在一起的连接板条叫做联条。通常是用铅锑合金铸成的一根两端带孔的长条 (见图 1-2 中 2 所示)。传统的联条是装在盖子上面的。这种连接方式不仅浪费材料, 而且增加电池的内阻, 但拆修和检查单格比较方便。现已逐步被穿壁式连接方式所取代。

封口料——填充在蓄电池盖与外壳之间缝隙里的易熔材料就是封口料 (见图 1-2 中 1 所

示)。其作用是密封间隙,防止电解液溢出。封口料必须耐酸、耐温、耐寒、具有粘性,软化点应高于 100°C ,在零下 60°C 时也不开裂。

工程塑料外壳与整体式盖之间,可以直接加热熔合,不必使用封口料。

注液口盖——加液孔盖可防止电解液溅出。加液孔盖上有通气孔,便于排出蓄电池内的 H_2 和 O_2 ,以免发生事故,如在孔盖上安装氧过滤器,还可避免水蒸气的溢出,减少水的消耗。(见图1-2中4所示)。

(二) 干荷电蓄电池

干荷电蓄电池,与普通蓄电池的区别是极板组在干燥的状态下能够长期保存在制造过程中所得到的电荷,在规定的保存期内(两年)使用,只要加入适当密度的电解液,静置20~30min后,调整电解液至规定密度,调整液面至规定高度,即可使用,不需要初充电。电量为额定容量的80%,是很好的后备电源。现已大批生产,基本上取代了一般普通型蓄电池。

干荷电蓄电池之所以具有这种性能,主要在于负极板的制造工艺与普通蓄电池不同。正极板的活性物质(PbO_2)化学活性比较稳定,其荷电性能可以较长期的保持。而负极板上的活性物质铅(Pb),由于其表面积大,化学活性高,容易氧化,所以在负极板的铅膏中加入松香、油酸、硬脂酸等防氧化剂。在化成过程中,进行一次深放电循环,或锻炼循环,以使深层活性物质活化。之后,清水冲洗,放入防氧化剂溶液,即硼酸、水杨酸混合液,进行浸泡,使负极板生成一层保护膜。最后,进行绝氧干燥、装配、密封。这样,使负极板的抗氧化能力大大提高。干荷电蓄电池,储存期较长。因极板不是浸泡在电解液中,很难形成自放电,干荷电蓄电池的维护,与普通电池基本一样。但如果储存期限已超过两年,因其极板已有部分氧化,交付使用之前,必须补充充电,充电5~10h。

干荷电蓄电池,出厂时因电池内未装硫酸溶液,极大的方便了运输和保管,且一般不需初充电,深受用户欢迎。

(三) 免维护蓄电池

免维护蓄电池又称MF蓄电池,现在越来越多的汽车使用这种蓄电池,这种蓄电池因无酸液外泄、极少发生极柱腐蚀、自放电小,使用和储存时无需进行补充充电。在汽车合理使用过程中不需添加蒸馏水、如短途车可行驶80000km,长途车可行驶400000~800000km,不需进行维护,可用3.5~4年不必加水,总之,在使用过程中不需做任何维护,或只需极少的维护,就可保持蓄电池良好的技术状态和规定的使用寿命。

免维护蓄电池的结构特点

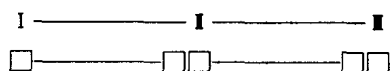
- 1) 极板栅架采用铅钙合金或低锑合金,减少了析气量和耗水量,自放电也大大减小。
- 2) 采用袋式聚乙烯隔板,将极板包住,减小了极板上活性物质的脱落,同时也防止了极板短路。
- 3) 在气孔盖的内部设置了一个氧化铝过滤器,他既可以使 H_2 和 O_2 顺利溢出,又可以防止水蒸气和 H_2SO_4 气体散失,故减小了电解液的消耗。
- 4) 单格电池间的连接条采用穿壁式贯通连接,可减小内阻。
- 5) 采用聚丙烯塑料外壳,底部无肋条,降低了极板的高度,增加了上部的容积,使电解液的储存增多。
- 6) 自带小密度计。由于无加液孔的全封闭免维护蓄电池,无法用吸管式密度计测量电解液密度。特在顶上装一小型密度计,如图1-3所示。

