



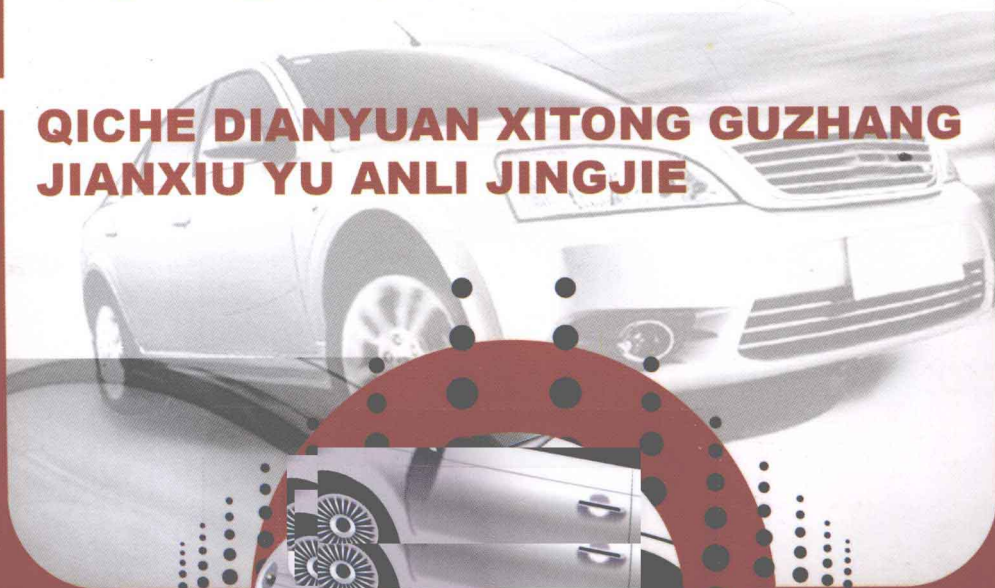
汽车维修技能修炼丛书

QICHE WEIXIU JINENG XIULIAN CONGSHU

汽车电源系统故障 检修与案例精解

刘春晖◎主编 / 曹宇翔 王云◎副主编

QICHE DIANYUAN XITONG GUZHANG
JIANXIU YU ANLI JINGJIE



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



汽车维修技能修炼丛书

汽车电源系统故障 检修与案例精解

主 编 刘春晖
副主编 曹宇翔 王 云



机械工业出版社

本书是面向广大一线汽车维修人员编写的,以目前市场上常见车型为主,详细地介绍了蓄电池、交流发电机及电压调节器、典型充电系统电路分析、电源系统维修及故障检修实例、充电系统维修及故障检修实例五部分内容。内容方面力求贴近目前汽车维修的实际情况,精选了汽车维修一线的典型实例,同时参考了目前市场上保有量较大的车型的维修资料,对于广大的汽车维修人员而言具有极高的参考价值。本书注重理论与实践的紧密结合,既有汽车电源系统的构造、工作原理、检测等相关知识,又有常见故障的诊断与排除知识,与汽车维修一线生产相贴近。

本书适合广大汽车维修人员、驾驶人员、汽车行业工程技术人员使用,还可供高职高专、技工院校的汽车运用与维修技术、汽车检测与维修技术、汽车制造与装配、汽车电子技术等专业师生使用,也可以作为成人高等教育的相关课程教材。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电源系统故障检修与案例精解/刘春晖主编. —北京:机械工业出版社, 2011.6

(汽车维修技能修炼丛书)

ISBN 978-7-111-35059-0

I. ①汽… II. ①刘… III. ①汽车-电源-故障检测②汽车-电源-车辆修理 IV ①U472.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第113700号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:连景岩 责任编辑:连景岩 黄红珍 版式设计:霍永明

责任校对:肖琳 封面设计:鞠杨 责任印制:乔宇

北京汇林印务有限公司印刷厂印刷

2011年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·13 75印张·335千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-35059-0

定价 39.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

电子技术在汽车上的广泛应用,使汽车在总体结构、工作原理、使用与维修等方面都发生了根本性的变化。现代汽车的电源系统已由原来的较为简单的线路连接发展到了电子控制,技术含量高,电路结构复杂,再加上各国生产的新型汽车电源系统的结构差异较大,使广大的汽车维修人员在维修汽车电源系统时遇到了许多困难。汽车维修人员希望看到一本较为详细的介绍汽车电源系统原理、检修及实例的维修图书。为了满足他们的要求,我们编写本书,希望对汽车维修人员和广大汽车用户提供帮助,使他们能够熟练地进行汽车电源系统的维修和保养。

本书最大的特点是贴近目前汽车维修的实际情况,书中所精选的实例全部来自汽车维修一线,有很强的代表性。同时对引发电源系统故障的各种故障原因的分析深入透彻,能够给人以较强的知识感,读后能够直接运用于汽车维修工作一线。

本书详细地介绍了蓄电池、交流发电机及电压调节器、典型充电系统电路分析、电源系统维修及故障检修实例、充电系统维修及故障检修实例五部分内容,注重理论与实践的紧密结合,既有汽车电源系统的构造、工作原理、检测等相关知识,又有常见故障的诊断与排除知识。内容新颖、图文并茂。

本书由山东华宇职业技术学院刘春晖任主编,德州市交通局交通集疏运中心曹宇翔、德州学院王云任副主编。参加编写的人员有山东华宇职业技术学院关斌、潘炳木、李延洲、张金强、张学忠、冷玉冰、张妍妍、刘宝君、杜祥、沙恒、张钦衡、王学军、赵国富。

本书在编写过程中参考了大量的汽车维修资料,在此向维修资料的作者及编者如李明诚老师、李成华老师等深表感谢。由于各种原因不能将广大作者及编者一一注明,在此表示深深的歉意。除书中列出的参考资料外,本书还参考了多家汽车公司的维修手册,如 2008 ACCORD 维修手册、奇瑞系列维修手册、2009 Buick Regal 维修手册、丰田系列维修手册、马自达系列维修手册等。由于编者水平有限,书中难免有错误和不当之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 蓄 电 池 1

