

QI CHE DIAN QI SHE BEI
YU WEI XIU

中等职业学校汽车运用与维修专业通用教材

汽车电气设备 与维修

主 编 张茂国
副主编 陈建军



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

中等职业学校汽车运用与维修专业通用教材

汽车电气设备与维修

主 编 张茂国
副主编 陈建军



机械工业出版社

本书共六章，内容包括：电源系，起动系，点火系，照明、信号、仪表与辅助设备，汽车空调系统和汽车电路。

本书可作为中等职业学校汽车运用与维修专业的教材，也可作为在职人员培训用书，还可作为汽车维修企业工程技术人员参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车电气设备与维修/张茂国主编. —北京: 机械工业出版社, 2005.8

中等职业学校汽车运用与维修专业通用教材

ISBN 7-111-17101-2

I. 汽... II. 张... III. 汽车—电气设备—车辆修理—专业学校—教材 IV. U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 094335 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: 朱 华 版式设计: 冉晓华 责任校对: 刘志文

封面设计: 王伟光 责任印制: 石 冉

北京中兴印刷有限公司印刷

2005 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm $1/16$ ·16.5 印张·406 千字

0 001—4 000 册

定价: 25.00 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) 68326294

封面无防伪标均为盗版

中等职业学校汽车运用与维修专业通用教材

编 委 会

主 任	林为群					
副 主 任	高玉民	曾 剑	韦弢勇	张子波	么居标	
委 员	王宏基	李敏皓	李 晓	杨桂玲	陈建军	
	张茂国	柳阳明	李洪港	詹红红		
秘 书 长	祖国海					
本 书 主 编	张茂国					
本书副主编	陈建军					
本 书 参 编	王素芳	苑丽梅	马立峰	王世刚	李 婕	
	陶艳花					
本 书 主 审	张吉国					

前 言

本套教材是根据教育部确定的中等职业学校汽车运用与维修专业技能型紧缺人才培养的指导思想编写的,以提高学习者的职业实践能力和职业素养为宗旨,倡导以学生为本位的教育培训理念和建立多样性与选择性相统一的教学机制。通过综合和具体的职业技术实践活动,帮助学生积累实际工作经验,突出职业教育的特色,全面提高学生的职业道德、职业能力和综合素质。

汽车运用与维修专业技能型紧缺人才培养培训的基本原则是:

1. 以全面素质为基础,以能力为本位。
2. 以企业需求为基本依据,以就业为导向。
3. 适应企业技术发展,体现教学内容的先进性和前瞻性。
4. 以学生为主体,体现教学组织的科学性和灵活性。

根据这一指导思想和基本原则,我们组织编写了这套汽车运用与维修专业通用教材。

本套教材具有以下特点:

1. 采用新标准、新规范、新规定。
2. 反映新结构、新材料、新工艺、新知识与新经验。
3. 突出实践,理论与实训比例为 1:1 左右。
4. 教材内容以够用为主,定位准确,难度适宜。

通过本套教材的学习,可以使达到以下要求:

1. 能够了解汽车维修企业的生产过程,具备初步的企业生产经验。
2. 能够分析和解决本专业的一般技术问题,具有初步的工作计划、组织、实施和评估能力。
3. 能够借助工具书阅读一般的专业外文技术资料。
4. 具有良好的人际交流能力、团队合作精神和客户服务意识。
5. 具有安全生产、环境保护以及汽车维修等法规的相关知识和技能。

