

汽车电气设备构造与维修



类目：新能源汽车类

书名：汽车电气设备构造与维修

主编：张衍栋 李晓刚 王翊

出版社：湖南大学出版社

开本：大 16 开

书号：978-7-5667-4040-3

使用层次：通用

出版时间：2025 年 7 月

定价：59.80 元

印刷方式：双色

是否有资源：有



新能源汽车类创新融合精品教材
“互联网+”教育改革新理念教材

汽车电气设备构造与维修

张衍栋 李晓刚 王 翊 主编

湖南大学出版社

汽车电气设备构造与维修

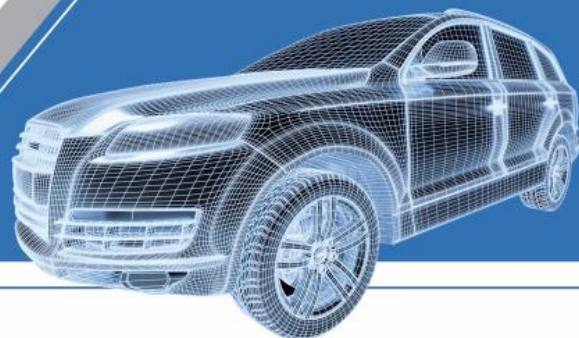
责任编辑：蔡京声
封面设计：万典文化



ISBN 978-7-5667-4040-5
定价：59.80元

汽车电气设备构造与维修

张衍栋 李晓刚 王 翊 主编



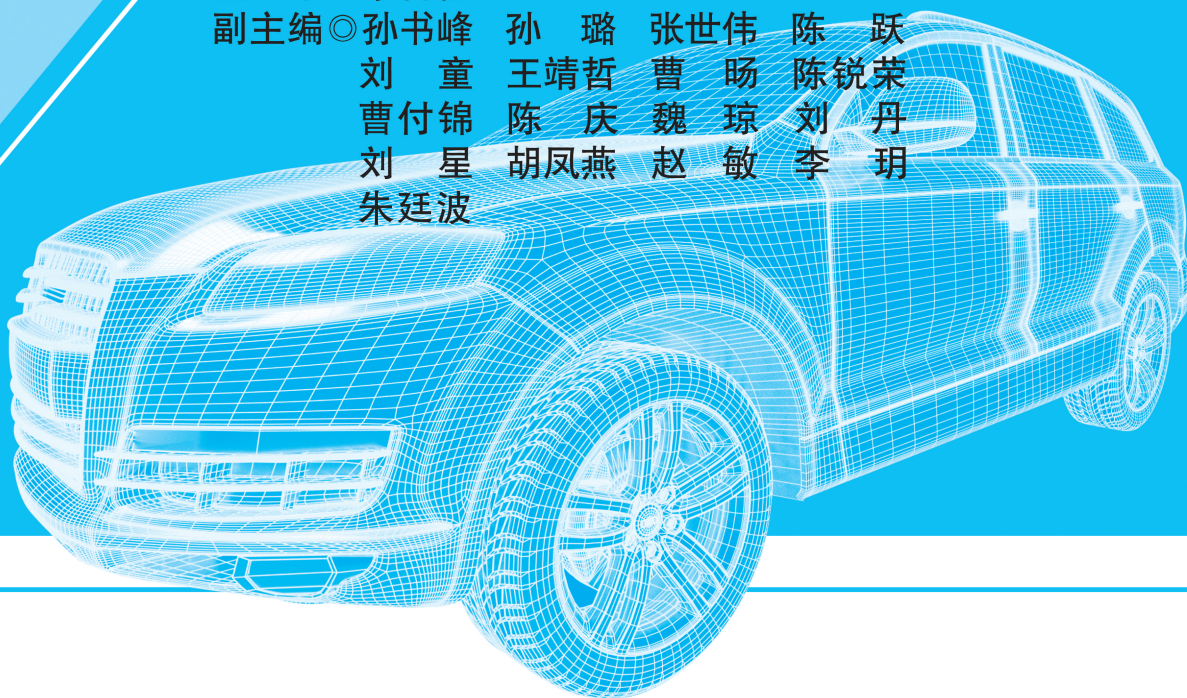
湖南大学出版社



新能源汽车类创新融合精品教材
“互联网+”教育改革创新理念教材

汽车电气设备 构造与维修

主 编◎张衍栋 李晓刚 王 翊
主 审◎李衍德
副主编◎孙书峰 孙 璐 张世伟 陈 跃
刘 童 王靖哲 曹 旻 陈锐荣
曹付锦 陈 庆 魏 琼 刘 丹
刘 星 胡凤燕 赵 敏 李 玥
朱廷波