- 第一节 概 述 1
- 第二节 蓄电池的构造与型号 3
- 第三节 蓄电池的工作原理及工作特性 8
- 第四节 蓄电池维护与常见故障排除 11
- 第五节 蓄电池的充电和充电方法 13
- 第六节 蓄电池技术状况的检查 15
- 第七节 蓄电池使用与维护误区 17

第二章 交流发电机及电压调节器 20

- 第一节 交流发电机的构造 20
- 第二节 交流发电机的检修 26
- 第三节 交流发电机的发电原理及整流过程 28
- 第四节 交流发电机性能的改善 32
- 第五节 交流发电机的电压调节器 34
- 第六节 电磁振动式电压调节器 35
- 第七节 充电指示灯的控制电路 36
- 第八节 晶体管电压调节器 39
- 第九节 集成电路电压调节器 44
- 第十节 电压调节器的检测 49

第三章 典型充电系统电路及分析 53

- 第一节 丰田车系电源系统电路及分析 53
- 第二节 上海通用别克车系电源系统电路分析 62
- 第三节 通用凯迪拉克车系电源系统电路分析 70
- 第四节 上海通用雪佛兰车系电源系统电路 72
- 第五节 本田车系电源系统电路分析 77
- 第六节 日产车系电源系统电路分析 85
- 第七节 马自达车系电源系统电路分析 91
- 第八节 福特车系典型充电系统电路 95
- 第九节 奇瑞系列车型典型充电系统电路 98

- 第十节 三菱车系典型充电系统电路 104

- 第十一节 斯巴鲁系列车型充电系统电路 107

- 第十二节 其他典型车型充电系统电路 109

第四章 电源系统维修及故障检修

实例 119

- 第一节 汽车电路搭铁不良的故障及检测 119
- 第二节 汽车电路搭铁故障的诊断方法 123
- 第三节 典型搭铁不良故障检修实例 127
- 第四节 蓄电池漏电的判断分析 132
- 第五节 典型电源系统漏电故障检修实例 136
- 第六节 车载电网型电源电路 150
- 第七节 奥迪 A6L 轿车电源管理系统 157
- 第八节 电控汽车蓄电池亏电的影响 167
- 第九节 汽车线路电压降的检测 170
- 第十节 电控汽车蓄电池的维护 173

第五章 充电系统维修及故障检修

实例 176

- 第一节 现代汽车电源管理系统概述 176
- 第二节 现代汽车电源管理系统故障检修实例 178
- 第三节 汽车充电系统不发电故障检修实例 192
- 第四节 汽车充电系统充电不稳故障检修实例 197
- 第五节 汽车充电系统充电量过大故障检修实例 203
- 第六节 汽车充电系统充电量过小故障检修实例 207
- 第七节 汽车充电系统其他故障检修实例 210

参考文献 213



第一章

蓄 电 池

第一节 概 述

电气设备是汽车的重要组成部分，其性能的好坏直接影响到汽车的动力性、经济性、可靠性、安全性、排气净化及舒适性。例如：为使汽车发动机获得最高的经济性，需使点火系统在最适当的时间点火；为使发动机可靠起动，需采用电动起动机；汽车的工作可靠、行驶安全则有赖于各种指示仪表、信号和照明装置等电器的正常工作。

一、汽车电气设备的特点

1. 两个电源

汽车上的两个电源是指交流发电机和蓄电池。蓄电池是辅助电源，在汽车未运转时向有关电气设备供电；交流发电机是主电源，当发动机运转到一定转速后，交流发电机转速达到规定的发电转速，开始向有关电气设备供电，同时对蓄电池进行充电。两者互补可以有效地使用电设备在不同的情况下都能正常的工作，同时延长了蓄电池的供电时间。

2. 并联单线

汽车上的电源和所有的电气设备均采用并联，即它们正常工作时的电压相同，采用并联，当个别电气设备出现故障不能正常工作时不会影响其他电气设备，每个用电设备都由各自串联在其支路中的专用开关控制，互不产生干扰。单线制是指从电源到用电设备只用一根导线连接，而用汽车底盘、发动机等金属机体作为另一公用导线。由于单线制节省导线、线路清晰、安装和检修方便，且电器也不需与车体绝缘，因此现代汽车均采用单线制。但在一些不能形成可靠的电气回路或需要精确电子信号的回路中采用双线。

3. 网络控制

由于汽车智能化的要求，多数用电设备的工作电流已不是由单一的开关信号控制，而是由具有一定逻辑关系的多个信号来控制的。这些控制构成一个网络，所以称为网络控制，即用电设备是否工作是由网络控制的。实现网络控制主要是引入了电控单元（ECU）。它连接着特定部位的传感器，每个传感器提供一路信号。在各种用电设备的工作电流控制中有些信号是共用的，所以汽车上各个电控单元也要靠网络技术来连接。随着汽车电气技术的发展，拟人思维的功能控制需要的信号越来越多，满足的关系越来越复杂，网络结构也在不断发展。目前汽车车载网络结构在向 CAN 总线制过渡。

4. 低压直流

汽车电气系统的额定电压有 12V、24V 两种，目前汽油车普遍采用 12V 电气系统，而中、重型柴油车则多采用 24V 电气系统。汽车正常运行中的电压，一般 12V 系统的为 14V，

24V 系统的为 28V。汽车采用直流系统的原因是汽车发动机要靠电力起动机起动，它是直流串励电动机，必须由蓄电池供电，而向蓄电池充电必须用直流电，所以汽车电气系统为一直流系统。

5. 负极搭铁

采用单线制时，蓄电池的一个电极须接至金属车架上，俗称“搭铁”，将蓄电池的负极接金属车架就称为“负极搭铁”；反之，则称为“正极搭铁”，汽车电气系统已统一规定为负极搭铁。

