

**中国职业技术教育学会科研项目优秀成果**

The Excellent Achievements in Scientific Research Project of Chinese Society of Technical and Vocational Education

高等职业教育汽车专业“双证课程”培养方案规划教材



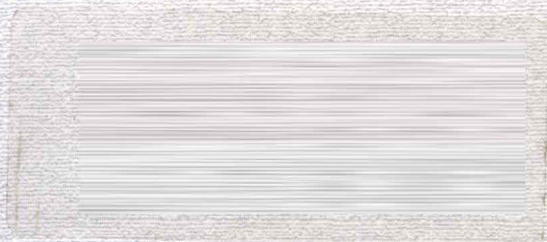
# 汽车电器的构造 与检修

王爱国 主编

卢智 莫修军 副主编

The structure and overhaul of  
Automotive Electrical Appliances

- ◆ 内容浅显易懂
- ◆ 提供具体维修实例
- ◆ 附有丰富教学资源



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

**中国职业技术教育学会科研项目优秀成果**

The Excellent Achievements in Scientific Research Project of Chinese Society of Technical and Vocational Education

高等职业教育汽车专业“双证课程”培养方案规划教材



# 汽车电器的构造 与检修

王爱国 主编

卢智 莫修军 副主编

The structure and overhaul of  
Automotive Electrical Appliances

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

## 图书在版编目 (C I P) 数据

汽车电器的构造与检修 / 王爱国主编. — 北京 :  
人民邮电出版社, 2011. 5  
中国职业技术教育学会科研项目优秀成果  
ISBN 978-7-115-24901-2

I. ①汽… II. ①王… III. ①汽车—电气设备—构造—职业教育—教材②汽车—电气设备—车辆修理—职业教育—教材 IV. ①U472.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第035285号

## 内 容 提 要

本书主要包括汽车的电源系统、起动系统、点火系统、照明及信号系统、仪表与报警系统、防抱死制动系统、安全气囊、辅助电器与电子设备、汽车空调、全车电路识读与分析等。本书着重讲解这些电器的组成、工作原理、工作过程、使用与维护、故障诊断与排除等。

本书可以作为高职高专院校汽车检测与维修、汽车技术服务与营销、汽车电子、汽车制造与装配等专业的教材,也可供汽车维修人员、驾驶员、汽车行业技术人员等阅读参考。

中国职业技术教育学会科研项目优秀成果  
高等职业教育汽车专业 “双证课程” 培养方案规划教材

### 汽车电器的构造与检修

- 
- ◆ 主 编 王爱国  
副 主 编 卢 智 莫修军  
责任编辑 赵慧君
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 21.5 2011 年 5 月第 1 版  
字数: 536 千字 2011 年 5 月河北第 1 次印刷

---

ISBN 978-7-115-24901-2

定价: 38.80 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223  
反盗版热线: (010)67171154



## 职业教育与职业资格证书推进策略与 “双证课程”的研究与实践课题组

组 长：

俞克新

副组长：

李维利 张宝忠 许 远 潘春燕

成 员：

林 平 周 虹 钟 健 赵 宇 李秀忠 冯建东 散晓燕 安宗权  
黄军辉 赵 波 邓晓阳 牛宝林 吴新佳 韩志国 周明虎 顾 晔  
吴晓苏 赵慧君 潘新文 李育民

课题鉴定专家：

李怀康 邓泽民 吕景泉 陈 敏 于洪文

## 高等职业教育汽车专业“双证课程” 培养方案规划教材编委会

主任：林 平 赵 宇

副主任：冯建东 散晓燕 安宗权 黄军辉

|     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 委员： | 蔡兴旺 | 孟庆平 | 李百华 | 岳 江 | 杨永海 | 程 越 | 郑鹏飞 |
| 谢佩军 | 陈贞健 | 陈建宏 | 高少华 | 郑建通 | 黄俊英 | 许柄照 | 吕 玫 |
| 沈明南 | 刘步丰 | 高俊文 | 管卫华 | 陈述官 | 傅沈文 | 张南峰 | 江 洪 |
| 陈顺生 | 焦传君 | 张 军 | 曾宪均 | 田有为 | 张秋华 | 吴兴敏 | 申荣卫 |
| 孙海波 | 袁 杰 | 张清栋 | 蒋瑞斌 | 张晓华 | 卢 明 | 张红英 | 刘皓宇 |
| 戚晓霞 | 杨黔清 | 罗灯明 | 赵锦强 | 毛 峰 | 黄俊平 | 康国初 | 林为群 |
| 高吕和 | 潘伟荣 | 胡光辉 | 仇雅莉 |     |     |     |     |