学生通过对本套教材的学习,完全能掌握必要的本专业理论知识,同时还能达到相应的技能要求,还能够取得相应的职业资格证书,为就业打下良好的基础。

本套教材在编写中,得到很多中职学校、有关工厂企业的关怀和大力支持,在此致以深切谢意。

《汽车电气设备与维修》编写人员具体分工为:第一章由王素芳编写,第二章由苑丽梅编写,第三章由马立峰编写,第四章由王世刚编写,第五章由李婕

编写，第六章由陶艳花编写。本书由张茂国任主编，陈建军任副主编，张吉国任主审。

本书中对引用厂家线路图中的符号原则上不作修改。

中等职业学校汽车运用与维修专业通用教材编委会



前言

绪论	1
----------	---

第一章 电源系

3

第一节 蓄电池	3
---------------	---

第二节 硅整流发电机的构造、原理 及特性	17
-------------------------------	----

第三节 硅整流发电机的检修与 试验	28
----------------------------	----

第四节 电压调节器	33
-----------------	----

第五节 电源系的故障诊断与 使用	40
---------------------------	----

第二章 起动系

44

第一节 起动系概述	44
-----------------	----

第二节 起动机的构造、工作原理与 特性	44
------------------------------	----

第三节 起动机的检修与试验	53
---------------------	----

第四节 起动系的线路联接、故障诊断 与起动预热装置	60
------------------------------------	----

第三章 点火系

70

第一节 传统点火系的组成及工作 过程	70
-----------------------------	----

第二节 传统点火系各部件的构造与 检测	73
------------------------------	----

第三节 传统点火系的检测与故障 诊断	87
-----------------------------	----

第四节 电子点火系概述	92
-------------------	----

第五节 无触点电子点火系	97
--------------------	----

第六节 无机机械提前式点火系	103
----------------------	-----

第七节 无分电器电子点火系	109
---------------------	-----

第四章 照明、信号、仪表与辅助

设备	115
----------	-----

第一节 照明装置	115
----------------	-----

第二节 信号装置	131
----------------	-----

第三节 仪表与电子显示装置	142
---------------------	-----

第四节 车身自动控制机构	165
--------------------	-----

第五节 刮水器、洗涤装置	171
--------------------	-----

第六节 汽车音响及无线电防干扰 装置	178
-----------------------------	-----

第五章 汽车空调系统

183

第一节 汽车采暖装置	184
------------------	-----

第二节 制冷剂及冷冻油	187
-------------------	-----

第三节 汽车制冷系统	189
------------------	-----

第四节 汽车制冷系统主要部件	192
----------------------	-----

第五节 汽车空调制冷系统温度 控制	200
----------------------------	-----

第六节 汽车空调系统安全控制 电路	203
----------------------------	-----

第七节 汽车通风、空气净化与配气 系统	207
------------------------------	-----

第八节 空调系统的检测及维修辅助 设备	210
------------------------------	-----

第九节 空调电路分析	217
------------------	-----

第十节 空调控制系统故障诊断	221
----------------------	-----

第六章 汽车电气线路

224

第一节 汽车线路常用部件及 选用	224
---------------------------	-----

第二节 典型汽车线路图的识读及全车 线路	236
-------------------------------	-----

绪 论

一、汽车电气设备的作用及其发展

汽车是现代社会重要的交通工具,是科学技术发展的具体体现。自汽车生产至今的 100 多年时间里,汽车技术取得了令人瞩目的进步,汽车的发展给整个人类的生活带来了巨大的变化。

随着汽车工业的不断发展,汽车电气设备也迅速发展起来。在早期的汽车上,电气设备只处在附属地位,不但数量少,而且性能低下,仅仅作为辅助设备,完成一些基本的工作任务,因此,它们的自动化程度较低,可靠性比较差。随着电子工业及计算机技术的飞速发展,一些新的电子、计算机及航空技术很快被引用到汽车上,对汽车的安全性、能源利用、污染控制及汽车的舒适性、免维护、智能化等许多方面都起着十分重要的作用。汽车电气设备的发展促进了汽车的进步与发展,电气设备在很大程度上决定了汽车的性能,也标志着汽车的先进性。可以预见,今后汽车的发展将主要是电气设备及自动控制设备的发展,而电气设备的发展方向将使汽车逐步实现自动化和智能化。

二、课程的性质、任务与特点

本课程是汽车维修、汽车驾驶专业的一门专业课。其主要内容包括汽车电气设备的构造、工作原理、使用与维护方法,主要电器的检测与维修,新型电器的结构特点与检修。通过学习达到以下目的:掌握汽车电气设备的构造、工作原理及各大总成的修理和全车线路的分析方法;掌握主要电器的使用、维护、调整方法;熟悉汽车电气设备的检测、维修专用仪器、设备的工作原理,并掌握其使用方法;掌握新型汽车电器的构造特点及检修方法。

本课程具有自己的特点,在学习时应加以注意:

1) 汽车电气设备是以电工、电子学为理论基础的,许多东西是看不见、摸不着的,如果不掌握有关理论,许多内容是无法真正学懂弄通的,因此要重视有关理论的学习,并以理论指导实践。

2) 本课程是汽车维修、汽车驾驶专业的主要专业课,要求我们具有较强的实际操作技能,因此要勤于动手,熟练操作,切实掌握实际操作技能。

3) 要勤于思考,善于将学到的内容与生产、生活实际相结合,并不断归纳、总结,逐步培养举一反三的能力。

4) 汽车电气设备的飞速发展,要求我们将电器新技术、新知识的学习放在重要位置上,要注重培养继续学习的能力。

三、汽车电气设备的构成

现代汽车上的电气设备很多,按照各电器的作用,可将汽车电气系统划分为以下八个子系统。

(1) 电源系(也称充电系) 由蓄电池、发电机与调节器、充电指示装置等组成。其作用是向用电设备提供低压直流电能。

(2) 起动系 包括电力起动机及其控制电路。其作用是在发动机起动时,带动发动机曲轴转动,并使其达到起动转速。

(3) 点火系 用于汽油发动机上,分为传统点火系和电子点火系两种类型。其作用是将

电源提供的低压电变为高压电，及时点燃发动机气缸内的可燃混合气。

(4) 照明系 包括汽车内外的照明灯具及其控制电路。其作用是为车内外提供照明。

(5) 信号系 包括灯光和音响两类信号，是汽车安全性、可靠性的警示或指示信号。其作用是指示车辆行驶趋向，提醒行人或其他车辆，指示汽车操纵部分运行状态，报警运行故障。

(6) 仪表系 主要有水温表、燃油表、气压表、车速里程表、机油压力表、电流表或电压表、发动机转速表等。其作用是显示汽车的运行参数。

(7) 舒乐系 主要包括汽车空调、声像设备、点烟器、电动车窗、电动座椅等。这是为了给驾驶员和乘员提供一个舒适的工作与乘坐环境。

(8) 微机控制系 包括汽车的动力传动控制中心、底盘行驶控制中心、车身控制中心和信息与通信控制中心四部分。其作用主要是解决目前汽车面临的能源、安全、污染三大问题和提高舒适性、方便通信与信息交流。