实践证明，由于汽车行驶的颠簸，发动机工作的振动以及气温、湿度、灰尘的影响，加之使用不当，很容易使电气设备损坏。据统计，电气设备所出现的故障约占汽车全部故障的 20%~30%。由此可见，为提高汽车的完好率，不仅要求电气设备有完善、合理的结构，良好的工作性能，而且还有赖于对它们的正确使用、维护和调整。因此，对从事汽车运输、运用及管理的技术人员来说，熟悉和掌握有关汽车电气设备的结构及工作原理、性能与使用维修等方面的知识并具有一定的操作技能就显得十分重要。

二、汽车电源系统的功用

蓄电池是一种可逆直流电源，靠内部的化学反应来储存电能和向外供电，在汽车上它与发电机并联，共同向电设备供电，如图 1-1 所示。

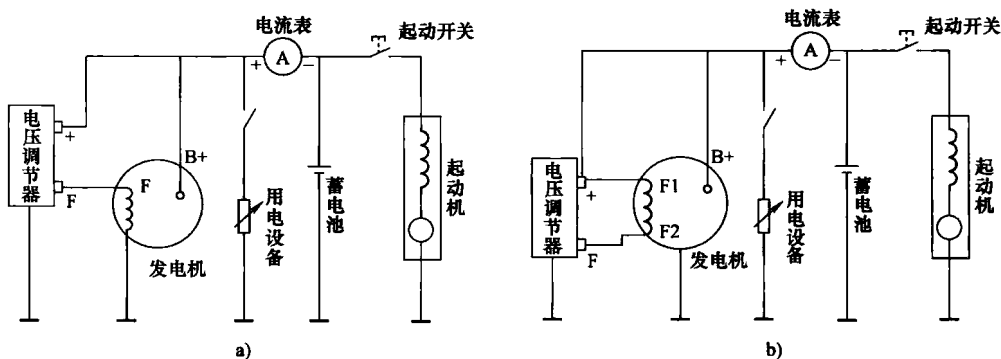


图 1-1 汽车电源系统组成

a) 内搭铁式 b) 外搭铁式

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，而蓄电池的作用是：

- (1) 起动发动机 起动发动机时，向起动系统和点火系统供电。
- (2) 备用供电 在发动机低速运转、发电机不发电或电压较低的情况下向交流发电机励磁绕组、点火系统以及其他用电设备供电。
- (3) 存储电能 当发动机中高速运转、发电机正常供电时，将发电机多余电能转化为化学能储存起来。
- (4) 协同供电 当发电机过负荷时，协助发电机向用电设备供电。

(5) 稳定电源电压，保护电子设备 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荷发生较大变化时，可保持汽车电网电压的相对稳定。同时，还可吸收电网中随时出现的瞬间过电压，以保护用电设备尤其是电子元器件不被损坏，这一点对于装有大量



电子系统的现代新型汽车是非常重要的。发电机绝不允许脱开蓄电池运转。

蓄电池的种类很多，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（5~10s）内可供给起动机强大的电流（一般为200~600A，有的柴油机达1000A），这种蓄电池通常称为起动型蓄电池。

第二节 蓄电池的构造与型号

一、铅蓄电池的构造

国产普通铅蓄电池的构造如图1-2所示。它主要由极板、隔板、壳体、电解液、连接条、极柱等部分组成。壳体一般分隔为三个或六个单格，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，将三个或六个单体电池串联后便成为一只6V或12V蓄电池总成。干荷电蓄电池的主要特点是极板制造工艺有所不同，免维护蓄电池的主要特点是极板材料和隔板结构有所不同。

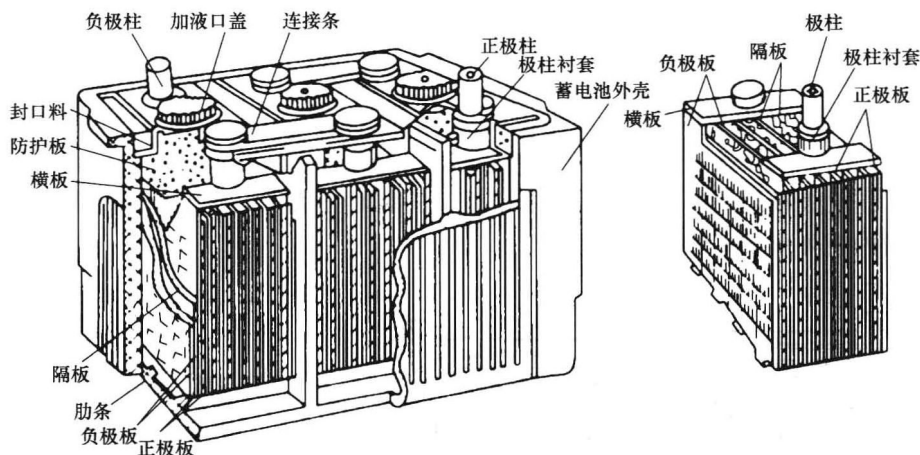


图 1-2 蓄电池的构造

1. 极板

(1) 极板的结构 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，其形状如图1-3所示。蓄电池充、放电过程中，电能和化学能的相互转换就是通过极板上活性物质和电解液中硫酸的化学反应来实现的。正极板上的活性物质是二氧化铅（ PbO_2 ），呈深棕色。负极板上的活性物质是海绵状纯铅（ Pb ），呈青灰色。

栅架的作用是容纳活性物质并使极板成形，一般由铅锡合金浇铸而成。整个架体的平面内构成许多大小相同、分布均匀的长方形空格，下部有凸筋，上部的一角有板耳，如图1-4所示，铅锡合金中，含锡6%~8.5%（质量分数，后同），加入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的自放电和栅架的膨胀、溃烂。因此，栅架的生产材料将向低锡（含锡量小于3%）、甚至不含锡的铅钙合金发展，栅架的制造成形除浇铸外，还采用滚压扩展成形的形式。