### 审稿委员会

主任：李春明

副主任：张西振 刘 锐

|     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 委员： | 罗永前 | 于星胜 | 袁 杰 | 曾 鑫 | 刘景军 | 张红英 | 梁乃云 |
| 白 柳 | 丁群燕 | 刘新平 | 李华楹 | 胡高社 | 祁先来 | 彭梦珑 | 赵福水 |
| 陈玉刚 | 刘利胜 | 马明金 | 杨佰青 | 张桂华 | 胡 勇 | 张 敏 | 张 宇 |
| 王 琳 | 谢三山 | 张松青 | 朱景建 | 马洪军 | 文有华 | 王雅红 | 罗 伦 |
| 王春锋 | 刘照军 | 林 凤 | 姜 能 | 侯文顺 | 陈 瑄 | 陈保国 | 皮连根 |
| 宋金虎 | 黄殿山 | 蔡 军 | 刘猛洪 | 鲁学柱 | 张兆阳 | 曲金烨 | 武文建 |
| 固晓飞 | 王宝安 | 王 井 | 黄振轩 | 赵英军 | 田春霞 | 杨连福 | 张宪辉 |
| 孙洪昌 | 钟 伟 | 陈启健 | 王仕文 | 李 燕 | 张艳芳 | 罗永前 | 周 均 |
| 丁 伟 | 陈志军 | 周 丽 | 张思杨 | 郭大民 | 任林杰 | 饶 亮 | 郭晓红 |
| 王全德 | 杜 弘 | 王治平 |     |     |     |     |     |

本书主审：王治平

## 丛书出版前言

职业教育是现代国民教育体系的重要组成部分,在实施科教兴国战略和人才强国战略中具有特殊的重要地位。党中央、国务院高度重视发展职业教育,提出要全面贯彻党的教育方针,以服务为宗旨,以就业为导向,走产学结合的发展道路,为社会主义现代化建设培养千百万高素质技能型专门人才。因此,以就业为导向是我国职业教育今后发展的主旋律。推行“双证制度”是落实职业教育“就业导向”的一个重要措施,教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)中也明确提出,要推行“双证书”制度,强化学生职业能力的培养,使有职业资格证书专业的毕业生取得“双证书”。但是,由于基于双证书的专业解决方案、课程资源匮乏,双证书课程不能融入教学计划,或者现有的教学计划还不能按照职业能力形成系统化的课程,因此,“双证书”制度的推行遇到了一定的困难。

为配合各高职院校积极实施双证书制度工作,推进示范校建设,中国高等职业技术教育研究会和人民邮电出版社在广泛调研的基础上,联合向中国职业技术教育学会申报了《职业教育与职业资格证书推进策略与“双证课程”的研究与实践》课题(中国职业技术教育学会科研规划项目,立项编号 225753)。此课题拟将职业教育的专业人才培养方案与职业资格认证紧密结合起来,使每个专业课程设置嵌入一个对应的证书,拟为一般高职院校提供一个可以参照的“双证课程”专业人才培养方案。该课题研究的对象包括数控加工操作、数控设备维修、模具设计与制造、机电一体化技术、汽车制造与装配技术、汽车检测与维修技术等多个专业。

该课题由教育部的权威专家牵头,邀请了中国职教界、人力资源和社会保障部及有关行业的专家,以及全国 50 多所高职高专机电类专业教学改革领先的学校,一起进行课题研究,目前已召开多次研讨会,将课题涉及的每个专业的人才培养方案按照“专业人才定位—对应职业资格证书—职业标准解读与工作过程分析—专业核心技能—专业人才培养方案—课程开发方案”的过程开发。即首先对各专业的工作岗位进行分析和分类,按照相应岗位职业资格证书的要求提取典型工作任务、典型产品或服务,进而分析得出专业核心技能、岗位核心技能,再将这些核心技能进行分解,进而推出各专业的专业核心课程与双证课程,最后开发出各专业的人才培养方案。

根据以上研究成果,课题组对专业课程对应的教材也做了全面系统的研究,拟开发的教材具有以下鲜明特色。

1. 注重专业整体策划。本套教材是根据课题的研究成果——专业人才培养方案开发的,每个专业各门课程的教材内容既相互独立又有机衔接,整套教材具有一定的系统性与完整性。
2. 融通学历证书与职业资格证书。本套教材将各专业对应的职业资格证书的知识和能力要求都嵌入到各双证教材中,使学生在获得学历文凭的同时获得相关的国家职业资格证书。
3. 紧密结合当前教学改革趋势。本套教材紧扣教学改革的最新趋势,专业核心课程、双证