四、汽车电气设备的特点

汽车电气系统除具有一般电气系统的共性外，还具有以下特点：

(1) 两个电源 即蓄电池与发电机。蓄电池主要是在发动机起动时对起动机提供大电流；发电机则是在发动机正常工作时为用电设备供电，并对蓄电池充电。

(2) 低压直流 汽车电系的标称电压有 6V、12V 和 24V 三个等级，通常以 12V 和 24V 居多。一般汽油发动机汽车电系的标称电压为 12V，柴油发动机汽车电系的标称电压则多为 24V。由于蓄电池的充、放电电流均为直流，所以发电机输出的也是直流电。

(3) 并联单线 汽车电系的用电设备很多，为了使各电器相互独立、便于控制和提高电气线路的可靠性，用电设备和电源间均为并联连接。由于汽车的车架、发动机机体多为金属材料，所以，为了方便布线及电器安装、方便检修和节省导线，将电源及用电设备的一个电极直接接在金属机体上（称为“接地”或“搭铁”），而金属机体作为公共导体使用，将电源与用电设备的另一个电极用导线连接，这就形成了单线制。

(4) 负极接地 这是为了减少蓄电池电缆端子在车架连接处的电化学腐蚀，提高接地的可靠性和统一标准，便于电器的生产、使用与维护，在 QC/T413—1999《汽车电气设备基本技术条件》中规定，汽车电气系统采用单线制时，必须统一将电源负极接地。汽车电气系统框图如图 0-1 所示。

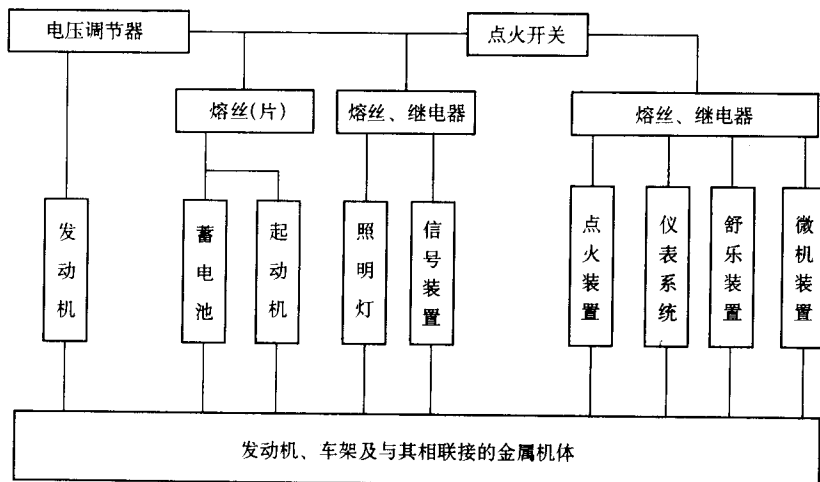


图 0-1 汽车电气系统方框图

第一章 电 源 系

汽车电源系如图 1-1 所示，主要由发电机、电压调节器、蓄电池、电流表等组成。

蓄电池、发电机与汽车用电设备都是并联的。在发动机正常工作时，发电机向用电设备供电并向蓄电池充电；起动时，蓄电池向起动机供电；电流表用来指示蓄电池的充放电状况；电压调节器的作用是使发电机在转速变化时，能保持其输出电压恒定。有些汽车的电源系还装有电源总开关或蓄电池继电器、充电指示灯（放电警告灯）及继电器、磁场继电器、电压表等。

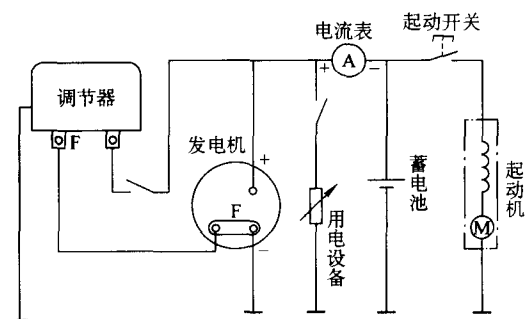


图 1-1 汽车电源系

第一节 蓄 电 池

一、起动用蓄电池的用途、结构与型号

蓄电池是一种储存、释放电能的装置。在放电过程中，蓄电池中的化学能转变成电能，向用电设备供电；在充电过程中，电能被转变成化学能储存起来。

蓄电池的种类很多，按电解液成分不同可分为酸性蓄电池和碱性蓄电池；按电极材料不同可分为铅蓄电池和铁镍、镉镍蓄电池；按用途不同可分为汽车用、蓄电池车（电瓶车）用、电讯用、航标用蓄电池等。目前汽车上广泛采用的是铅酸蓄电池，其电极材料主要成分是铅和铅的氧化物，电解液是硫酸溶液。

汽车上装设蓄电池，主要用于发动机起动时，给起动机提供强大电流，一般可达 200~600A，所以常称之为起动用蓄电池。这种蓄电池的结构有干式荷电型、湿荷电型和免维护型等。

