

全国中等职业技术学校汽车类专业

汽车电气设备构造与维修课教学参考书



中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校汽车类专业

汽车电气设备构造与维修课 教学参考书

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

汽车电气设备构造与维修课教学参考书/倪依纯主编. —北京:
中国劳动社会保障出版社, 2005

全国中等职业技术学校汽车类专业

ISBN 7-5045-1893-X

I. 汽… II. 倪… III. ①汽车-电气设备-构造-自学参考资料 ②汽车-电气设备-车辆修理-自学参考资料 IV. U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 033601 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京市艺辉印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

850 毫米×1168 毫米 32 开本 8.5 印张 213 千字

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月第 1 次印刷

印数: 3200 册

定价: 16.00 元

读者服务部电话: 010 - 64929211

发行部电话: 010 - 64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010 - 64911344

简 介

本书与全国中等职业技术学校汽车类专业教材《汽车电气设备构造与维修》相配套，供教师在教学中参考使用。

本书由倪依纯主编，范次猛、钱洪新参加编写。

目 录

第一单元 电源系统	(1)
一、教学重点、难点解析	(1)
二、教学安排建议	(1)
三、补充教学资料	(2)
四、典型示范教案	(19)
五、汽车相关资料和数据	(21)
六、技能鉴定考核参考试卷	(30)
七、习题参考答案	(33)
 第二单元 启动系统	(53)
一、教学重点、难点解析	(53)
二、教学安排建议	(53)
三、补充教学资料	(53)
四、典型示范教案	(72)
五、汽车相关资料和数据	(74)
六、技能鉴定考核参考试卷	(79)
七、习题参考答案	(81)
 第三单元 点火系统	(96)
一、教学重点、难点解析	(96)
二、教学安排建议	(96)

三、补充教学资料	(96)
四、典型示范教案	(127)
五、汽车相关资料和数据	(129)
六、技能鉴定考核参考试卷	(133)
七、习题参考答案	(135)
 第四单元 汽车照明与信号系统	 (152)
一、教学重点、难点解析	(152)
二、教学安排建议	(152)
三、补充教学资料	(152)
四、典型示范教案	(158)
五、汽车相关资料和数据	(160)
六、技能鉴定考核参考试卷	(163)
七、习题参考答案	(165)
 第五单元 仪表系统	 (172)
一、教学重点、难点解析	(172)
二、教学安排建议	(172)
三、补充教学资料	(172)
四、典型示范教案	(174)
五、汽车相关资料和数据	(176)
六、技能鉴定考核参考试卷	(186)
七、习题参考答案	(188)
 第六单元 汽车空调系统	 (197)
一、教学重点、难点解析	(197)
二、教学安排建议	(197)
三、补充教学资料	(197)

四、典型示范教案	(223)
五、技能鉴定考核参考试卷	(225)
六、习题参考答案	(227)
 第七单元 汽车辅助电器设备	(231)
一、教学重点、难点解析	(231)
二、教学安排建议	(231)
三、补充教学资料	(231)
四、典型示范教案	(236)
五、技能鉴定考核参考试卷	(238)
六、习题参考答案	(240)
 第八单元 整车电路	(246)
一、教学重点、难点解析	(246)
二、教学安排建议	(246)
三、补充教学资料	(246)
四、典型示范教案	(253)
五、汽车相关资料和数据	(255)
六、技能鉴定考核参考试卷	(257)
七、习题参考答案	(258)



第一单元

电源系统

一、教学重点、难点解析

本单元的教学重点是掌握常用汽车电气检测仪器仪表的使用；蓄电池的充放电、使用和维护方法；掌握电源系统线路的连接方法；交流发电机和调节器的拆装、调试、故障诊断及维修方法。

主要的教学难点是蓄电池、交流发电机及各种调节器的工作原理；电源系统常见故障的检查和维修方法。

二、教学安排建议

通过本单元的教学，使学生熟悉汽车电气设备的组成及特点；了解汽车电气的发展历史及我国汽车电子产品的发展前景；掌握常用汽车电气检测仪器仪表的使用；学会使用万用表测量直流电路的电压、电流及电阻，并能对电容器、二极管和三极管的性能进行简易判别。使学生熟悉电源系统各组成部件的结构与工作原理；学会使用密度计和高率放电计等检查蓄电池技术状况的方法；基本掌握蓄电池常见故障的检查和维修方法；学会使用万用表、汽车电器万能试验台对发电机及其调节器的性能进行检测和分析；基本掌握电源系统线路的连接方法，交流发电机和调节器的拆装、调试、故障诊断及维修方法。