课程按照工作过程导向及项目教学的思路编写，较好地满足了当前各高职高专院校的需求。

为方便教学，我们免费为选用本套教材的老师提供相关专业的整体教学方案及相关教学资源。

经过近两年的课题研究与探索，本套教材终于正式出版了，我们希望通过本套教材，为各高职高专院校提供一个可实施的基于双证书的专业教学方案。我们也热切盼望各位关心高等职业教育的读者能够对本套教材的不当之处给予批评指正，提出修改意见，并积极与我们联系，共同探讨教学改革和教材编写等相关问题。来信请发至 [panchunyan@ptpress.com.cn](mailto:panchunyan@ptpress.com.cn)。

# 前言

近几年,随着社会经济的发展,我国汽车工业突飞猛进,汽车新技术也在不断更新,汽车电器在汽车零部件中的比例和技术含量都在逐步提高。社会在需要大量的汽车类人才的同时,对从业人员的素质要求不断提高,这对于教育,尤其是职业教学,提出了更高的要求,因此编写合适的职业教育教材尤为重要。

本书有如下特点。

1. 删除淘汰内容,对于过渡内容弱化讲解,将理论和实践相结合。
2. 对理论知识配置了必要的实训项目,力求理论与实践一体化。
3. 每一个部分,引入不同车型的相关系统电路图,重点突出电器故障的诊断方法。
4. 本书是精品课程建设成果,教学资料齐全。

本书配备的 PPT 课件、教案、电子书、汽车电器零部件教学图片和汽车电器运行过程教学录像、习题、教学大纲等丰富的教学资源,任课教师可到人民邮电出版社教学服务与资源网([www.ptpedu.com.cn](http://www.ptpedu.com.cn))免费下载使用。

本书的参考学时为 72 学时,其中实践环节为 18 学时,各部分的参考学时参见下面的学时分配表。

| 章 节    | 课 程 内 容   | 学 时 分 配 |     |
|--------|-----------|---------|-----|
|        |           | 讲 授     | 实 训 |
| 第 1 章  | 电源系统      | 14      | 6   |
| 第 2 章  | 起动系统      | 6       | 4   |
| 第 3 章  | 点火系统      | 6       |     |
| 第 4 章  | 照明及信号系统   | 4       | 2   |
| 第 5 章  | 仪表与报警系统   | 4       |     |
| 第 6 章  | 防抱死制动系统   | 2       |     |
| 第 7 章  | 安全气囊      | 2       |     |
| 第 8 章  | 辅助电器与电子设备 | 4       | 2   |
| 第 9 章  | 汽车空调      | 6       | 2   |
| 第 10 章 | 全车电路识读与分析 | 6       | 2   |
| 课时总计   |           | 54      | 18  |

本书由安徽机电职业技术学院的王爱国担任主编,吉林省经济管理干部学院卢智、随州职业技术学院莫修军担任副主编,安徽机电职业技术学院王治平任主审。其中,王爱国编写了第 1 章、第 9 章、第 10 章,卢智编写了第 2 章,莫修军编写了第 3 章和第 4 章,安徽机电职业技术学院刘明岩编写了第 5 章、第 6 章,安徽机电职业技术学院田苗法编写了第 7 章,安徽机电职业技术学院刘李健编写了第 8 章。