湖南大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

汽车电气设备构造与维修 / 张衍栋, 李晓刚, 王翊

主编. --长沙: 湖南大学出版社, 2025. 7. -- ISBN

978-7-5667-4040-3

I. U472.41

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2025W9P000 号

汽车电气设备构造与维修

QICHE DIANQI SHEBEI GOUZAO YU WEIXIU

主 编: 张衍栋 李晓刚 王 翊

责任编辑: 蔡京声

印 装: 唐山唐文印刷有限公司

开 本: 889 mm×1194 mm 1/16 印 张: 15.5 字 数: 387 千字

版 次: 2025 年 7 月第 1 版 印 次: 2025 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5667-4040-3

定 价: 59.80 元

出 版 人: 李文邦

出版发行: 湖南大学出版社

社 址: 湖南·长沙·岳麓山 邮 编: 410082

电 话: 0731-88822559(营销部), 88821174(编辑室), 88821006(出版部)

传 真: 0731-88822264(总编室)

网 址: <http://press.hnu.edu.cn>

电子邮箱: xiaoshulianwenhua@163.com

版权所有, 盗版必究

图书凡有印装差错, 请与营销部联系

前言 PREFACE



随着我国汽车工业的迅猛发展和人们生活水平的提高,汽车已大量进入平常百姓的家庭,而现有从事汽车服务专业人才数量远不能满足汽车保有量急剧增加的需求。汽车新技术的大量应用,对从事汽车服务的人才规格要求更高。因此,培养出适应现代汽车服务企业需要的一线高技能人才是院校的首要任务。

本书在编写过程中注重工作过程系统化,力求内容系统新颖,图文并茂,重点突出;尽量结合常见车型典型电路进行分析讲解,注重培养学生的电路分析和故障检测诊断能力。

本书在设计上结合了行业、企业的工作实际,职业针对性强。内容的重构体现工作过程导向思想,岗位针对性强。学习目标要注重职业能力培养。总体体现的不仅仅是专业知识学习和技能培养,更多的是培养学生积极的工作态度,如合作精神、责任意识、主动学习意识和方法、工作成果的交流和评价等。

本书涵盖了汽车电气设备的各个方面,包括汽车电气系统的认识和工具使用,蓄电池的充电与检修,充电指示灯常亮的检修,起动机不工作故障的检修,起动机运转正常、发动机不着火故障的检修,前照灯不亮、转向信号灯不工作的检修,冷却液温度表不指示、报警灯常亮的检修,常用辅助电气系统的检修,汽车电器线路图的分析等。从基础知识的讲解到先进技术的介绍,从传统电气设备到现代智能系统,内容丰富且层次分明,使读者能够全面了解汽车电气设备构造维修的全貌。

在本书编写的过程中,相关企业的汽车维修管理人员对本书提出了许多宝贵意见,并参考了国内一些相关书籍,在此一并表示诚挚的感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录 CONTENTS



项目一 汽车电气系统的认识和工具使用 / 1

- 任务 1 汽车电路基础知识 / 2
- 任务 2 汽车电路基础元件的认识 / 4
- 任务 3 汽车电气系统的组成与特点 / 15
- 任务 4 汽车电气系统检修常识及设备 / 17

项目二 蓄电池的充电与检修 / 25

- 任务 1 蓄电池的构造与型号 / 26
- 任务 2 蓄电池的工作原理及特性 / 31
- 任务 3 蓄电池的容量及影响因素 / 36
- 任务 4 蓄电池的充电方法及种类 / 39
- 任务 5 蓄电池常见故障及使用维护 / 43