本单元的教学总课时为 48 学时，其中理论教学 18 学时，实习 30 学时。在教学过程中可根据学校条件实行理实一体化教学。

三、补充教学资料

1. 蓄电池的工作特性

蓄电池的工作特性主要包括铅蓄电池的静止电动势、内阻以及充、放电特性。

(1) 静止电动势 E_j 静止电动势是指蓄电池在静止状态（不充电也不放电）时正负极板之间的电位差（即开路电压），用 E_j 表示。其大小与电解液的相对密度和温度有关，在相对密度为 1.05~1.30 范围内，可由下述经验公式计算其近似值：

$$E_j = 0.84 + \rho_{25^\circ\text{C}}$$

式中 $\rho_{25^\circ\text{C}}$ —— 25℃ 时电解液的相对密度。

在实际使用中，蓄电池电解液的温度受环境温度的影响，不能总保持在 25℃，这样就必须将实测所得电解液相对密度换算成 25℃ 时的相对密度。其换算公式如下：

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

式中 ρ_t —— 实际测得的电解液密度；

t —— 实际测得的电解液温度；

β —— 相对密度、温度系数， $\beta = 0.0007$ ，即电解液温度每升高 1℃，相对密度将下降 0.0007。另外，也可以直接用修正值换算，修正值见表 1—1。

表 1—1 电解液相对密度换算成 25℃ 时的修正值

测得电解液温度 (℃)	+45	+30	+25	0	-25	-30	-45
密度计测量数修正值	+0.019	+0.004	0	-0.02	-0.038	-0.04	-0.05

汽车用蓄电池的电解液相对密度在充电时升高，放电时下降，一般在 1.12~1.30 之间波动。因此，蓄电池的静止电动势

也相应地在 1.96~2.14 V 之间变化。

(2) 内阻 R_n 蓄电池内阻的大小反映了蓄电池的带负载能力。在相同的条件下, 内阻越小, 输出电流越大, 带负载能力越强。蓄电池的内阻主要包括极板电阻、电解液电阻、隔板电阻、铅连接条及极柱电阻, 用 R_n 表示, $R_n = \sum R$ 。

极板电阻一般很小, 并且随极板上的活性物质的变化而变化。充电后电阻变小, 放电后电阻变大, 特别是在放电终了, 由于大量的活性物质转变为硫酸铅, 故其电阻大大增加。

电解液电阻与电解液的密度和温度有关。密度大, 温度低, 电解液的黏度增大, 渗透力下降, 电解液电阻增大。

隔板电阻主要取决于隔板的材料、厚度及多孔性, 因所用的材料而异。木质隔板比微孔橡胶隔板、微孔塑料隔板的电阻大。另外, 隔板越薄、隔板的孔隙性越好, 其电阻也越小。

连接条和极柱电阻本身就很小, 尤其是采用穿壁式连接后, 其电阻已降低到可忽略不计。但使用中因维护不当而氧化腐蚀时, 其电阻将显著增大。

总之, 启动型铅酸蓄电池的内阻一般都很小, 仅百分之几欧。在温度为 20℃ 时, 充足电的铅蓄电池的内阻可由下列经验公式计算:

$$R_0 = U_e / 17.1 C_{20}$$

式中 U_e ——蓄电池额定电压;

C_{20} ——蓄电池额定容量。

(3) 铅蓄电池的放电特性 铅蓄电池的放电特性是指在规定的放电条件下, 进行恒流放电的过程中, 蓄电池的端电压 U_t 、电动势 E_t 和电解液相对密度 $\rho_{25^\circ\text{C}}$ 等参数随放电时间 t 而变化的规律。将一只完全充足电的蓄电池以 20 h 放电率的电流进行恒流放电, 在放电过程中, 每隔一定时间测量其单体电池的端电压 U_t 、电动势 E_t 和电解液相对密度 $\rho_{25^\circ\text{C}}$, 便可得到该蓄电池的放电特性曲线。

由于放电过程中放电电流 I_t 是恒定的 ($I_t = 105/20 = 5.25 \text{ A}$)，因而单位时间内所消耗的硫酸量相同，所以，电解液的相对密度沿直线规律从 1.27 下降到 1.11。由经验可得：电解液相对密度每下降 0.01，则蓄电池约放电 6%。