由于时间仓促,加之水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2011 年 1 月



# 目 录

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 第 1 章 电源系统 .....                   | 1  |
| 1.1 蓄电池的结构和型号 .....                | 1  |
| 1.2 蓄电池的基本参数及工作<br>特性 .....        | 4  |
| 1.3 蓄电池的容量及其影响因素 .....             | 7  |
| 1.4 蓄电池的充电 .....                   | 9  |
| 1.5 蓄电池技术状况检测及常见<br>故障的诊断和排除 ..... | 12 |
| 1.6 新型蓄电池介绍 .....                  | 16 |
| 1.7 交流发电机的结构及工作<br>原理 .....        | 20 |
| 1.8 交流发电机电压调节器的原理及<br>类型 .....     | 33 |
| 1.9 交流发电机及调节器的正确<br>使用与维护 .....    | 39 |
| 1.10 交流发电机的检测与维修 .....             | 43 |
| 1.11 电源系统的故障诊断与<br>排除 .....        | 48 |
| 1.12 实训 .....                      | 53 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 第 2 章 起动系统 .....              | 64  |
| 2.1 起动机的结构、类型和工作<br>原理 .....  | 64  |
| 2.2 常见的起动机控制电路 .....          | 73  |
| 2.3 起动机的正确使用与维护 .....         | 76  |
| 2.4 起动机的调整与试验 .....           | 80  |
| 2.5 起动系统的故障诊断与排除 .....        | 82  |
| 2.6 实训 .....                  | 85  |
| 第 3 章 点火系统 .....              | 92  |
| 3.1 传统点火系统 .....              | 92  |
| 3.2 电子点火系统 .....              | 95  |
| 3.3 微机控制电子点火系统 .....          | 111 |
| 第 4 章 照明及信号系统 .....           | 123 |
| 4.1 照明系统及其故障诊断与<br>排除 .....   | 123 |
| 4.2 灯光信号系统及其故障诊断与<br>排除 ..... | 137 |
| 4.3 声响系统及其故障诊断与<br>排除 .....   | 145 |

|                                         |     |                                     |     |
|-----------------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|
| 4.4 实训 .....                            | 149 | 7.2 安全气囊的正确使用与故障检测规则 .....          | 202 |
| <b>第 5 章 仪表与报警系统</b> .....              | 151 | 7.3 安全气囊系统故障码的读取与清除 .....           | 203 |
| 5.1 汽车仪表系统的电路及其故障诊断与排除 .....            | 151 | <b>第 8 章 辅助电器与电子设备</b> .....        | 208 |
| 5.2 汽车报警装置的电路及其故障诊断与排除 .....            | 171 | 8.1 风窗刮水、清洗和除霜装置的组成、工作原理及控制电路 ..... | 208 |
| 5.3 典型汽车仪表与报警系统电路分析 .....               | 177 | 8.2 电动车窗和电动天窗的组成、工作原理及控制电路 .....    | 216 |
| <b>第 6 章 防抱死制动系统</b> .....              | 179 | 8.3 中控门锁的组成、工作原理及控制电路 .....         | 220 |
| 6.1 防抱死制动系统的组成和工作原理 .....               | 179 | 8.4 电动后视镜的组成、工作原理及控制电路 .....        | 224 |
| 6.2 桑塔纳 2000 GSi MK20- I 型防抱死制动系统 ..... | 181 | 8.5 电动座椅的组成、工作原理及控制电路 .....         | 226 |
| 6.3 红旗 CA7220AE 轿车凯尔海斯防抱死制动系统 .....     | 186 | 8.6 实训 .....                        | 231 |
| 6.4 博世防抱死制动系统 .....                     | 187 | <b>第 9 章 汽车空调</b> .....             | 233 |
| 6.5 防抱死制动系统故障诊断与检修 .....                | 189 | 9.1 汽车空调基础知识 .....                  | 233 |
| <b>第 7 章 安全气囊</b> .....                 | 192 | 9.2 汽车空调制冷系统构造 .....                | 240 |
| 7.1 安全气囊的组成和工作原理 .....                  | 192 | 9.3 汽车空调电气控制系统 .....                | 251 |
|                                         |     | 9.4 制冷系统的维护与检修 .....                | 264 |

|                               |            |                       |            |
|-------------------------------|------------|-----------------------|------------|
| 9.5 实训 .....                  | 279        | 10.3 典型车系电路识读与分析..... | 306        |
| <b>第 10 章 全车电路识读与分析 .....</b> | <b>282</b> | 10.4 汽车电路故障诊断与检修..... | 328        |
| 10.1 汽车电路的基础元件及其              |            | 10.5 实训 .....         | 331        |
| 维护.....                       | 282        | <b>参考文献 .....</b>     | <b>334</b> |
| 10.2 汽车电路图识读方法 .....          | 289        |                       |            |

# 第1章

## 电源系统

### 1.1

#### 蓄电池的结构和型号

##### 1.1.1 蓄电池的作用

蓄电池是一种将化学能转变为电能的装置,属于可逆的直流电源。在汽车上,蓄电池与发电机并联向用电设备供电。在发动机工作时,用电设备所需电能主要由发电机供给。蓄电池的功用如下。

- ① 发动机起动时,向起动机和点火系供电。
- ② 发电机不发电或电压较低时,向用电设备供电。
- ③ 发电机超载时,协助发电机供电。
- ④ 发电机端电压高于蓄电池电动势时,将发电机的电能转变为化学能储存起来。
- ⑤ 吸收发电机的过电压,保护车用电子元件。