项目三 充电指示灯常亮的故障检修 / 51

- 任务 1 交流发电机的作用、结构、工作原理 / 52
- 任务 2 电压调节器的分类及工作原理 / 63
- 任务 3 车用交流发电机 / 74
- 任务 4 充电系统电路分析 / 78
- 任务 5 硅整流发电机、调节器的检测与维修 / 81

项目四 起动机不工作故障的检修 / 89

- 任务 1 起动系统的结构 / 90
- 任务 2 起动机的使用与检修 / 102
- 任务 3 起动控制电路 / 114





项目五 起动机运转正常，发动机不着火故障的检修 / 119

- 任务1 点火系统的构造 / 120
- 任务2 点火系统的主要部件 / 129
- 任务3 点火系统的使用与维护 / 135

项目六 前照灯不亮，转向信号灯不工作的检修 / 139

- 任务1 前照灯的结构与控制 / 140
- 任务2 前照灯的检验与调整 / 150
- 任务3 照明系统电路实例分析 / 156
- 任务4 信号系统分析 / 160

项目七 冷却液温度表不指示，报警灯常亮的检修 / 171

- 任务1 仪表系统 / 172
- 任务2 电子显示与多路传输系统 / 190
- 任务3 报警系统 / 194

项目八 常用辅助电气系统的检修 / 199

- 任务1 电动刮水器与清洗装置 / 200
- 任务2 电动车窗 / 206
- 任务3 电控门锁系统 / 208
- 任务4 电动后视镜 / 214
- 任务5 电动座椅 / 216
- 任务6 电动风窗除霜器 / 220

项目九 汽车电器线路图的分析 / 222

- 任务1 丰田汽车公司电路分析方法 / 223
- 任务2 大众汽车公司电路分析方法 / 226
- 任务3 通用汽车公司电路分析方法 / 232

附录 / 237

参考文献 / 242





项目一

汽车电气系统的认识和工具使用



任务1 汽车电路基础知识

一、线路与电路的基本概念

在汽车供用电系统中,电源提供电能,用电设备使用电能。须用导线将电源与用电设备两者合理地连接起来,让电流形成回路,才能使电流在用电器中做功。电工学中将这种电流通过的路径称为电路,而电路都是用导线连接而成的,故又称为线路。汽车电路就是汽车电器线路的简称,是用选定的具有一定规格的导线将全车所有的电器设备相互连接成电路,构成的一个完整的供用电系统。

电路的概念可通过图 1-1 来理解。如图 1-1 (a) 所示,把蓄电池的正极、负极与灯泡用导线连接起来即形成了实际电路。如果用符号表示图中的电器,就会得到图 1-1 (b) 所示的电路图,图中 R 表示灯泡的电阻,箭头表示电流的流向。如果在图 1-1 (b) 电路中增设一个开关,就形成了图 1-1 (c) 所示的电路,该电路可通过开关控制电路的通与断。开关断开时,电路中没有电流通过,灯不亮,这种状态称为开路或断路;开关闭合时,电路中有电流通过,灯亮,这种状态称为通路。

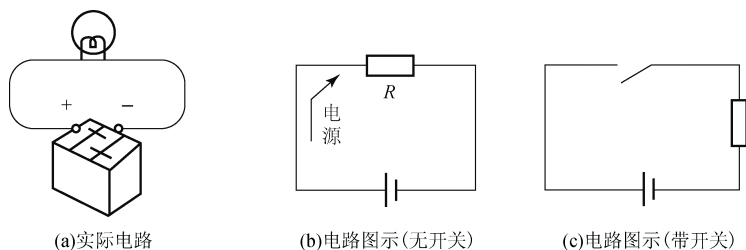


图 1-1 电路的概念

二、汽车电路中常用的图形符号

汽车电路中常用的图形符号如图 1-2 所示。

三、常用报警灯和指示灯标志

在汽车上一般用特定的图形标志或英文字母来表示各种开关、报警灯和指示灯的功能。这些图形标志国际通用,具有形象、简明的特点,一看便知其功能。常用的报警灯和指示灯标志如图 1-3 所示。