1. 起动用蓄电池的用途

- 1) 在起动发动机期间，向起动系、点火系和其他电气设备供电。
- 2) 当发电机电压低于蓄电池时，向用电设备供电。
- 3) 当发电机超载时，协助发电机供电。
- 4) 在发电机正常工作时，将发电机发出的多余的电能存储起来——充电。
- 5) 蓄电池对整车电系的电压起到了稳定作用，能够缓和电系中的冲击电压，保护汽车上的电子设备。

2. 起动用铅蓄电池的结构

蓄电池由正极板、负极板、隔板、电解液、电池盖、加液孔盖和电池外壳组成，结构如

图 1-2 所示。

(1) 极板 蓄电池极板由栅架和活性物质组成，活性物质一般填充在铅-锡合金铸成的栅架上，如图 1-3 所示。

极板是蓄电池的核心部分，它分正极板和负极板。正极板上的活性物质是深棕色二氧化铅 (PbO_2)，负极板上的活性物质是青灰色海绵状铅 (Pb)。蓄电池充放电过程中，电能和化学能的相互转换，就是依靠极板上活性物质和电解液中硫酸的化学反应来实现的。正、负极板间产生的电动势大约为 2.1V。

在栅架的铅-锡合金中，锡的质量分数为 6%~8.5%，加锡是为了提高栅架的机械强度并改善浇铸性能。但铅-锡合金耐电化学腐蚀性能比纯铅差，锡易从正极板栅架中解析出来，引起蓄电池自行放电和栅架的膨胀、溃烂，从而缩短蓄电池的使用寿命。在少维护和免维护蓄电池中已采用低锡-铅合金栅架（锡的质量分数为 2%~3%）和铅-钙-锡合金栅架（无锡栅架）。

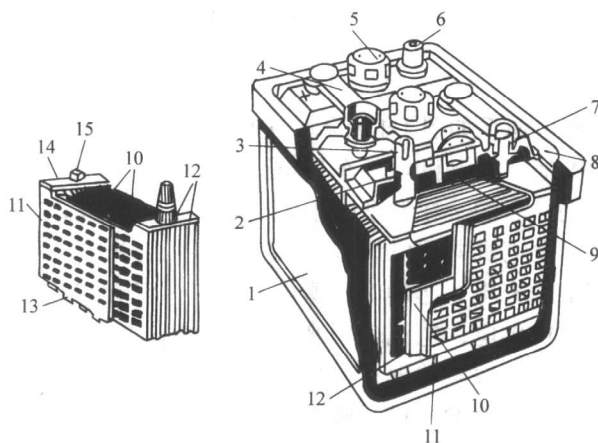


图 1-2 蓄电池的结构

- 1—蓄电池外壳 2—封闭环 3—正极柱 4—连接条 5—加液孔盖
6—负极柱 7—电池盖 8—封料 9—护板 10—隔板 11—负极板
12—正极板 13—支承凸起 14—横板 15—连接柱

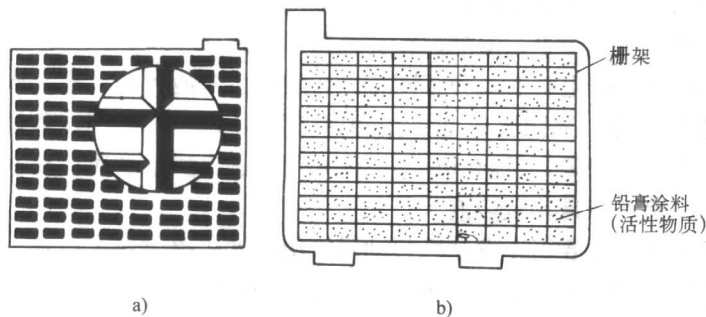


图 1-3 极板的构造

a) 栅架 b) 极板

由于单片极板上的活性物质数量少，所存储的电量少，所以为了增大蓄电池的容量，通常将多片正、负极板分别并联，用横板焊接，组成正、负极板组，如图 1-4 所示。

横板上连有极柱，各片间留有间隙。安装时，正、负极板相互嵌合，中间插入隔板。在每个单格电池中，负极板的数量总比正极板多一片。例如东风汽车所用 6-Q-105 型蓄电池，每单格中正极板为七片，负极板为八片。这样正极板都处于负极板之间，使其两侧放电均匀，否则由于正极板的机械强度差，工作时化学反应剧烈，单面工作会使两侧活性物质体积变化不一致，而造成极板拱曲，活性物质脱落。

技术性能较高的蓄电池极板都比较薄且多孔性好，这样既可以减小蓄电池的体积，又可以使电解液比较容易渗入到极板内部，增加蓄电池的容量。

(2) 隔板 隔板放置在正、负极板之间，以避免正、负极板之间接触而短路，隔板应具有多孔性，以便电解液渗透，且化学稳定性要好，具有耐酸和抗氧化性。目前使用隔板的材料有微孔橡胶、微孔塑料等。

微孔橡胶隔板性能好，寿命长，但生产工艺复杂、成本较高。微孔塑料隔板孔径小、孔率高、薄而软，生产效率高、成本低，因此目前被广泛使用。

安装时，隔板带沟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沟通，也能使气泡沿沟槽上升，还能使脱落的活性物质沿沟槽下沉。