免维护蓄电池采用了耗水量小、导电性能好的铅钙锡合金栅架，并采用热模滚压工艺制成。

国产负极板的厚度为 1.8mm，正极板为 2.2mm。目前国内外大多采用薄型极板，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。

（2）干荷电极板的特点 干荷电与免维护蓄电池都需采用干荷电极板。因为二氧化铅的化学活性在空气中比较稳定，所以正极板的荷电性能能够保持较长时间。由于海绵状铅的表面积大、化学活性高，因此当接触空气或水时容易发生氧化，使其荷电性能降低。

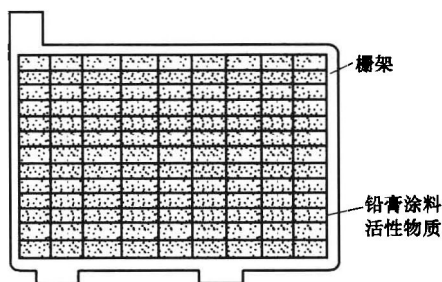


图 1-3 极板

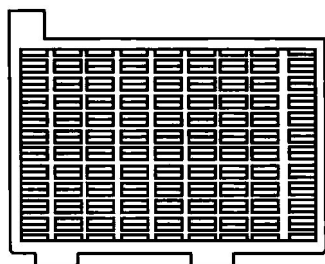


图 1-4 栅架

（3）极板组的结构 单片极板的荷电量是有限的，为了增大蓄电池的容量，将多片正、负极板分别并联，用横板（也称汇流条）焊接，组成正、负极板组，如图 1-5 所示。横板上有极柱，组成极板组的各片极板间留有空隙，安装时正负极板相互嵌合，中间插入隔板后装入电池槽内便可形成单体电池。

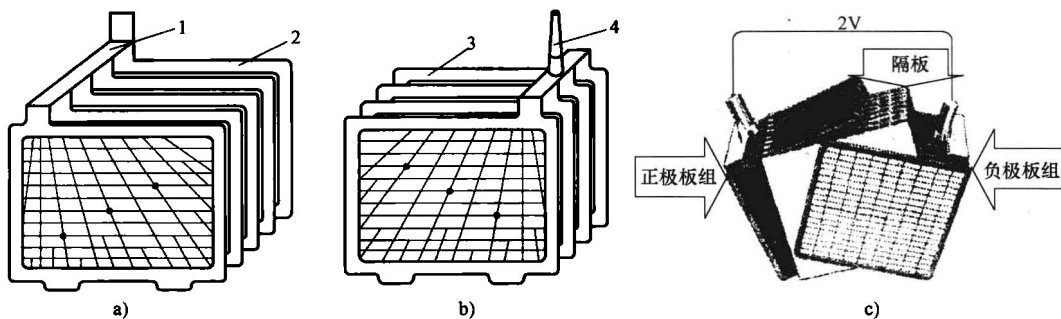


图 1-5 蓄电池极板组的结构

a) 负极板组 b) 正极板组 c) 极板组嵌合情况

1—横板 2—负极板 3—正极板 4—极柱

在每格单体电池中，负极板的数量总比正极板多一片（如东风 EQ1118 汽车所用 6-Q-105 型蓄电池，每单体电池中的正极板为 7 片，负极板为 8 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，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，活性物质就容易脱落。

把正负极板各一片浸入电解液中，就可获得 2V 的电动势，现代汽车用蓄电池由 6 个单体电池串联成 12V 供汽车选用，如图 1-6 所示。配用 12V 电气系统的汽车选用一只电池，配用 24V 电气系统的汽车选用两只电池。



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，但彼此又不能接触而短路，故在相邻的正负极板之间要用隔板隔开。隔板的作用就是将正、负极板隔开，防止相邻的正、负极板接触而短路。

隔板材料应具有多孔性，以便电解液渗透，且化学性能要稳定，即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、玻璃纤维和纸板等，微孔塑料和微孔橡胶隔板的结构如图 1-7a 所示。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。同时，使正极板上脱落的活性物质顺利地掉入壳底槽中。

免维护蓄电池普遍采用了聚氯乙烯袋式隔板，结构如图 1-7b 所示。使用时，正极板被隔板袋包住，脱落的活性物质保留在袋内，不仅可以防止极板短路，而且可以取消壳体底部凸起的肋条，使极板上部容积增大，从而增大电解液的储存量。

3. 壳体

壳体为整体式结构，壳内由间壁分成 3 个或 6 个互不相通的单格，底部有突起的肋条以搁置极板组。肋条间的空隙是用来积存脱落下来的活性物质，以防止在极板间造成短路。对于采用袋式隔板的免维护蓄电池，因为脱落的活性物质存积在袋内，所以没有设置肋条。

极板装入壳体后，上部用与壳体相同材料制成的电池盖密封。在电池盖上对应于每个单格的顶部都有一个加液孔，用于添加电解液和蒸馏水，也可用于检查电解液液面高度和测量电解液的相对密度。加液孔平时旋入加液孔螺塞以防电解液溅出，螺塞上有通气孔可使蓄电池化学反应放出的气体（ H_2 和 O_2 等）能随时逸出。该通气小孔在使用过程中必须保持畅通，防止壳体胀裂或发生爆炸事故。