图 1-2 汽车电路中常用图形符号



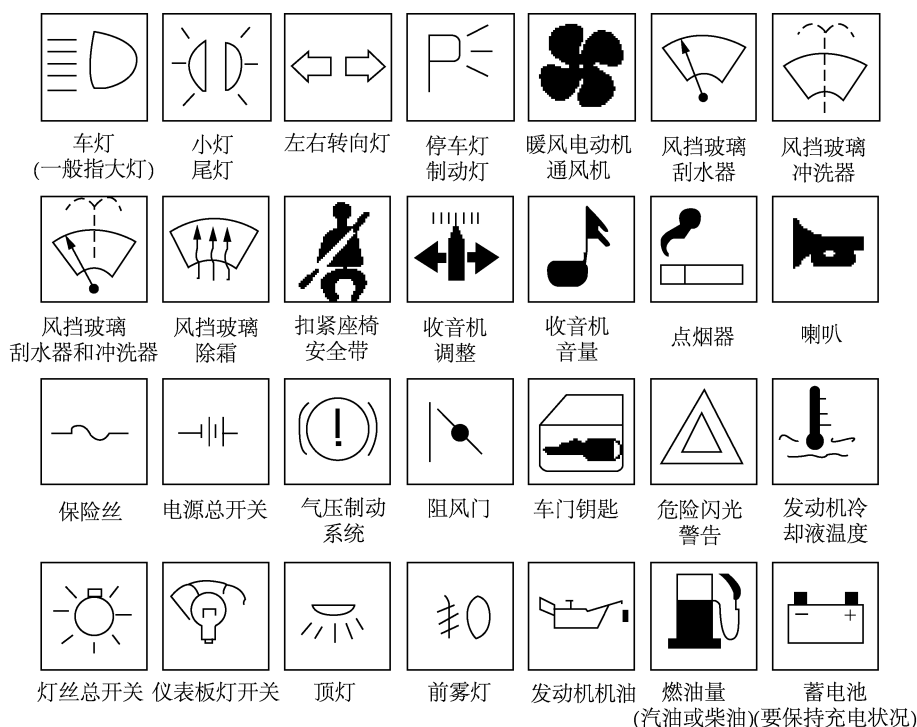


图 1-3 常见报警灯和指示灯标志

任务 2 汽车电路基础元件的认识

一、保险装置

汽车上的保险装置主要有熔断器、易熔线和断路器。

1. 熔断器

熔断器也叫保险丝，在电路中起保护作用。当电路中流过超过规定的电流时，熔断器的熔丝自身发热而熔断，切断电路，防止烧坏电路连接导线和用电设备，并把故障限制在最小范围内。熔断器的主要元件是熔丝（片），其材料是锌、锡、铅、铜等金属的合金。常见熔断器按外形分可分为熔片式、熔管式、绝缘式、缠丝式、插片式等，如图 1-4 所示。通常情况下，将很多熔断器组合在一起安装在熔断器盒内，并在熔断器盒盖上注明各熔断器的名称、额定容量和位置，同时用不同的颜色来区别熔断器的容量。

一般情况下，环境温度在 $18^{\circ}\text{C} \sim 32^{\circ}\text{C}$ ，流过熔断器的电流为额定电流的 1.1 倍时，熔丝不熔断；达到额定电流的 1.35 倍时，熔丝将在 60s 以内熔断；达到额定电流的 1.5 倍时，20A 以内的熔丝将在 15s 以内熔断，30A 的熔丝将在 30s 以内熔断。

熔断器在使用中应注意以下几点：



- (1) 熔断器熔断后，必须找到故障的真正原因，彻底排除故障。
 - (2) 更换熔断器时，更换的熔断器一定要与原规格相同；汽车上增加用电设备时，不要随意改用容量大的熔断器，最好另外安装熔断器。
 - (3) 熔断器支架与熔断器接触不良会产生电压降和发热现象，安装时要保证良好接触。
- 行驶途中熔断器熔断后的应急处理：可用其他电路的相同或稍大容量的熔断器替代；如果其他电路也需要工作，可暂时采用细导线代替其他电路的熔断器。一旦到达目的地或有新熔断器时，应及时更换。