放电过程中，由于蓄电池内阻 R_n 上要产生电压降，所以蓄电池的端电压 U_t 总是小于其电动势 E_t ，即

$$U_t = E_t - I_t \times R_n$$

式中 U_t ——放电时蓄电池的端电压；

E_t ——放电时蓄电池的电动势；

I_t ——放电电流；

R_n ——蓄电池的内阻。

随着放电程度的增加，电解液的相对密度不断下降，电动势 E_t 也下降，同时内阻 R_n 增加，故放电时蓄电池的端电压 U_t 不断下降，且总是小于电动势 E_t 。放电时由于孔隙内的电解液密度总是小于外部电解液密度，因此放电时的电动势 E_t 也总是小于蓄电池的静止电动势 E_j 。

从图 1—1 中可以看出，铅蓄电池放电时，端电压 U_t 的变化过程可分为四个阶段。

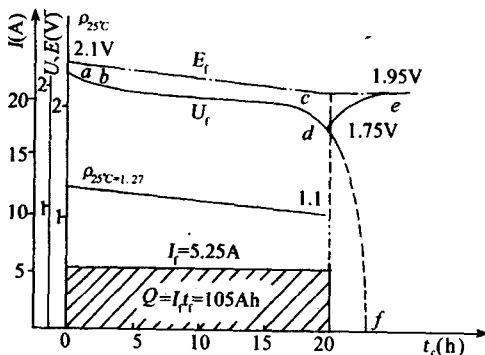


图 1—1 铅蓄电池放电特性

1) 第一阶段(图中 ab 段) 放电开始时, 蓄电池端电压从 2.1 V 迅速下降到 2 V , 这是由于极板孔隙中硫酸迅速消耗, 电解液相对密度急剧降低的缘故。

2) 第二阶段(bc 段) 蓄电池端电压下降比较稳定, 从 2 V 缓慢下降至 1.85 V , 这时极板孔隙内消耗的硫酸与外部向极板内渗透补偿的硫酸数量基本相等, 处于平衡状态。孔隙内的电解液相对密度随孔外的电解液相对密度一起缓慢下降, 端电压也随整个容器内电解液相对密度的降低而缓慢下降到 1.85 V 。

3) 第三阶段(cd 段) 端电压从 1.85 V 迅速下降至 1.75 V , 此时极板上已生成一层硫酸铅(PbSO_4), 由于 PbSO_4 的体积大(比 Pb 的体积大 2.68 倍, 比 PbO_2 的体积大 1.86 倍)而堵塞极板的孔隙, 使硫酸渗透困难, 造成极板内部电解液相对密度迅速下降。同时由于 PbSO_4 增多, 使蓄电池内阻增大, 因而导致蓄电池端电压迅速下降。这时应立即停止放电, 否则端电压 U_t 将会急剧降到 0 V 而出现过度放电现象(图中 df 段)。过度放电对蓄电池是有害的, 因为此时生成的硫酸铅(PbSO_4) 晶粒粗大、质地较坚硬、组织较细密, 在充电时不易还原, 使蓄电池极板损坏而过早报废。

4) 第四阶段(de 段) 停止放电后, 蓄电池的端电压将缓慢回升到 1.95 V , 即蓄电池“休息”阶段。由于停止放电后, 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。

铅蓄电池是否放电终了, 可通过测量其电压和电解液的相对密度来判断。其特征是:

①电解液相对密度下降到最小许可值 1.11 ;

②单格电池电压下降到放电终止电压, 放电终止电压与放电电流有关, 见表 1—2。放电电流越大, 持续放电时间越短, 允

许的放电终止电压越低。如以 20 h 放电率放电, 单格电池终止电压为 1.75 V; 以 10 h 放电率放电, 单格电池终止电压为 1.70 V。

表 1—2 启动型铅蓄电池的放电率与终止电压的关系

放电电流 (A)	$0.05Q_{20}$	$0.1Q_{20}$	$0.25Q_{20}$	Q_{20}	$3Q_{20}$
持续放电时间	20 h	10 h	3 h	30 min	5.5 min
单格电池终止电压 (V)	1.75	1.70	1.65	1.55	1.50

(4) 铅蓄电池的充电特性 蓄电池的充电特性是指在恒流充电过程中, 蓄电池的端电压 U_c 、电动势 E_c 和电解液相对密度 $\rho_{25^\circ\text{C}}$ 等参数随充电时间 t 而变化的规律。以一定的充电电流 I_c 向一只完全放电的蓄电池进行充电, 在充电过程中, 每隔一段时间测量其单格电池的电压 U_c 、电解液相对密度 $\rho_{25^\circ\text{C}}$ 等, 便可得到该蓄电池的充电特性曲线。图 1—2 所示为一只 6—Q—105 型蓄电池以 10.5 A 的充电电流进行充电的特性曲线。