##### 1.1.2 蓄电池的基本构造

铅酸蓄电池是在盛有稀硫酸的容器中插入两组极板而构成的电能储存器,它由极板、隔板、电解液和外壳等部分组成。容器有3格或6格等,每格里装有电解液,正负极板组浸入电解液中成为单格电池。每个单格电池的标称电压为2V,3格串联起来成为6V蓄电池,6格串联起来成为12V蓄电池。

#### 1. 极板

极板是蓄电池的基本部件,由它接受充入的电能和向外释放电能。极板分正极板和负极板两种。正极板上的活性物质是二氧化铅,呈棕红色;负极板上的活性物质是海绵状纯铅,呈青灰色。蓄电池在充电与放电过程中,电能和化学能的相互转换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、负极板上的活性物质分别填充在铅锑合金铸成的栅架上。铅锑合金中，铅占 94%，锑占 6%。加入少量的锑是为了提高栅架的机械强度并改善浇注性能。但是，铅锑合金耐电化学腐蚀性能较差，在要求高倍率放电和为了提高比能而采用薄极板时，高锑含量板栅的使用寿命势必降低。因此，采用低锑合金就十分重要了，目前板栅含锑量为 2%~3%。在板栅合金中加入 0.1%~0.2% 的砷，可以减缓其腐蚀速度，提高硬度与机械强度，增强抗变形能力，延长蓄电池的使用寿命。目前国内外已使用铅锑砷合金制作板栅。

正极活性物质脱落和板栅腐蚀是影响蓄电池使用寿命的主要原因。出于对使用期限的考虑，正极板要厚一些，负极板厚度一般为正极板厚度的 70%~80%。国产蓄电池负极板厚度为 1.6~1.8mm，也有薄至 1.2~1.4mm 的；正极板厚度为 2.2~2.4mm，也有薄至 1.6~1.8mm 的。薄极板的使用能改善汽车的起动性能，提高蓄电池的比能。

为了增大蓄电池的容量，一般将多片正极板（4~13 片）和多片负极板（5~14 片）分别并联，组成正极板组和负极板组。安装时，将正负极板组相互嵌合，中间插入隔板，就成了单格电池。在每个单格电池中，负极板的数量总是比正极板要多 1 片。正极板都处在负极板之间，最外面两片都是负极板。正极板活性物质较疏松，机械强度低，这样把正极板夹在负极板中间，可使其两侧放电均匀，在工作时不易因活性物质膨胀而翘曲，不易造成活性物质脱落。

国产汽车起动用铅酸蓄电池主要有两大类，即干封式蓄电池和干荷蓄电池。干荷蓄电池与普通干封式蓄电池的区别在于：其极板组在干燥状态下能够较长时间地保存制造过程中所得到的电荷。干荷蓄电池在 2 年的保存期中，如果需要交付使用，只需在使用之前加入符合规定密度的电解液就可以了。例如，对于干荷蓄电池 6-QA-60，只需加入密度为  $1.28\text{g/cm}^3$ （25℃时）的电解液，调整液面高度高出极板组 15mm 左右，不需要进行初充电就可以投入使用。对于保存期超过 2 年的干荷蓄电池，因为其极板上有部分活性物质被氧化，使用之前应进行补充充电。

## 2. 隔板

为了减少蓄电池内部尺寸，降低蓄电池的内阻，蓄电池内部正、负极板应尽可能靠近。但为了避免相互接触而短路，正、负极板之间要用绝缘的隔板隔开。隔板材料应具有多孔性结构，以使电解液自由渗透，而且化学性能应稳定，具有良好的耐酸性和抗氧化性。常见的隔板材料有木材、微孔橡胶、微孔塑料、玻璃纤维纸浆和玻璃丝棉等几类。

隔板为一厚度小于 1mm 的长方形薄片，其长和宽均比极板略大一点。成形隔板的一面有特制的沟槽。安装时，应将带沟槽的一面竖直朝向正极板。

## 3. 电解液

铅酸蓄电池的电解液由密度为  $1.84\text{g/cm}^3$  的纯硫酸和蒸馏水配制而成，密度一般在  $1.24\sim 1.31\text{g/cm}^3$ ，使用时根据当地最低气温或制造厂的要求进行选择。电解液的纯度是影响蓄电池性能和使用寿命的重要因素，一般工业用硫酸和普通水中，因含有铁、铜等有害杂质，绝对不能加入到蓄电池中去，否则容易自行放电，并且容易损坏极板。因此，蓄电池电解液要用规定的蓄电池专用硫酸和蒸馏水配制。