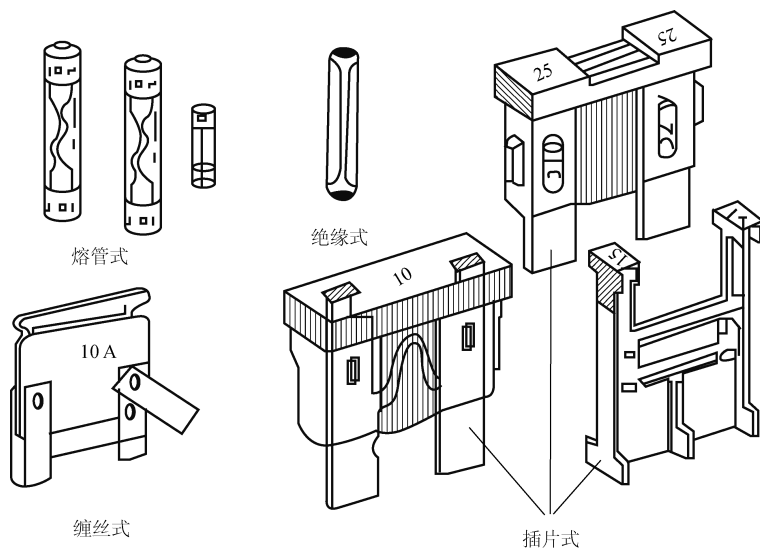


图 1-4 常见熔断器

2. 易熔线

易熔线是一种大容量的熔断器，用于保护电源电路和大电流电路，如图 1-5 所示。

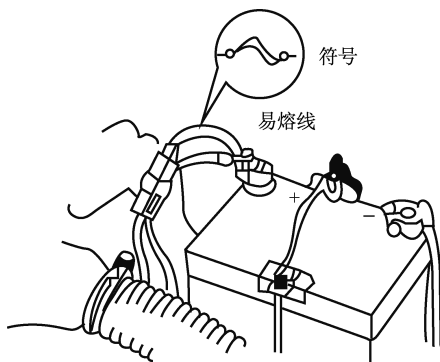


图 1-5 易熔线实物与连接位置

注意：

- (1) 绝对不允许换用比规定容量大的易熔线。
- (2) 易熔线熔断，可能是主要电路发生短路，因此必须仔细检查，彻底排除隐患。
- (3) 不能将易熔线和其他导线绞合在一起。





3. 断路器

电路断路器通过断开电路和截断电流以防止导线和电子元件过热和可能因此造成的火灾，在电路中用于防止有害的电路过载（额外的电流）。电路断路器是机械装置，它利用两种不同金属（双金属）的热效应断开电路，如图 1-6 所示。如果额外的电流经过双金属带，双金属带弯曲，触点开路，阻止电流通过；当电路断路器冷却时，触点再次闭合，电路导通；当无电流时，双金属带冷却而使电路重新闭合，电路断路器复位。

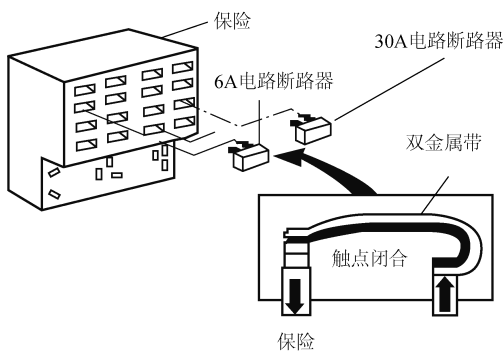


图 1-6 断路器示意图

前照灯电路是应用电路断路器代替保险的一个极好的例证。前照灯电路中任何地方发生短路或接地都会产生额外的电流，并会因此断开电路。如果在夜晚突然失去前照灯往往会产生灾难性的后果，但电路断路器在断开电路后又会迅速闭合电路，从而既避免电路过热，又可以至少保持部分前照灯能够工作。