免维护蓄电池通常将隔板做成所谓的袋式隔板，将正极板装入，可以起到良好的分隔作用。

(3) 电解液 电解液是蓄电池内部发生化学反应的主要物质，由化学纯净硫酸和蒸馏水按一定的比例配制而成。水的密度为 $1.00\text{g}/\text{cm}^3$ ，硫酸的密度为 $1.84\text{g}/\text{cm}^3$ ，两者以不同的比例混合后形成不同密度的电解液。

电解液的相对密度一般为 $1.24\sim 1.30\text{g}/\text{cm}^3$ ，密度的选择应根据地区差异、气候条件和制造厂的要求而定（见表 1-1）。

表 1-1 不同地区和气候条件下电解液的相对密度

气候条件	完全充足电的蓄电池在 25°C 时的电解液相对密度 $/(\text{g}/\text{cm}^3)$	
	冬季	夏季
冬季温度低于零下 40°C 的地区	1.30	1.26
冬季温度在零下 40°C 以上的地区	1.28	1.24
冬季温度在零下 30°C 以上的地区	1.27	1.24
冬季温度在零下 20°C 以上的地区	1.26	1.23
冬季温度 0°C 以上的地区	1.23	1.23

使用中应注意，电解液的腐蚀性极强，溅到皮肤上或眼睛里会使人受伤。如果接触了蓄电池酸液要立即用苏打水冲洗，酸液溅到眼睛里要立即用凉水或医用冲眼器冲洗，然后请医生处置。

(4) 外壳 蓄电池的电解液和极板组装在外壳中，外壳应耐酸、耐热、耐振动冲击，常用硬橡胶和聚丙烯塑料两种材料。

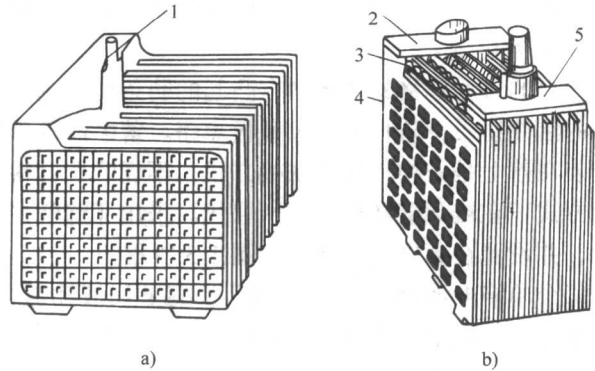


图 1-4 极板组

1—极柱 2、5—横板 3—隔板 4—极板

每单格电池的端电压约为 2V，为了获得更高的电压，通常要将多个 2V 的蓄电池单元串连起来，为此将外壳分成三个或六个互不相通的单格，安装三组或六组极板组，形成 6V 或 12V 的蓄电池。

外壳的每个单格的底部制有凸起的肋条用来搁置极板组。肋条之间的空隙可以积存极板脱落的活性物质，防止正、负极板短路。蓄电池各单格电池之间均用铅质连接条串联。连接条安装在盖上是—种传统的联接方式，不仅浪费材料，而且还使蓄电池内阻增大，所以此种联接方式正在被穿壁联接方式所取代。采用穿壁联接方式连接单格电池时，所用连接条尺寸很小，并设置在蓄电池内部，如图 1-5 所示。

每个单格电池都有一个加液孔，旋下加液孔盖，可以加注电解液或检测电解液密度；旋入孔盖便可防止电解液溅出。孔盖上设有通气孔，该小孔在蓄电池工作时，应保持畅通，以便随时排出蓄电池内化学反应放出的气体，防止外壳胀裂发生事故。

蓄电池盖有硬橡胶盖和聚丙烯耐酸塑料盖两种，前者与硬橡胶外壳配用，盖子与外壳之间的缝隙用沥青封口剂填封；后者与聚丙烯耐酸塑料外壳配用，其盖子为整体结构，与外壳之间采用热接合工艺粘合。

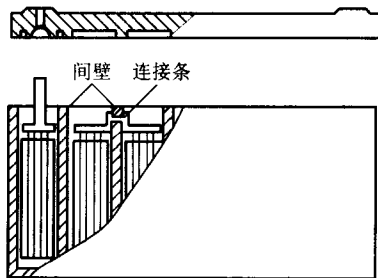


图 1-5 单格电池间穿壁联接示意图

(5) 连接条与极柱

1) 连接条的作用是将单格电池串联起来，提高蓄电池总成的端电压。起动用铅蓄电池的连接条用铅-锡合金制成。有外露式（连接条外露在蓄电池盖的上面）、跨接式（连接条埋在盖下，联接部分跨在单格电池的中间间格上）和对焊式（在蓄电池中间格壁上打孔，使极板组柄直接穿过中间格壁而将单格电池互相联接起来）三种。前者用在硬橡胶外壳上，后两者用在塑料外壳上。

2) 极柱分中间极柱与首尾极柱，中间极柱便于将单格电池联接，首尾极柱则是蓄电池对外的接线柱，它分为正接线柱和负接线柱。正接线柱用“+”符号表示，其上方涂红色；负接线柱用“-”符号表示，一般不涂颜色。极柱都是用铅-锡合金铸造。接线极柱的形状及规格如图 1-6 所示。