内装式密度计可分为三部分，上部是螺塞，固定用。中部是塑料杆，连接上下部，测量液面高度。下部是一个笼子，内装测密度球，可上下浮动。电解液密度为 1.220g/cm^3 或更高时，相当于存电 65% 以上，球浮至最顶部和塑料棒底部相接触。这时从顶部观察窗口就可看到绿点，表示蓄电池工作状态良好，如图 1-3a 所示。如果看到的深绿色（黑色），表示小球已下降，电解液密度低，蓄电池存电不足，应及时充电，如图 1-3b 所示。当电解液液面下降到球笼底部，则检视孔显示浅黄色或无色，说明蓄电池电压很低，已无法正常工作，应予更换，如图 1-3c 所示。免维护蓄电池结构，如图 1-4 所示。

总之，免维护蓄电池在使用中不需加水，具有放电少、寿命长、起动性能好、接线柱腐蚀小等优点。

二、蓄电池的型号

按照标准 JB/T 2599—1993 的规定，蓄电池产品型号共分为三段，其排列及含义如下：



第一段表示串联的单格蓄电池数，用阿拉伯数字表示，其额定电压为这个数字的 2 倍。

3—表示 3 个单格，额定电压 6V。

6—表示 6 个单格，额定电压 12V。

第二段表示蓄电池的类型和特征，用 2 个汉语拼音字母表示。如第一个字母是 Q 表示起动用铅蓄电池，M 表示摩托车用。第二个字母为蓄电池的特征代号，无字母则表示为普通式铅蓄电池。如