二、继电器

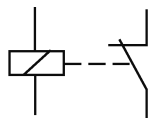


继电器

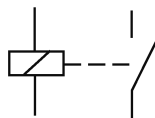
继电器是利用电磁或机电原理及其他方法（如热电或电子）实现自动接通或切断一对或多对触点，以完成用小电流控制大电流的装置。在电路设置继电器可以减小控制开关的电流负荷，减少烧蚀等现象的产生，保护电路中的控制开关。汽车中大量使用各种继电器，如进气预热继电器、空调继电器、喇叭继电器、雾灯继电器、中间继电器、风窗刮水器/清洗器继电器、危险报警与转向闪光继电器等。继电器外形如图 1-7 所示，电路符号如图 1-8 所示，内部结构如图 1-9 所示。继电器的每个插脚都有标号，与中央接线盒正面板继电器插座的插孔标号相对应，如表 1-1 所示。



图 1-7 继电器外形图



(a) 触点常闭的继电器



(b) 触点常开的继电器

图 1-8 继电器的电路符号



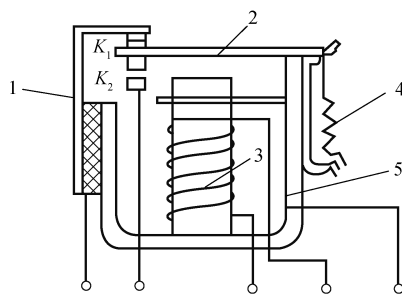


图 1-9 继电器内部结构示意图

1—触点支架；2—衔铁；3—线圈；4—弹簧；5—磁轭支架

提示：继电器的工作电压分为 12V 和 24V 两种，分别应用于相应标称电压的汽车上。两种标称电压的继电器不能互换使用。

表 1-1 常见继电器的外形、电路、引线标号及颜色

型号	外形	电路	引线标号	颜色
1T				黑
1M				蓝
2M				棕
1M1B				灰



图 1-10 所示为小型标准通用继电器的外形、插脚布置与内部电路。

汽车上的继电器有很多，常见的有三类：动合继电器、动断继电器和混合型继电器。动合继电器（常开继电器）平时触点是断开的，继电器动作后触点才接通；动断继电器（常闭继电器）平时触点是闭合的，继电器动作后触点断开；混合型继电器平时动断触点接通，动合触点断开，如果继电器线圈通电，则变成相反状态。这三类继电器的动作状态如表 1-2 所示。