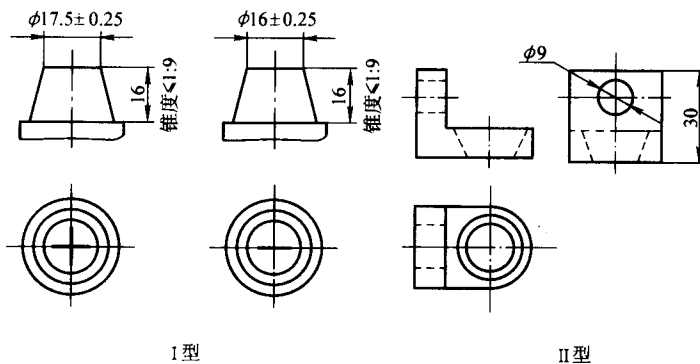
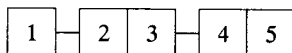


图 1-6 接线极柱形状及规格

3. 蓄电池的型号、规格及选用

我国蓄电池的型号 一般都标注在外壳上，其型号的编制由五部分组成。



1——为串联的单格数，用阿拉伯数字表示。

2——为蓄电池的用途，用汉语拼音字母表示，含义为：Q——起动用蓄电池；M——摩托车用铅蓄电池。

3——为极板类型，用汉语拼音字母表示（无字为干封普通极板铅蓄电池），含义为：A——干式荷电铅蓄电池；B——薄型极板铅蓄电池；W——无需维护蓄电池。

4——为 20h 率放电额定容量，用阿拉伯数字表示，不带容量单位。

5——特殊性能，用汉语拼音字母表示（无字为一般性能蓄电池），含义为：G——高起动率蓄电池。

例如，东风 EQ1090 型车用 6-Q-105 型蓄电池：由六个单格电池组成，额定电压为 12V，额定容量为 105A·h 的起动用蓄电池。北京 BJ2020 型车用 6-QA-60 型蓄电池：由六个单格电池组成，额定电压为 12V，额定容量为 60A·h 的起动用干式荷电蓄电池。

4. 无需维护与干式荷电铅蓄电池

(1) 无需维护铅蓄电池 无需维护蓄电池的结构如图 1-7 所示。

1) 结构与材料方面的特点：

① 在池壳内装有集气室，集气室用来收集水蒸气或硫酸蒸气。当水蒸气或硫酸蒸气进入集气室，将其冷却变成流体后，再流回电解液中，从而有效地避免了水分和硫酸的蒸发。

② 采用薄壁聚丙烯外壳，取消了底部凸筋，降低了极板组的安装高度，使极板上部容积加大，增加了极板上部电解液的贮存量，延长了补给期限。

③ 采用袋式微孔聚氯乙烯隔板，将极板包住，保证正极板上的活性物质不致脱落，并可防止极板短路。

④ 极板栅架采用铅-钙-锡合金或铅-低

镉（镉的质量分数为 2%~3%）合金，彻底消除或大大减少了镉的副作用。

⑤ 内部装有温度补偿型密度计，可随时监视蓄电池的存电状况和电解液液面的高低。当密度计指示器表面呈绿色时，表明蓄电池存电充足；当指示器表面绿点很小或指示器为黑色时，表明蓄电池需要补充充电；当指示器显示黄色时，表明蓄电池内部有故障，应及时修理或更换。

2) 无需维护蓄电池的优点

① 在规定的条件下，使用过程中不需补加蒸馏水（可达三四年）。所谓无需维护，主要是指使用中不需要补加或很少补加蒸馏水。市内短途车可行驶 8 万 km，长途车可行驶 40~48 万 km 不需维护。