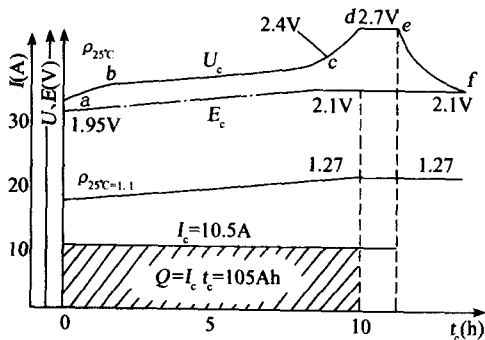


图 1—2 铅蓄电池充电特性

充电时, 电源电压必须克服蓄电池的电动势 E_c 和蓄电池内阻产生的电压降 $I_c R_n$, 因此充电过程中蓄电池的端电压 U_c 总是高于蓄电池的电动势 E_c , 即

$$U_c = E_c + I_c R_n$$

由于采用恒流充电，单位时间内所生成的硫酸量相等。所以，电解液相对密度 $\rho_{25^\circ\text{C}}$ 随时间成直线规律上升到 1.27，静止电动势 E_j 也由于电解液相对密度的不断上升而增加。

由图 1—2 还可看出，在整个充电过程中，蓄电池端电压 U_c 的变化过程可分为五个阶段：

1) 第一阶段 (图中 ab 段) 端电压从 1.95 V 迅速上升到 2.1 V。这是因为刚开始充电时，活性物质和电解液的作用首先是在极板的孔隙中进行的，生成的硫酸使孔隙内的电解液相对密度迅速增大所致。

2) 第二阶段 (bc 段) 端电压从 2.1 V 缓慢上升到 2.4 V。这是因为在这一阶段极板孔隙内生成的硫酸开始向外扩散，且生成硫酸的速度与硫酸向外扩散的速度达到了平衡，蓄电池的端电压就不再迅速上升，而是随着整个容器内电解液相对密度的上升而相应地缓慢升高。

3) 第三阶段 (cd 段) 当蓄电池端电压上升到 2.3~2.4 V 时，蓄电池内部会出现“沸腾”现象，且随着端电压的不断上升，“沸腾”现象逐渐加剧。这是由于此时极板上的活性物质几乎最大限度地转变为二氧化铅 (PbO_2) 和海绵状纯铅 (Pb)，如继续充电，电解液中的水将开始分解而产生氢气和氧气，以气泡的形式剧烈放出，形成了所谓的“沸腾”现象。由于氢离子在负极板上与电子的结合不是瞬间完成而是缓慢进行的，于是靠近负极板处会积存有较多的正离子 H^+ ，使溶液和极板之间产生了附加电位差 (也称氢过电位，约 0.33 V)，因而使端电压急剧升至 2.7 V 左右。

4) 第四阶段 (de 段) 允许过充电阶段。过充电是为了保证硫酸铅 (PbSO_4) 尽可能完全转化成二氧化铅 (PbO_2) 和海绵状纯铅 (Pb)。在过充电阶段，蓄电池端电压保持在 2.7 V 不再

上升；电解液密度保持在最大值不再上升；水大量电解，电解液呈“沸腾”状态。过充电时间不能过长，一般为2~3 h，否则会加速活性物质的脱落，使极板过早损坏。

5) 第五阶段(*ef*段) 切断充电电流后，极板孔隙内部的硫酸逐步向外扩散，使极板内外电解液相对密度趋向平衡，因而蓄电池的端电压又降至2.1 V左右。

铅蓄电池充电终了的特征是：

- 1) 蓄电池内产生大量气泡，即电解液出现“沸腾”。
- 2) 电解液相对密度上升到最大值，且2~3 h内不再增加。
- 3) 端电压上升到2.7 V，且2~3 h内不再升高。

2. 新型蓄电池

(1) 干式荷电铅蓄电池 干式荷电铅蓄电池即干荷电铅蓄电池，它与普通干封式铅蓄电池的区别是极板组在干燥状态条件下能够较长期地保存在制造过程中所得到的电量。所以，干荷电铅蓄电池在规定的保存期内(2年)如需使用，只要灌入符合规定密度的电解液，搁置20~30 min，调整液面高度至规定标准后，不需要进行初充电即可装车使用。