干荷电与免维护蓄电池普遍采用穿壁式点焊连接，所用连接条尺寸很小，并设置在壳体内部。

聚丙烯塑料壳体电池盖都采用整体式结构，盖上有 3 个（6V 电池）或 6 个（12V 电池）加液孔，两个正负极柱穿出孔，盖和容器的密封采用粘结剂粘合或热熔连接。

4. 电解液

电解液在电能和化学能的转换过程即充电和放电的电化学反应中起离子间的导电作用，并参与蓄电池的化学反应。

5. 单体电池的连接方式——连接条

一只蓄电池一般都由 3 个或 6 个单体电池串联而成。单体电池的串联一般有传统外露式

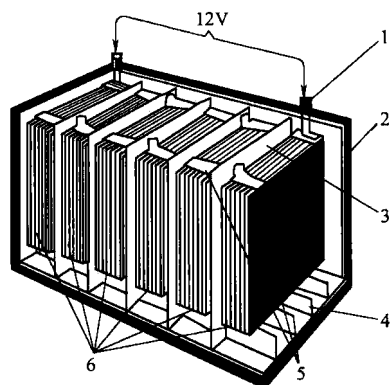


图 1-6 蓄电池极板组的结构

1—极柱 2—电池槽 3—隔板
4—肋条 5—横板 6—极板组

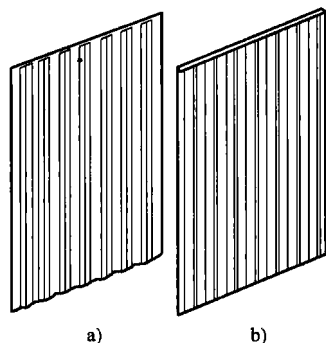


图 1-7 蓄电池隔板结构

a) 塑料、橡胶隔板 b) 袋式隔板

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 1-8 所示。

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,同时还能有效地避免氧化腐蚀,保证接触良好,提高技术性能,因而得到广泛的应用。

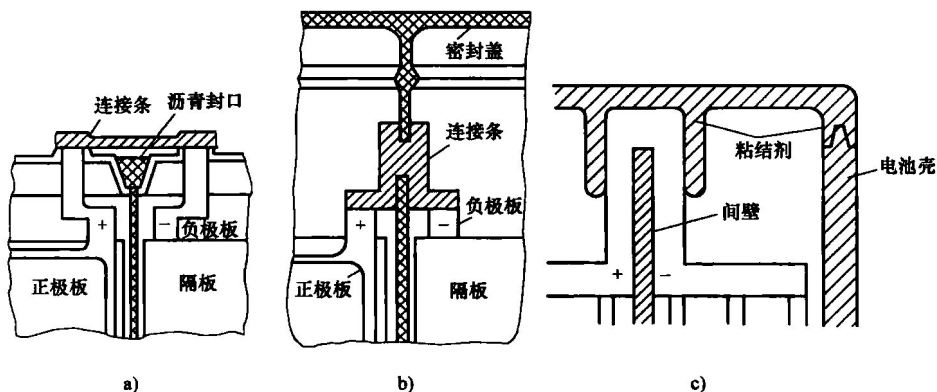


图 1-8 单体电池的遥接方式

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

6. 蓄电池技术状态指示器

目前,装备全密封型免维护蓄电池的轿车越来越多,由于这种蓄电池盖上没有设加液孔,因此不能用密度计测量电解液的相对密度,为此在这种免维护蓄电池盖上设有一只结构如图 1-9a 所示的蓄电池技术状态指示器来指示蓄电池的技术状况。蓄电池技术状态指示器又称为内装式密度计,由透明塑料管、底座和两只小球(一只为红色、另一只为蓝色)组成,借助于螺纹安装在蓄电池盖上,两只颜色不同的小球安放在塑料管与底座之间的中心孔中,红色小球在上,蓝色小球在下。由于两只小球是由密度不同的材料制成的,因此可随电

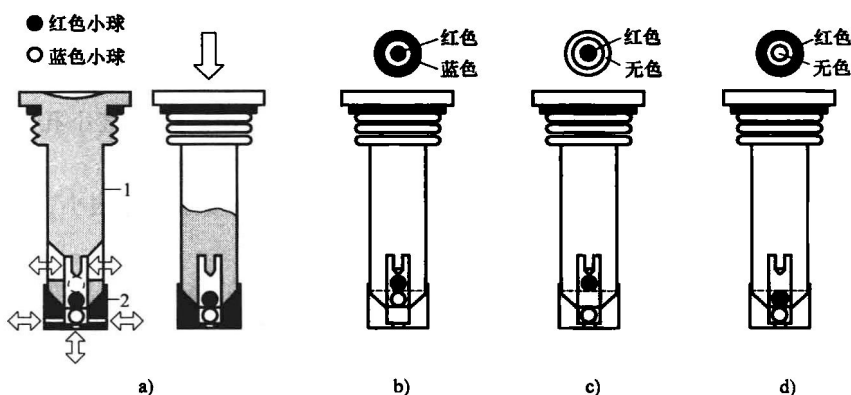


图 1-9 蓄电池技术状态指示器结构原理

a) 指示器结构 b) 存电充足 c) 充电不足 d) 电解液不足

1—透明塑料管 2—指示器底座



解液密度变化而上下浮动。

蓄电池技术状态指示器是根据光学折射原理来反映蓄电池技术状态的。当蓄电池存电充足，电解液相对密度大于 1.22 时，两只小球向上浮动到极限位置，经过光线折射小球的颜色，从指示器顶部观察到的结果如图 1-9b 所示，中心呈红色圆点，周围呈蓝色圆环，表示蓄电池技术状态良好，英文标示为“OK”。

当蓄电池充电不足、电解液密度过低时，蓝色小球下移到极限位置，观察结果如图 1-9c 所示，中心呈红色圆点、周围呈无色透明圆环，表示蓄电池充电不足，应及时补充充电，英文标示为“Charging necessary”。

当电解液液面过低时，两只小球都将下移到极限位置，观察结果如图 1-9d 所示，中心呈无色透明圆点，周围呈红色圆环，表示电解液不足，蓄电池无法继续使用，必须更换蓄电池。如果这种指示器安装在干荷电蓄电池上，则表示必须添加蒸馏水，英文标示为“Add distilled water”。

二、蓄电池的规格型号

蓄电池的型号由三部分组成，各部分之间用破折号分开，其内容及排列如下：

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
串联单体 电池数	蓄电池 类型	蓄电池特征	额定 容量	特殊 性能