② 自放电少，仅为普通蓄电池的 1/6~1/8，因此可以较长时间（一般为两年）湿式贮存。

③ 内阻小，具有较高的放电电压和较好的常温和低温起动性能。

④ 耐过充电性能好。实验证明，在相同的充电电压和温度下，无需维护铅蓄电池的过

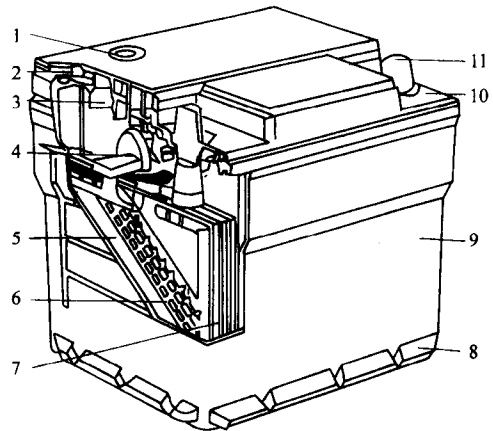


图 1-7 无需维护蓄电池的结构

1—内装温度补偿型密度计 2—小排气孔 3—液气隔板
4—极柱接板 5—极板 6—铅钙栅架 7—隔板
8—安装固定底座 9—聚丙烯外壳 10—代号 11—极柱

充电流比普通铅蓄电池小得多，且充满电后可以接近零。这就是说，充足电后，基本上不电解水，毫无疑问，无需维护铅蓄电池水的消耗是很少的。

⑤ 极柱无腐蚀或腐蚀极轻。

⑥ 耐热、耐振性能好，使用寿命长。无需维护铅蓄电池的使用寿命一般在四年以上，是普通蓄电池使用寿命的两倍多。

(2) 干式荷电铅蓄电池 极板在完全干燥状态下能够长期（一般为两年）保存化成过程中所得到的量，这样的铅蓄电池叫做干式荷电铅蓄电池。

1) 干式荷电铅蓄电池的优点。干式荷电铅蓄电池虽然在工作原理及工作特性方面与普通干封铅蓄电池相同，但制造工艺不同，干式荷电铅蓄电池属于干封带电的蓄电池。当新电池开始使用时，只需按规定加足电解液，静置 20~30min，即可装车使用。无需初充电工序，大大提高了使用的方便性，这是它最突出的优点。另外，干式荷电铅蓄电池的储存期比干封式铅蓄电池长一年。

2) 干式荷电铅蓄电池材料与制造工艺的特点。

① 在负极板的铅膏中加入了适量的松香、油酸、脂肪酸等抗氧化剂，使负极板活性物质每一个颗粒表面形成一层保护膜，防止铅的氧化。例如：在负极板材料中加入 0.02%~0.25%（以质量计）的长链脂肪酸，它就能在负极铅膏中形成铅皂保护膜，使海绵状铅具有较强的憎水性，因而不易氧化。

② 在极板化成时，适当延长化成时间或采取反复充电、放电深化办法，使活性物质达到最大限度的转化。

③ 负极板化成后需经过严格的水洗与浸渍，除去残存在负极板上的硫酸，防止海绵状铅硫化干燥后贮存期间发生“回潮”。

④ 对负极板严格的干燥处理。组装后的干式荷电铅蓄电池的干燥程度多采用测量单格电池电阻的方法检查，单格电阻低于 5 000Ω 不合格。

二、蓄电池的工作原理、容量与使用

1. 蓄电池的工作原理

蓄电池的工作过程就是化学能与电能的相互转化过程。当蓄电池将化学能转化为电能而向外供电时，称为放电过程；当蓄电池与外界直流电源相联并将电能转化为化学能储存起来时，称为充电过程。铅蓄电池的充、放电过程是可逆的。

(1) 放电过程 蓄电池充足电时，正极板上的活性物质是二氧化铅，负极板上的活性物质是纯铅。在电解液作用下，发生化学反应。

放电时外电路接通如图1-8所示。在 2.1V 的电位差作用下，电流从正极流出，经过灯

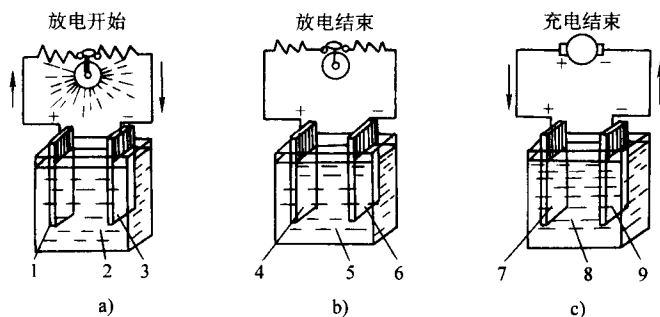


图 1-8 蓄电池的工作原理图

a) 放电 b) 放电结束 c) 充电

1、7—二氧化铅 2、8—硫酸溶液 3、9—海绵状纯铅

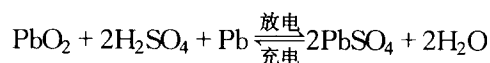
4、6—硫酸铅 5—稀硫酸溶液

泡流回负极，使灯泡发光。如果电路不被切断，放电过程将继续进行。正负极板上的活性物质均变为硫酸铅，电解液中的硫酸被消耗，生成了水，放电时电解液的密度是逐渐下降的。

(2) 充电过程 如果把放电后的蓄电池接一直流电源，使蓄电池正极接上直流电源的正极，蓄电池的负极接直流电源的负极。当外加电源电压高于蓄电池电动势时，电流将以放电电流相反的方向流过蓄电池，使蓄电池正、负极发生与放电相反的化学反应。

充电时正、负极板的硫酸铅分别变为二氧化铅和海绵状纯铅，电解液中的水被消耗，产生硫酸，电解液密度逐渐上升。在充电过程中，上述化学反应不断进行。当充电进行到极板上的物质和电解液完全恢复到放电前的状态时，蓄电池即充电完毕。

综上所述，蓄电池充放电过程中的化学反应是可逆的，总的反应式如下



2. 蓄电池的容量及其影响因素

铅蓄电池的容量就是铅蓄电池的储电能力，通常是指蓄电池在完全充足电的情况下，在允许放电的范围内，以一定的放电电流，连续放电至端电压降到规定值时对外输出的电量，单位为安培小时 (A·h)，电池容量用以表示蓄电池对外供电的能力。当电池以恒定电流值进行放电时，其容量 Q 等于放电电流 I 和连续放电时间 t 的乘积。即

$$Q = It$$

蓄电池的容量与放电电流及电解液的温度等因素有关，为了准确地表示出蓄电池的准确容量，要规定蓄电池的放电条件。在一定放电条件下，蓄电池的容量分为额定容量和起动容量。

(1) 额定容量 额定容量是指完全充足电的蓄电池在电解液平均温度为 25℃ 的情况下，以 20h 率放电的电流（相当于额定容量的 1/20）连续放电至单格电压降为 1.75V 时所输出的电量。