A——干荷电式 W——免维护式
H——湿荷电式 M——密封式

第三段表示蓄电池额定容量和特殊性能，我国目前规定采用 20h

放电率的额定容量，单位为 $\text{A} \cdot \text{h}$ ，用数字表示，特殊性能用字母表示：

G——表示高起动率；

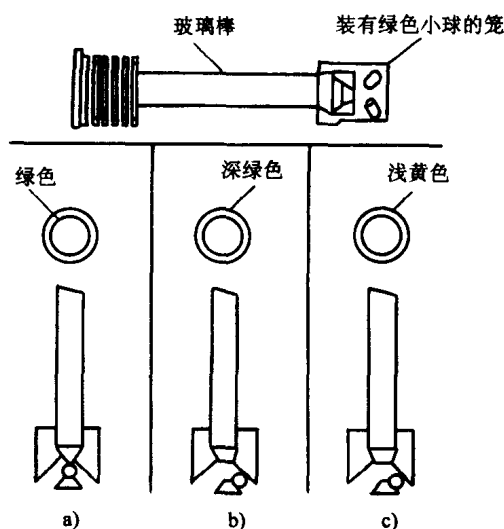


图 1-3 内装式密度计工作示意图

a) 充电程度 65% 或更高 b) 充电程度低于 65%
c) 电解液液面过低

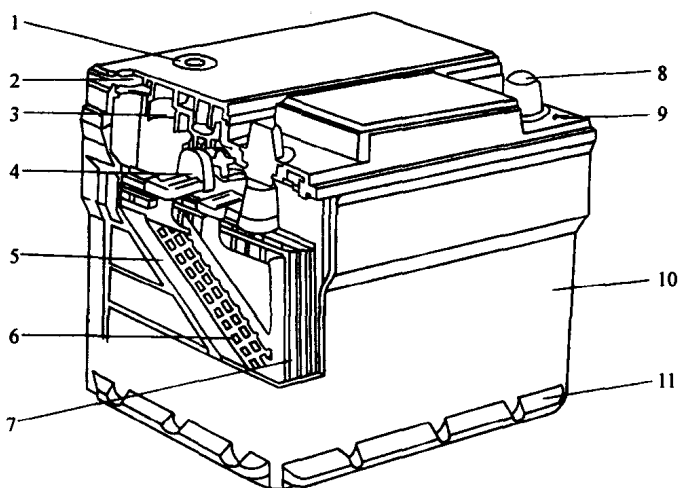


图 1-4 免维护蓄电池结构

1—内装小型密度计 2—壳内起消除火焰作用的排烟孔 3—液-气隔板 4—中心极板连接夹板和单体电池连接器 5—高密度活性物质 6—铅钙栅架上锻制的小窗 7—密封极板的隔板封皮 8—冷锻制成的极柱 9—模压代号 10—聚丙烯壳体 11—用于安装的下滑面

S——表示塑料槽；

D——表示低温起动性能好。

举例 东风牌 EQ1090E 汽车蓄电池型号为 6-Q-105D, 表示该蓄电池由 6 个单格组成, 额定电压 $6 \times 2 = 12$ (V), 20h 放电率的额定容量为 105A·h, 是低温起动性能好的普通起动型蓄电池。

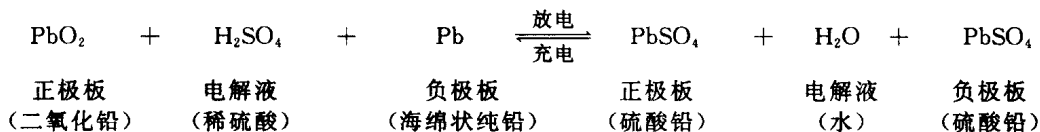
解放牌 CA1091 汽车蓄电池型号为 6-QA-100S, 表示该蓄电池由 6 个单格组成, 额定电压 12V, 额定容量为 100A·h, 采用了塑料整体式外壳的起动型干荷电式蓄电池。

捷达轿车蓄电池型号为 12V, 63A·h, 300A 表示蓄电池由 6 个单格电池串联而成, 额定电压为 12V, 20h 放电率额定容量为 63A·h。低温放电电流为 300A, 是指在电解液温度为 -18°C 下, 以 300A 电流放电 30s 时, 蓄电池电压不低于 9V, 当放电 150s 时, 蓄电池电压不应低于 6V。

第三节 蓄电池的工作原理及工作特性

一、蓄电池的工作原理

蓄电池的极板与电解液之间, 在不同的条件下, 能进行完全相反的电化学反应。一种条件是把充电状态的蓄电池两极间用负载连接起来。这时负载中流过电流, 这叫做放电。另一种条件是把直流电源的正极接在蓄电池的正极上, 直流电源的负极与蓄电池的负极相连, 使直流电源发出的电流强制流过蓄电池, 这叫做充电。蓄电池内部在充电和放电过程中的化学反应方向相反, 即



1. 放电

不论正极板上的二氧化铅还是负极板上的海绵状纯铅, 都是活性物质, 极易与电解液中的硫酸发生反应, 生成硫酸铅。当负极板上的铅与硫酸发生反应时, 每个铅原子都将其两个电子留在极板上成为二价正离子与硫酸根结合成硫酸铅。于是, 极板呈负电性。这种反应会因极板上存留的电子越来越多而逐渐停下来。

正极板上二氧化铅在溶解时, 铅离子缺少四个电子, 呈正四价状态, 只有从极板上带走两个电子, 变成正二价状态才能与硫酸根结合成硫酸铅。因此, 每个铅离子都从极板上带走两个电子, 使极板呈正电性。这种反应会因极板上电子太少而终止。

只有在两极板组之间用导线连接, 让负极板上积存的电子沿导线运动到正极板上来, 不断地填补正极板上电子的不足, 反应才能持续下去。这一放电反应过程, 如图 1-5b 所示。

电子在导线中运动形成电流, 使用电器得到电能, 这便是蓄电池的放电过程。

在放电过程中, 正负极板上的活性物质逐渐变成硫酸铅, 电解液中的硫酸也同时被消耗。反应过程中又生成许多水, 使电解液变稀, 密度变小。可见, 电解液的浓度与放电的程度直接有关, 这就是为什么能用测量电解液密度的方法, 判断蓄电池放电程度的道理。