(1) 串联单体电池数 用阿拉伯数字表示。

(2) 蓄电池类型 根据其主要用途划分。如起动用蓄电池代号为“Q”，摩托车用蓄电池代号为“M”。

(3) 蓄电池特征 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。如干荷电蓄电池，则用汉字“干”的第二个拼音字母“A”表示；免维护蓄电池，则用“无”字的第一个拼音字母“W”来表示。产品特征代号见表 1-1。

表 1-1 蓄电池的产品特征代号

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	液闭式	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

(4) 额定容量 指 20h 放电率（简称 20h 率）额定容量，单位为 A·h（安·时），用阿拉伯数字表示，在型号中可略去不写。

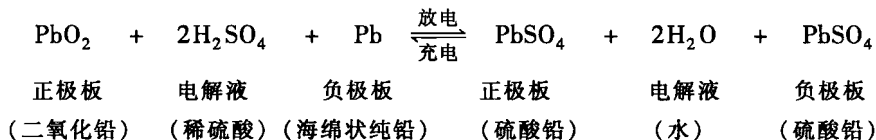
(5) 特殊性能 在产品具有某些特殊性能时，可用相应的代号加在型号末尾表示。如“G”表示薄型极板的高起动率电池，“S”表示采用工程塑料外壳与热封合工艺的蓄电池。

例如：CA1170P2K2 柴油车用型号为 6-QAW-100S 的蓄电池是由 6 个单体电池串联而成的，额定电压为 12V，额定容量为 100A·h 的起动用塑料外壳干荷电免维护蓄电池。

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在不同的条件下进行电化反应，这种反应是可逆性的，化学反应方程式如下：



1. 放电

当蓄电池的两个极柱与用电设备连接时，正极板的二氧化铅、负极板的海绵状纯铅与硫酸溶液发生化学反应，生成了硫酸铅和水，正极板上的二氧化铅在溶解时，铅离子失去四个电子，呈正四价状态，只有从负极板得到两个电子，变成正二价状态才能与硫酸根结合生成硫酸铅。在整个化学反应过程中，电极释放了电能对用电设备供电。

2. 充电

当直流电源电压大于蓄电池电压时，在电解的作用下，正极板上的硫酸铅与水被电解成二氧化铅和硫酸；负极板上的硫酸铅和水被电解成铅和硫酸，这样电能就被蓄电池以化学能的形式储存在蓄电池中，这就是蓄电池的充电过程。

二、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提供的电量，用 C 表示，蓄电池的容量是标志蓄电池的对外放电能力、衡量蓄电池质量的优劣以及选用蓄电池的最重要指标。当恒流放电时，蓄电池的容量等于放电电流与放电时间之积，即

$$C = I_f \cdot t_f$$

式中 C ——蓄电池容量，单位为 $\text{A} \cdot \text{h}$ ；

I_f ——放电电流，单位为 A ；

t_f ——放电持续时间，单位为 h 。

目前，汽车用蓄电池容量的表示方法有额定容量和储备容量两种。因为蓄电池容量与放电电流、电解液温度、放电终止电压和放电持续时间有关。

1. 20h 放电率额定容量

以 20h 放电率的额定容量作为起动型蓄电池的额定容量。放电率是以放电时间来表示的放电速率，即以一定的放电电流连续放电至蓄电池输出额定容量时所需的时间。

蓄电池的 20h 放电率额定容量是指完全充足电的蓄电池在电解液温度为 $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ 条件下，以 20h 放电率的放电电流（即 $0.05C_{20}$ 安培电流）连续放电至 12V 蓄电池的端电压降到 $(10.5 \pm 0.05)\text{V}$ 时输出的电量，用 C_{20} 表示，单位为 $\text{A} \cdot \text{h}$ 。

2. 储备容量

额定储备容量是指完全充足电的蓄电池在电解液温度为 $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ 条件下，以 25A 电



流连续放电至 12V 蓄电池电压降到 $(10.5 \pm 0.05)V$ 时, 放电所持续的时间, 用 C_m 表示, 单位为 min。

储备容量表达了在汽车充电系统失效的情况下, 蓄电池能为照明和点火系统等用电设备提供 25A 恒定电流的能力。如北京切诺基吉普车用 58-475 型蓄电池的额定储备容量为 82min, 6-QA-60 型蓄电池的额定储备容量为 94min。

三、蓄电池的工作特性

1. 放电特性

蓄电池的放电特性是指恒流放电时, 蓄电池端电压 U_f 、电动势 E 和电解液密度 $\rho_{25^\circ\text{C}}$ 随放电时间变化的规律。完全充足电的蓄电池以 20h 放电率恒流放电的特性曲线如图 1-10 所示。

由于是恒(定电)流放电, 单位时间内消耗的硫酸量相同。所以, 电解液的密度 $\rho_{25^\circ\text{C}}$ 呈直线下降, 静止电动势 E_j 也直线下降。一般电解液密度每下降 0.04g/cm^3 , 蓄电池放电约为额定容量的 25%。

放电时, 由于蓄电池内阻 R_0 的影响, 蓄电池端电压 U_f 低于其电动势 E , 即

$$U_f = E - I_f R_0$$

式中 I_f ——放电电流, 单位为 A。

从放电特性曲线可看出, 蓄电池单体端电压的变化规律可分为四个阶段:

第一阶段是开始放电阶段 (2.11 ~ 2.0V)。这一阶段, 蓄电池端电压 U_f 从 2.11V 迅速下降, 这是由于放电之初极板孔隙内的硫酸迅速消耗, 密度迅速下降。

第二阶段是相对稳定阶段 (2.0 ~ 1.85V)。这一阶段, 极板孔隙外的电解液向极板孔隙内的渗透速度加快, 当渗透速度与化学反应速度达到相对平衡时, 极板孔隙内的电解液密度的变化速率趋于一致, 端电压将随整个容器内的电解液密度降低而缓慢下降到 1.85V。