例如，3-Q-90 型蓄电池，在电解液平均温度为 25℃ 的情况下，以 4.5A 放电电流连续放电 20h 后，单格电压降为 1.75V，它的额定容量 $Q = 4.5\text{A} \times 20\text{h} = 90\text{A} \cdot \text{h}$ 。

(2) 起动容量 起动容量表示蓄电池接起动机时的供电能力，有常温和低温两种起动容量。

1) 常温起动容量即电解液温度为 25℃ 时，以 5min 率放电的电流（3 倍额定容量的电流）连续放电至规定的终止电压（6V 蓄电池为 4.5V，12V 蓄电池为 9V）时所输出的电量，其放电持续时间应在 5min 以上。例如，3-Q-90 型蓄电池在 25℃ 时，以 270A 电流放电 5min 电池的端电压降到 4.5V，其起动容量为 $270\text{A} \times (5/60)\text{h} = 22.5\text{A} \cdot \text{h}$ 。

2) 低温起动容量即电解液温度为 -18℃ 时，以 3 倍额定容量的电流连续放电至规定的终止电压（12V 蓄电池为 6V，6V 蓄电池为 3V）时所放出的电量，其放电持续时间应在 2.5min 以上。

(3) 使用条件对蓄电池容量的影响 蓄电池的容量与放电电流、电解液的温度、电解液的密度及极板的结构等因素有关。

1) 放电电流对蓄电池容量的影响。放电电流过大时，化学反应作用于极板表面，电解液来不及渗入极板内部，就已被表面生成的硫酸铅堵塞，致使极板内部大量的活性物质不能参加化学反应，因而蓄电池容量减小。

正由于放电电流过大直接影响蓄电池的容量，每次使用启动机的时间不应超过 5s，再次启动时应间歇 10~15s，以便使电解液充分渗透，使更多活性物质参加反应，否则会导致蓄电池容量减小，使用寿命缩短。常用蓄电池额定容量与放电电流的关系如表 1-2 所示。

表 1-2 蓄电池额定容量与放电电流的关系

电池 型号	20h 率放电			起 动 放 电							充电接 受能力/ A
	额定 容量/ A·h	电 流/ A	终 止 电压/ V	电 流/ A	首次起动放电			- 18℃ 起动放电			
					持续 时间/ min	终 止 电压		持续 时间/ min	5~7s 电压/ V	终 止 电压/ V	
						一般 电池	干荷 电池				
3-Q-75	75	3.75		225	3	4	3		4.2	3	7.5
3-Q-90	90	4.5		270							9.0
3-Q-105	105	5.25		315							10.5
3-Q-120	120	6.0		360							12.0
3-Q-135	135	6.75		405							13.5
3-Q-150	150	7.5		450							15.0
3-Q-195	195	9.75		585							19.5
6-Q-60	60	3.0		180	3	8	6	2.5	8.4	6	6.0
6-Q-75	75	3.75		225							7.5
6-Q-90	90	4.5		270							9.0
6-Q-105	105	5.25		315							10.5
6-Q-120	120	6.0		360							12.0
6-Q-135	135	6.75		405							13.5
6-Q-150	150	7.5		450							15.0
6-Q-165	165	8.25		495							16.5
6-Q-195	195	9.75		585							19.5
6-Q-40G	40	2.0		160							4.0
6-Q-60G	60	3.0		240							6.0
6-Q-80G	80	4.0		320							8.0

2) 电解液温度对蓄电池容量的影响。温度低时，电解液粘度增加，离子运动速度慢；另一方面，极板的收缩使得极板表面的孔隙缩小，电解液向极板孔隙内层渗入困难，使得极板孔隙内的活性物质不能充分利用，使蓄电池的放电容量下降。冬季用启动机启动汽车时，放电电流大，温度低，使蓄电池容量大大减小，这是冬季启动时总感到蓄电池电量不足的主要原因之一。由于温度对蓄电池的放电容量及端电压影响较大，所以北方冬季要注意蓄电池的保暖工作。

3) 电解液的密度对蓄电池容量的影响。在一定范围内，适当加大电解液密度，可以提高蓄电池的电动势及电解液活性物质向极板内的渗透能力并减少电解液的电阻，使蓄电池容量增加。但密度过大，将使其粘度增加，若密度超过某一值时，可使渗透能力降低内阻增大，端电压及容量减小。另外，电解液密度过高，蓄电池自行放电速度加快，并对极板栅架和隔板的腐蚀作用加剧，缩短了蓄电池的使用寿命。一般情况下，采用密度偏低的电解液有利于提高放电电流和容量，同时也有利于延长铅蓄电池的使用寿命。铅蓄电池电解液的密度，应根据用户所在地区的气候条件差异而不同，冬季使用的电解液，在不致结冰的条件下，尽可能使用密度稍低的电解液。

4) 电解液的纯度对蓄电池容量的影响。电解液的纯度对蓄电池的容量有很大影响，因此电解液应用化学纯硫酸和蒸馏水配制。电解液中一些有害杂质腐蚀栅架，沉附于极板上的