## 4. 外壳

蓄电池外壳为一整体式结构的容器，极板、隔板和电解液均装入外壳内。蓄电池电压一般



有 6V 和 12V 两种规格, 因此, 外壳内由间壁分成 3 个或 6 个互不相通的单格。例如, 12V 蓄电池内由 5 个单格壁将容器分为互不相通的 6 个单格。各个单格底部有垫角, 其突起的肋条用以搁置极板组, 使其下方有足够的空间作为沉淀槽, 容纳脱落的活性物质, 以免堆积起来使正负极板相接触而造成短路。

外壳应耐酸、耐热、耐寒、抗震动, 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。工程塑料美观透明, 耐酸, 质量轻, 强度高, 发展非常快。我国目前已大量生产聚丙烯等工程塑料蓄电池外壳。

## 5. 其他零部件

### (1) 铅连接条

由于蓄电池各单格为串联连接, 因此不同极性的极桩用铅连接条连接起来。铅连接条由铅锑合金铸成, 有外露式、跨桥式和穿壁对焊式 3 种, 前者用在硬橡胶外壳和盖上, 后两种用在塑料外壳和盖上。

外露式是指连接条外露在蓄电池盖的上面; 跨桥式是指连接条下部在蓄电池的平面上, 或埋在盖下, 连接部分跨接在各单格电池的中间壁上; 穿壁对焊式是指在中间壁上打孔, 使极板组柄直接穿过中间隔壁而将各单格电池连接起来。穿壁式连接方式如图 1-1 所示。

### (2) 加注孔盖

加注孔盖用橡胶或塑料制成, 旋在蓄电池盖的加注孔内。加注孔盖上有通气孔, 下端有特制的隔板, 其作用是将通气孔与单格上面的空间部分地隔开, 以防汽车颠簸时, 电解液从通气孔溅出。

加注孔盖上的通气孔应经常保持畅通, 使蓄电池内部的  $H_2$  与  $O_2$  排出, 以防蓄电池过早损坏或爆炸。若在孔盖上安装一个过滤器, 还可以避免水蒸气逸出, 减少蒸馏水的消耗。

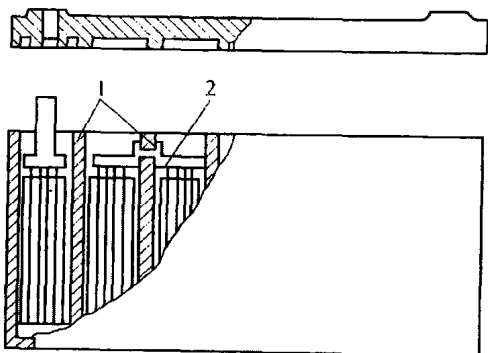


图 1-1 单格电池之间的穿壁焊式连接方式示意图

1—间壁 2—连接条

## 1.1.3 蓄电池的型号

按原机械部 JB 2599—1985《起动型铅蓄电池标准》规定, 国产铅蓄电池的型号分为 3 段, 如图 1-2 所示。

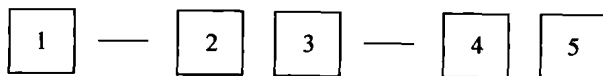


图 1-2 蓄电池型号示意图

其排列及其含义如下。

第 1 部分表示串联的单格电池数, 由阿拉伯数字组成, 其标准电压是这个数字的 2 倍。

第 2 部分表示蓄电池的类型和特征, 由汉语拼音字母组成。其中前一部分字母表示蓄电池的类型, 如“Q”表示起动用铅蓄电池; 后一部分为蓄电池的特征代号, 如“A”表示干荷电式。

第 3 部分表示蓄电池的额定容量, 我国目前规定采用 20h 放电率的容量安培小时数 ( $A \cdot h$ )。

此外,有的蓄电池在额定容量后面用一个字母表示其具有的特殊性能,例如,Q—高起动率;S—塑料槽;D—低温起动性能好。

例如,CA1170P2K2 柴油车用型号为 6-QAW-100S 的蓄电池,是由 6 个单格串联而成,标准电压为 12V,额定容量 100A·h 的干荷电式免维护蓄电池,它采用了塑料整体式外壳,薄极板,使用时只需加入规定密度的电解液,静止 0.5h,就可以投入使用。

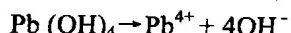
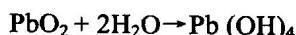
## 1.2