第三阶段是迅速下降阶段 (1.85 ~ 1.75V)。这时由于放电接近终了时, 化学反应渗入到极板内层, 而放电时生成的硫酸铅较原来的活性物质的体积大 (是 PbO_2 的 1.86 倍, Pb 的 2.68 倍), 硫酸铅聚集在极板孔隙内, 缩小了孔隙的截面积, 使电解液渗入困难, 因而极板孔隙内消耗的硫酸难以补充, 孔隙内的电解液密度便迅速下降, 端电压也随之急剧下降。

第四阶段是过度放电阶段 ($< 1.75V$)。蓄电池单体的端电压下降至一定值时 (20h 放电率降至 1.75V), 再继续放电即为过度放电。过度放电对蓄电池十分有害, 易使极板损坏。此时如果切断电源, 让蓄电池“休息”一下, 由于极板孔隙中的电解液和容器中的电解液相互渗透, 趋于平衡, 蓄电池的端电压将会有所回升。

由此可见, 蓄电池放电终了的特征如下:

1) 单体电压放电至终止电压 (以 20h 放电率放电, 单体电压降至 1.75V)。

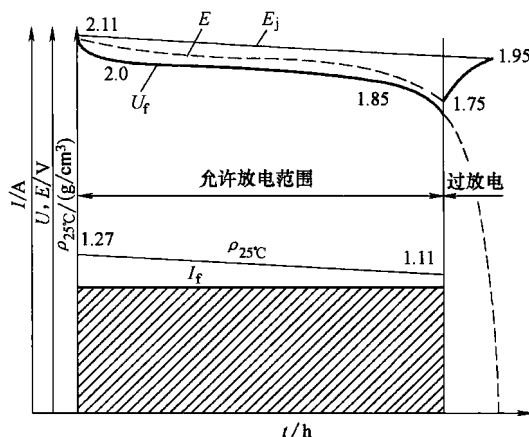


图 1-10 蓄电池的放电特性

2) 电解液密度降至最小许可值 (约 1.11g/cm^3)。蓄电池允许的放电终止电压与放电电流有关, 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越低, 起动型蓄电池的放电率与终止电压的关系见表 1-2。

表 1-2 起动型蓄电池的放电率与终止电压的关系

放电情况	放电率	20h	10h	3h	30min	5min
	放电电流大小	$0.057C_{20}$	$0.1C_{20}$	$0.25C_{20}$	C_{20}	$3C_{20}$
单体电池终止电压/V			1.75	1.70	1.65	1.5

2. 充电特性

蓄电池的充电特性是指恒流充电时, 蓄电池的充电电压 U_c 、电动势 E 及电解液密度 $\rho_{25^\circ\text{C}}$ 等随充电时间变化的规律。蓄电池以 20h 充电率恒电流充电时的特性曲线如图 1-11 所示。

由于采用恒 (定电) 流充电, 单位时间内生成的硫酸量相同。所以, 电解液的密度 $\rho_{25^\circ\text{C}}$ 呈直线上升, 静止电动势也随之上升。

充电时, 电源必须克服蓄电池内阻 R_0 的电压降, 因此, 充电电压 U_c 要高于蓄电池的电动势 E , 即:

$$U_c = E + I_c R_0$$

式中 I_c ——充电电流, 单位为 A。

从充电特性曲线可看出, 蓄电池单体端电压的变化规律也可分为如下四个阶段:

第一阶段是开始充电阶段 (2.0 ~ 2.11V)。开始接通充电电源时, 极板孔隙内表层迅速生成硫酸, 使孔隙中电解液的密度增大, 因此, 蓄电池单体端电压迅速上升。

第二阶段是稳定上升阶段 (2.11 ~ 2.3V)。蓄电池单体端电压上升到 2.1V 以后, 孔隙内硫酸向外扩散, 继续充电至孔隙内产生硫酸的速度和渗透的速度达到平衡时, 蓄电池的端电压就不再上升, 而是随着整个容器内电解液密度的上升而相应提高。

第三阶段是迅速上升阶段 (2.3 ~ 2.7V)。蓄电池单体电压达到 2.3 ~ 2.4V 时, 极板外层的活性物质基本都恢复为 PbO_2 和 Pb 了, 继续通电, 则使电解液中的水电解, 产生 H_2 和 O_2 , 以气泡形式出现, 形成“沸腾”现象。由于产生的 H_2 以离子状态 H^+ 集结在溶液中负极板处, 来不及立即全部变成气泡放出, 使得溶液与极板之间产生约 0.33V 的附加电压, 因而使得蓄电池单体端电压上升至 2.7V 左右。

第四阶段是过充电阶段 ($\geq 2.7\text{V}$)。蓄电池单体端电压上升至 2.7V 时应切断电源, 停止充电, 否则将会造成“过充电”。长时间过充电易加速极板活性物质的脱落, 使极板过早损坏, 因此必须避免。

在实际使用中, 为保证将蓄电池充足电, 往往在出现“沸腾”之后, 再继续充电 2 ~ 3h, 注意测量端电压和电解液密度, 如果不再增加, 则停止充电。充电停止后, 由于充电

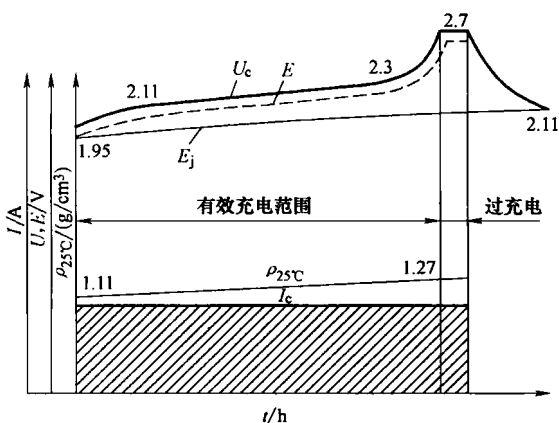


图 1-11 蓄电池的充电特性



电流为零，端电压迅速回落，极板孔隙内电解液和容器中的电解液密度趋于平衡，因而蓄电池端电压又降至 2.11V 左右。

可见，蓄电池在充电终了时（充足电）有如下特征：

- 1) 蓄电池内产生大量气泡，即出现“沸腾”现象。
- 2) 端电压上升至最大值，且 2h 内不再增加。
- 3) 电解液密度上升至最大值，且 2~3h 内不再增加。