干荷电铅蓄电池之所以具有干荷电性能，主要在于铅蓄电池的材料和制造工艺与普通干封式铅蓄电池不同。

1) 在负极板上的铅膏中加入了适量的松香、油酸、硬脂酸等防氧化剂，以形成保护层，降低其活性，防止过早氧化。

2) 在极板化成过程中，适当延长化成时间或采用一次深放电循环或进行反复地充电、放电循环等深化方法，使活性物质达到深化。

3) 化成后的负极板，先用清水冲洗后，再放入防氧化剂溶液(硼酸、水杨酸混合液)中进行浸渍处理，以除去残存在负极板上的硫酸并使其表面生成一层保护膜，防止海绵状铅硫化和干

燥后在储存期间发生“回潮”。

4) 将负极板置于充有惰性气体或抽成真空的干燥罐中进行特殊干燥处理,其抗氧化性能得到提高,因此,与普通铅蓄电池相比,自放电小,储存期较长。

干荷电蓄电池的维护与普通蓄电池基本一样。对于储存期超过2年的干荷电蓄电池,因极板有部分氧化,使用前应以补充充电方式充足电后再用。

(2) 湿荷电铅蓄电池 湿荷电铅蓄电池与普通干封式铅蓄电池所不同的是,它采用极板群组化成,化成后将极板浸入相对密度为1.35、内含0.5% (重量比) 硫酸钠的稀硫酸溶液里浸渍10 min (硫酸钠在负极板活性物质表面起抗氧化作用),离心沥酸后,不经干燥即进行组装密封成为湿荷电蓄电池,其极板和隔板仍带有部分电解液,蓄电池内部是湿润的,故而得名。

这种蓄电池自出厂之日起,可允许储存6个月。在储存期内如需使用,只需加入规定密度的电解液,搁置20~30 min后不需初充电即可投入使用。如储存期过长,则需经过短时间的补充充电方可正常使用。

(3) 免维护蓄电池 免维护蓄电池也叫“MF”蓄电池,它从20世纪70年代后期进入国际市场,目前已得到迅速发展。国产奥迪、桑塔纳、别克等高级轿车均装用了免维护蓄电池。

1) 免维护蓄电池的优点

①在规定的条件下,使用过程中不需补加蒸馏水(一般可使用3~4年)。所谓免维护主要是指使用中不需补加或很少补加蒸馏水。

②自放电少,仅为普通蓄电池的 $1/8 \sim 1/6$,因此可以较长时间(一般为2年)湿储存。

③内阻小,具有较高的放电电压和较好的启动性能。

④耐过充电性能好。

⑤极柱无腐蚀或腐蚀极轻。

⑥耐热、耐振性好，使用寿命长。免维护蓄电池使用寿命一般在4年以上，是普通铅蓄电池使用寿命的2倍多。

2) 免维护蓄电池的结构 如图1—3所示，其结构特点如下：

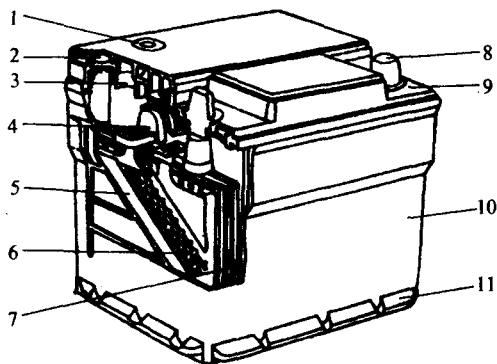


图1—3 免维护蓄电池结构

- 1—内装温度补偿型密度计 2—排气孔 3—液气隔板
4—极柱接板 5—极板 6—铅钙锡板栅
7—隔板 8—极柱 9—极柱标记
10—聚丙烯外壳 11—安装固定座

①在蓄电池内安装有液气隔离板，使蓄电池上部形成集气室，集气室用来收集水蒸气和硫酸蒸气。当水蒸气和硫酸蒸气进入集气室冷却后则变为液体，返流回电解液中，从而有效地避免了水的蒸发。

②采用袋式微孔聚氯乙烯隔板，将正极板包住，减少了正极板上活性物质的脱落，并可防止极板短路。

③极板栅架采用铅—钙—锡合金或低锡（含锡2%~3%）合金，彻底消除或大大减小了锡的副作用。

④内部装有温度补偿型密度计，可随时监视蓄电池的存电状