## 蓄电池的基本参数及工作特性

### 1.2.1 蓄电池的基本参数

#### 1. 静止电动势

极板浸入电解液后,由于少量的活性物质溶解于电解液,产生了电极电位,并且由于正、负极板的电极电位不同而形成了蓄电池的电动势。在正极板处,少量的  $\text{PbO}_2$  溶入电解液中,与水生成  $\text{Pb}(\text{OH})_4$ ,再分离成四价铅离子和氢氧根离子,即



其中,溶液中的  $\text{Pb}^{4+}$  有沉附于极板的倾向,使极板呈正电位,同时由于正、负电荷的吸引,极板上  $\text{Pb}^{4+}$  有与溶液中  $\text{OH}^-$  结合,生成  $\text{Pb}(\text{OH})_4$  的倾向,当两者达到动态平衡时,正极板的电极电位约为 +2.0V。

同理,在负极板处,金属铅受两方面的作用:一方面,它有溶解于电解液的倾向,因而极板表面上有少量  $\text{Pb}^{2+}$  进入电解液,使极板带负电;另一方面,由于正、负电荷的吸引, $\text{Pb}^{2+}$  有沉附于极板表面的倾向。当两者达到动态平衡时,负极板的电极电位约为 -0.1V。

因此,一个充足电的蓄电池,在静止状态下的电动势  $E_0$ 。约为 2.1V。

实际测定的结果是  $E_0 = 2.044\text{V}$ 。

#### 2. 蓄电池内阻

蓄电池的内阻大小反映了蓄电池带负载的能力。在相同条件下,内阻越小,输出电流越大,带负载能力越强。蓄电池内阻包括极板、隔板、电解液和铅连接条等的电阻。

极板电阻在完全充电状态下是很小的,但随着蓄电池放电程度的增加,覆盖在极板表面的  $\text{PbSO}_4$  增多,极板电阻会随之增大。

隔板电阻主要取决于隔板的材料、厚度及多孔性,在常用的隔板中,微孔塑料隔板的电阻较小。

电解液的电阻与电解液的温度和密度有关。温度降低时,因电解液的黏度增大,渗透能力下降,会引起电解液的电阻增加。而电解液的密度过高或过低时,均会导致电解液的电阻增大。密度过高时,由于电解液的黏度增加,致使渗透能力下降,引起电解液的电阻增加;密度过低

时, 又会引起电解液中的  $\text{H}^+$  和  $\text{SO}_4^{2-}$  离子数下降, 致使扩散能力下降, 引起电解液的电阻增加。当电解液的密度为  $1.28\text{g}/\text{cm}^3$  ( $25^\circ\text{C}$ ) 时, 电解液的电阻值相对较小。

总之, 铅蓄电池的内阻是很小的, 如美国标准 SAEJ546 明确规定,  $12\text{V}$  蓄电池在标准负荷时的内阻为  $0.014\Omega$ 。因此, 铅蓄电池可以获得较大的输出电流, 以适应起动需要。

## 1.2.2 蓄电池的放电特性

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  $20\text{h}$  放电率恒流放电的特性曲线如图 1-3 所示。