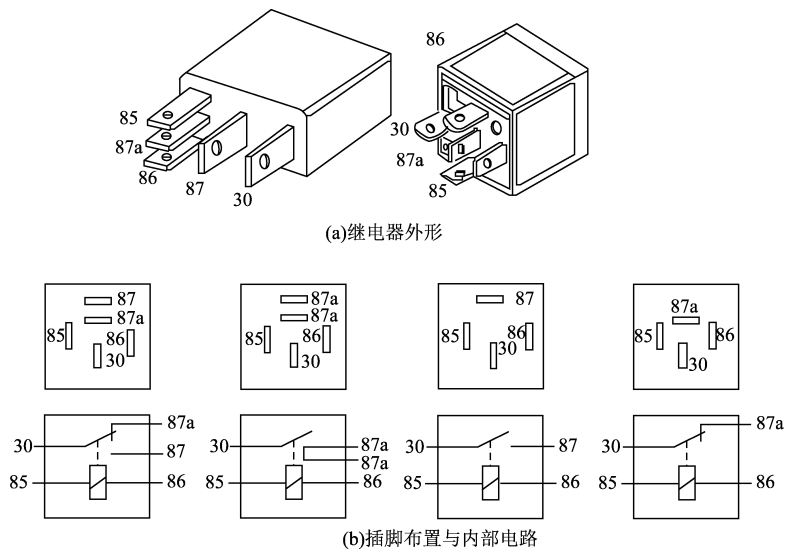


图 1-10 小型标准通用继电器的外形、插脚布置与内部电路

表 1-2 继电器的工作状态

类型	动合 (N. O) 继电器	动断 (N. C) 继电器	混合型继电器
正常 (通常) 状态			
线圈通电时的情况			

要想在原车上安装附加的电子附件，简单地接入已有的电路中可能会使保险装置或配线过载。采用继电器扩展可有效解决这一问题，如图 1-11 所示。



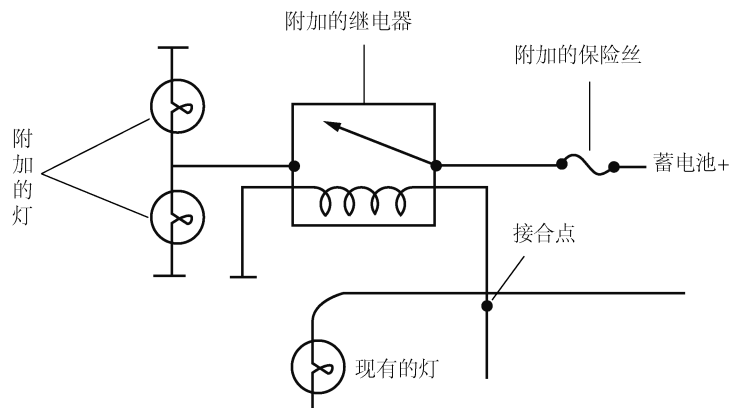


图 1-11 用继电器进行电路扩展

三、开关

开关在电路图中的表示方法有多种，常见的有结构图表示法、表格表示法和图形符号表示法等。

下面以柴油车一般采用的点火开关为例，介绍电路中点火开关的表示方法，如图 1-12 所示。点火开关的功能主要有：锁住转向盘转轴（LOCK 挡），接通仪表指示灯（ON 或 IG 挡），起动发动机（ST 或 START 挡），给附件供电（Acc 挡，主要是收音机专用），给发动机预热（HEAT 挡）。其中起动、预热挡工作时消耗电流很大，开关不宜接通过久，所以这两个挡位在操作时必须用手克服弹簧力，扳住钥匙，一松手就会弹回点火挡，不能自行定位；其他各挡位均可自行定位。

几种常见车型点火开关的挡位与接线柱的对应关系见表 1-3。

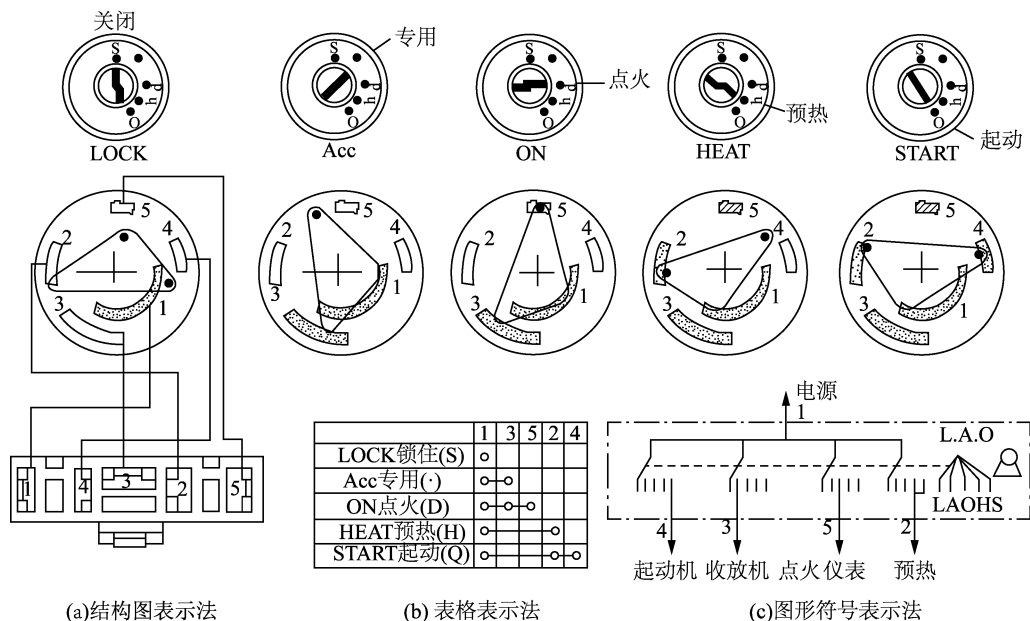
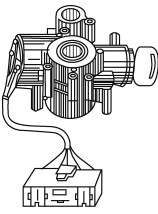