2. 充电

充电时, 蓄电池接入直流电源, 在极板间的电场作用下, 电解液中的水分子和微溶的硫

酸铅分子均被离解成两半。当硫酸铅分子被离解成铅正离子和硫酸根负离子团时，硫酸根总是带走铅的两个电子而显示负电性；相反，铅因失去两个电子显示正电性。铅正离子在电场作用下被负极板吸引过去，并在负极板上得到直流电源送来的电子，还原成铅原子附着在负极板上，形成一种海绵状纯铅的沉积。硫酸根在电解液中与水分子离解出的氢正离子结合成硫酸分子留在电解液中，使电解液的浓度增高。剩下水分子中的氧负离子被吸引在正极板周围，此时正极板上的硫酸铅也正在被溶解、电离，离解出来的二价铅正离子在极板周围的强电场作用下会再次丢失两个电子变为四价铅正离子，与这里的氧负离子结合成二氧化铅分子，附着于正极板表面。从而，使正极板恢复到充电状态的原状。丢失的两个电子正是正极板捕获的对象，由充电机通过导线将他们强制送到负极板上，满足集聚在那里等待电子的铅正离子的需要，他们得到电子后即变为铅原子，沉积成海面状的负极板铅表层。

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纯铅，电解液中的硫酸浓度不断增加。这就是充电的过程，如图 1-5a 所示。