第四节 蓄电池维护与常见故障排除

普通蓄电池的使用寿命一般在 1~2 年，要想延长其使用寿命，就应掌握正确的使用、维护方法，保持蓄电池技术状况良好，发现问题及时处理。

一、蓄电池的正确使用

- 1) 大电流放电的时间不宜过长，每次使用起动机的时间不超过 5s，相邻两次起动之间应间隔 15s。
- 2) 充电电压不能过高，当充电电压增加 10%~15% 时，蓄电池的寿命将会缩短 2/3 左右。
- 3) 尽量避免蓄电池过放电和长期处于亏电状态下工作，放完电的蓄电池应在 24h 内充电。
- 4) 冬季要特别注意使蓄电池保持充足电的状态，以免电解液密度降低而结冰。在不结冰的前提下，尽可能采用密度偏低的电解液。如液面过低，需添加蓄电池补充液时，只能在充电前进行，尽可能地使水与电解液混合。冷车起动前，注意发动机和蓄电池的预热。

二、蓄电池的维护

为了使蓄电池处于完好状态延长其使用寿命，在日常使用中，应注意做好如下维护保养工作：

- 1) 定期检查蓄电池的在车体上的安装及蓄电池卡子与极柱连接是否牢固，并及时清除线夹和极柱上的氧化物。清除方法：用滚烫的开水浇在蓄电池的正负极柱上，可以快速清除极柱及蓄电池表面污物。在极柱表面涂上凡士林或润滑脂可防止氧化。
- 2) 经常检查蓄电池的表面是否清洁，应及时清除灰尘、油污、电解液等污物，疏通加液孔盖通气孔。
- 3) 根据季节和地区的变化及时检查和调整电解液的密度及液面高度。冬季可加入适量的密度为 1.40g/cm^3 的电解液，以调高电解液的密度（一般比夏季高 $0.02\sim0.04\text{g/cm}^3$ 为宜）；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。
- 4) 经常检查蓄电池的放电程度，超过规定时立即充电；冬季蓄电池应经常保持充足电的状态，以防电解液密度降低而结冰，引起外壳破裂、极板弯曲和活性物质脱落等故障。
- 5) 定期对蓄电池进行补充充电，不考虑蓄电池的放电程度强制性进行补充充电，以保证蓄电池始终处于充足电的状态，避免极板硫化。定期补充充电一般为每月一次，城市公共

汽车可短些，而长途运输车可长些。

6) 脱开蓄电池时，要先拆负极（搭铁）电缆；连接蓄电池时，细心查明极性，先正后负，不要接错。千万不要把工具放在蓄电池上。它们可能会同时触及两个极柱，使蓄电池短路而引起事故。

三、蓄电池的常见故障及排除方法

蓄电池在使用中所出现的故障多数是由于维护和使用不当而造成的。蓄电池常见的故障有外部故障和内部故障两种。蓄电池的外部故障有壳体或盖子裂纹、封口胶干裂、极板松动或腐蚀等；内部故障有极板硫化、自放电、内部短路、活性物质脱落、极板拱曲等。下面简单分析几种常见的故障现象和原因及其排除方法。

1. 极板硫化

蓄电池长期充电不足或放电后长时间未充电，极板上会逐渐生成一层白色粗晶粒硫酸铅（ PbSO_4 ），正常充电时不能转化为二氧化铅（ PbO_2 ）和海绵状铅（ Pb ）的现象称为“硫酸铅硬化”或“不可逆硫酸盐化”，简称“硫化”，主要发生在负极板上。这种粗而坚硬的硫酸铅晶体很难重新溶解于电解液。它的导电性差，结构致密，体积大，堵塞极板孔隙，使电解液渗入困难，容量降低，内阻增大，起动时不能供给大的起动电流，以致不能起动发动机。

(1) 现象与特征 极板上有较厚的白霜，充、放电时会有异常现象。这种结晶电导率低，使蓄电池的内阻大为增加，导致充电时单体电压上升快，且迅速升高到 2.8V 左右，电解液温度迅速升高，常超过 45℃，但电解液密度却增加缓慢，且过早出现“沸腾”现象。由于极板上的有效活性物质减少，放电时容量明显下降，用高率放电计检查时单体电压急剧降低。

(2) 造成原因

1) 蓄电池长期充电不足或放电后未及时充电，导致极板上的硫酸铅有一部分溶解于电解液，环境温度越高，溶解度越大。当环境温度降低时，溶解度减小，溶解的硫酸铅就会重新析出，在极板上再次结晶，形成硫化。

2) 蓄电池电解液液面过低，使极板上部外露与空气接触而被氧化（主要是负极板），在汽车行驶过程中，电解液上下波动，与极板的氧化部分接触，会生成大晶粒硫酸铅的硬化层，使极板的上部硫化。

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硫酸铅，平时充电不易恢复。

因此，为了避免极板硫化，蓄电池应经常处于充足电的状态，放完电的蓄电池应及时充电，电解液密度要恰当，液面高度应符合规定。

(3) 排除方法 轻度硫化的蓄电池可用小电流长时间充电（间歇过充电）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，用快速充电机充电对于消除硫化有较显著的效果；硫化特别严重的蓄电池只能更换极板或报废。

2. 自放电

充足电的蓄电池，处于静置不工作的状态时，其容量自行损耗的现象称为自放电。

(1) 现象与特征 铅蓄电池的正常自放电是由于蓄电池本身因素所造成的一种不可避