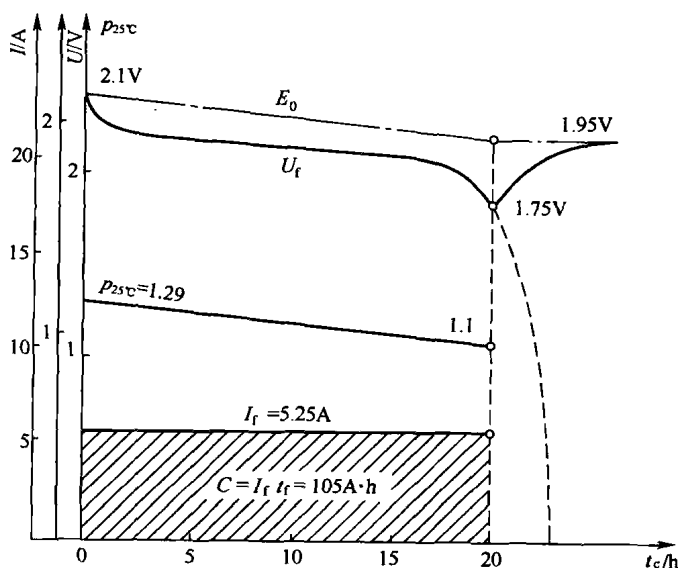


图 1-3 蓄电池放电特性曲线

放电时, 由于蓄电池内阻的影响, 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。

放电开始时, 蓄电池端电压  $U_f$  从  $2.1\text{V}$  迅速下降, 这是由于放电之初极板孔隙内的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  迅速消耗, 密度迅速下降的缘故。随着极板孔隙外的电解液向极板孔隙内渗透速度加快, 当其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  $1.95\text{V}$ 。随后端电压又迅速降低到  $1.75\text{V}$ , 此时应立即停止放电, 并称此电压值为单格电池的终止电压。若继续放电, 端电压会急剧下降, 这是因为放电终了时, 化学反应深入到极板的内层, 并且放电过程中生成的  $\text{PbSO}_4$  较原来的活性物质的体积大且积聚在孔隙内, 使孔隙变小, 电解液渗透困难, 由此造成极板孔隙内电解液密度迅速下降, 端电压随之急剧下降。继续放电则为过放电, 过度放电时极板孔隙中会生成粗结晶硫酸铅, 充电时不易还原, 即造成极板硫化, 严重影响蓄电池的寿命, 并导致蓄电池的容量下降, 因此, 过放电对蓄电池极为有害。

放电停止后, 由于电解液渗透的结果, 使孔隙内外的电解液密度趋于一致, 蓄电池单格电

池电动势会回升至 1.95V。

由于恒流放电，在单位时间内所消耗的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的数量保持一致，因此，电解液的密度  $\rho_{25^\circ\text{C}}$  呈线性变化。一般来说，电解液密度每下降  $0.04\text{g/cm}^3$ ，蓄电池放电量大约为额定容量的 25%。

由此可见，蓄电池放电终止的特征如下。

- ① 单格电池电压下降至放电终止电压，以 20h 放电率放电，单格电池电压降至 1.75V。
- ② 电解液密度下降至最小的许可值，大约为  $1.11\text{g/cm}^3$ 。

此外，放电所允许的终止电压与放电电流的大小有关，放电电流越大，放电的时间越短，允许的放电终止电压也越低。

## 1.2.3 蓄电池的充电特性

蓄电池的充电特性是指以恒电流充电时，蓄电池充电电压  $U_c$ 、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 1-4 所示。

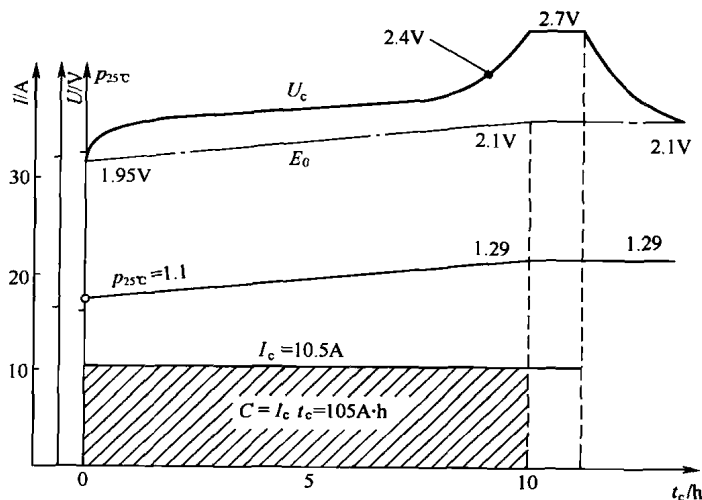


图 1-4 蓄电池充电特性曲线

由于充电电源必须克服蓄电池内阻的电压降，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。

充电开始时，蓄电池电压迅速上升，这是因为在极板孔隙内发生化学反应所致，生成的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  使得极板孔隙内的电解液的密度迅速上升，故端电压随之迅速上升。随着极板孔隙内的电解液向外扩散的速度加快，当孔隙内  $\text{H}_2\text{SO}_4$  生成速度与扩散速度达到相对平衡时，蓄电池的端电压不再迅速上升，而随整个容器内电解液密度缓慢上升并逐步提高。

当蓄电池单格电池电压达到 2.3~2.4V 时，极板上  $\text{PbSO}_4$  已基本被还原成活性物质，这时充电接近终了。继续通电，电解液中的水开始分解，产生氢气和氧气，并以气泡的形式释放出来，电解液呈“沸腾”状态。由于氢气生成的速度较水解速度慢，故在负极板处积聚了较多的氢离子  $\text{H}^+$ ，使极板相对电解液产生了附加电位（约 0.33V），导致单格电池的充电电压高达 2.7V 左右。