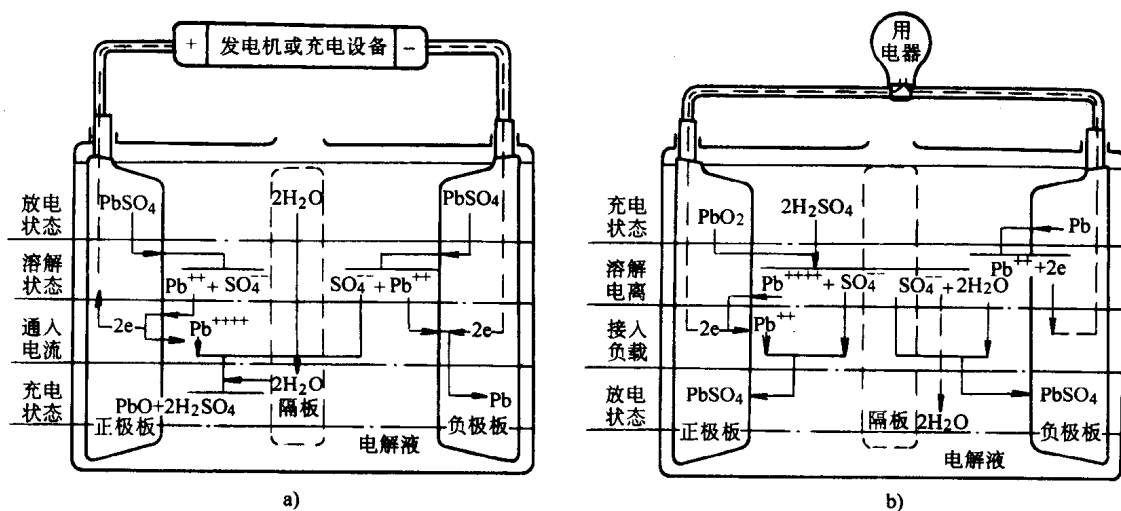


图 1-5 蓄电池中的电化学反应

a) 充电过程 b) 放电过程

蓄电池的这种充电、放电循环，可以反复进行。

二、电动势和内阻

1. 静止电动势

静止电动势是指蓄电池静止状态下正负极板间的电位差，其值取决于电解液的密度和温度。一般静止电动势 E_j 可用以下经验公式表示

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

式中， $\rho_{25^\circ\text{C}}$ 是 25°C 时的电解液密度 (g/cm^3)。

实际测出的电解液密度可由下式换算成 25°C 时的密度

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

式中， ρ_t 是实测电解液密度 (g/cm^3)； t 是实测时的电解液温度； β 是密度温度系数，取 $\beta = 0.0075$ 。

2. 内阻

蓄电池内阻包括极板电阻、隔板电阻、电解液电阻、联条和极柱电阻，用 R_0 表示。电解液电阻与电解液的密度和温度有关，如充足电的 6—Q—75 型蓄电池，当温度为 40°C 时，内阻约为 0.01Ω ，而在 -20°C 时，内阻约为 0.019Ω 。蓄电池的内阻越小，输出电流越大。在正常的使用中，蓄电池的内阻很小，约为 0.011Ω 。因此，蓄电池的放电电流放大，能满足起动的需要。

电解液的电阻与密度有关。电解液在 15°C 、密度为 $1.200\text{g}/\text{cm}^3$ 时电阻最小。因为在该密度下的电解液中， H_2SO_4 离解为 H^+ 和 SO_4^{2-} 的数量最多，电解液的导电能力增大。当电解液的密度过低时， H_2SO_4 的含量少，导电的离子少，导电性能差，电阻也增大。当电解液的密度过高时， H_2SO_4 的离解作用变慢，电解液的粘度也增大，所以电阻值比较大。

三、蓄电池的工作特性

蓄电池工作具有两种特性，他们分别为放电特性和充电特性。

1. 蓄电池的放电特性

蓄电池的放电特性是指恒流放电过程中，蓄电池的端电压 U 和电解液密度 ρ 随时间变化的规律。蓄电池的放电特性曲线，如图 1-6 所示。

由于放电过程中，电流是恒定的，单位时间内消耗的 H_2SO_4 量是相同的，因而电解液密度随时间直线下降。电解液密度每下降 $0.04\text{g}/\text{cm}^3$ ，蓄电池放电 25% 左右。

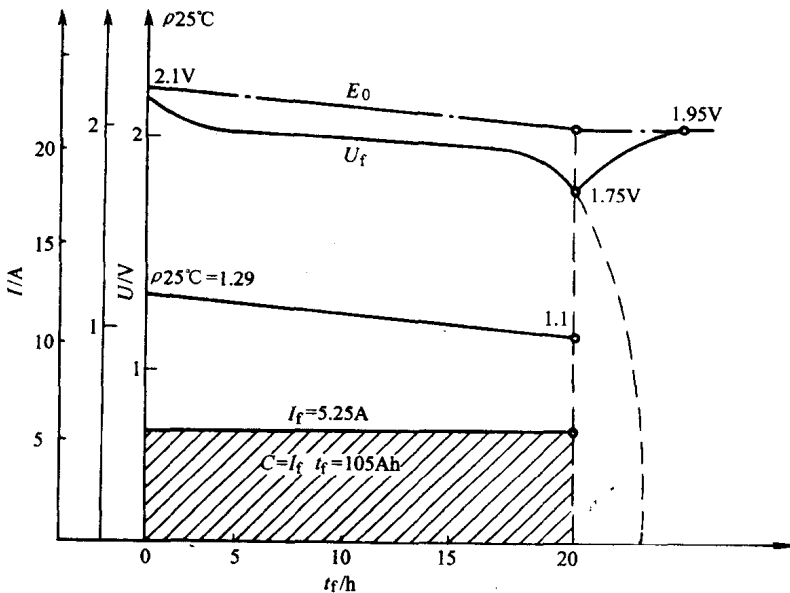


图 1-6 放电特性曲线

放电时，由于蓄电池内阻 R_0 上有压降 $I_f R_0$ ，则蓄电池端电压 U 总小于其电动势 E ，即

$$U = E - I_f R_0$$

从图 1-6 看出，随着放电时间的增长，蓄电池单格端电压将逐渐下降。蓄电池单格端电压的变化规律大致可分为三个阶段：

第一阶段是开始放电阶段（ $2.1 \sim 2.0\text{V}$ ），此段电压下降较快。由于极板孔隙中的硫酸迅速消耗，容器中的电解液不能及时向极板孔隙内渗入引起的。