图 1-12 点火开关的三种表示方法



表 1-3 点火开关的挡位与接线柱的关系

						接线柱标志						
						电源	附件	点火仪表 指示灯	起动	预热	停车灯	厂家 或车型
						1	3	2	4			解放
						1	3	5	4	2		跃进
挡位符号						30	15A	15	50	17. 19	P	依维柯
厂家或 车型	解放 1092	跃进	富康	依维柯	日产、 丰田	B1 B2 B3	A	11 13	C	R1 R2		日产
						AM1 AM2	Acc	IG	ST1 ST2			丰田
锁定	O	S	O	STOP	LOCK							
断开	O	S	O	STOP	OFF							
附件 (专用)	3	○	A		Acc							
点火 (工作)	1	D	M	MAR	ON 或 IG							
起动	2	Q	D	AVV	START							
预热	4	H			HEAT							

提示：有的点火开关在发动机工作时具有防止误起动功能（如捷达、桑塔纳、奥迪等轿车）。

四、插接器

插接器就是通常所说的插头和插座，用于线束与线束或导线与导线间的相互连接。为了防止插接器在汽车行驶中脱开，所有的插接器均采用了闭锁装置。下面以日本汽车使用的插接器为例介绍其相关知识。

1. 插接器的识别方法

插接器的符号和实物对照如图 1-13 所示。符号涂黑的表示插头，白色的表示插座，带有倒角的表示的是针式插头。

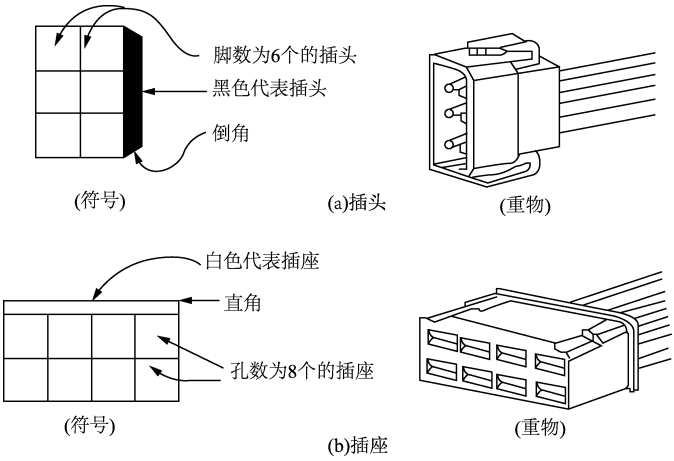


图 1-13 插接器的符号和实物



2. 插接器的连接方法

插接器接合时，应把插接器的导向槽重叠在一起，使插头和插孔对准，然后平行插入即可十分牢固地连接在一起。插接器连接后，其导线的连接如图 1-14 所示。例如 A 线的插孔①与 a 线的插头①'是相配合的，其余以此类推。

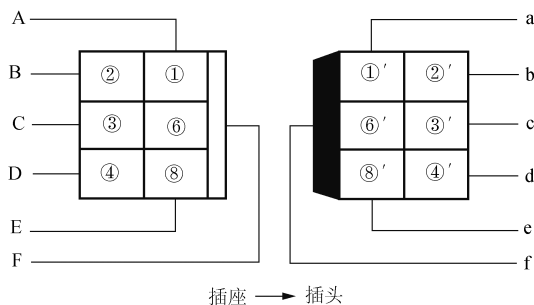


图 1-14 插接器的连接方法

3. 插接器的断开方法

断开插接器时，首先要解除闭锁，如图 1-15 所示。然后把插接器拉开，不允许在未解除闭锁的情况下用力拉导线，这样会损坏闭锁装置或连接导线。有些插接器用钢丝扣锁止，取下钢丝扣后才能将插接器拨开。

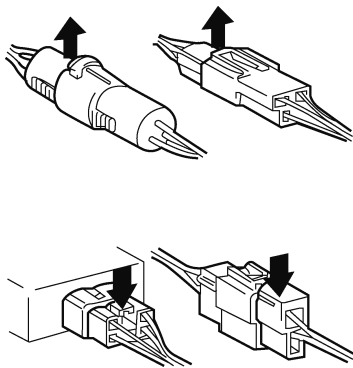


图 1-15 解除插接器闭锁的方法

4. 插接器的拆装与检测

在插接器端子有接触不良或断线故障时，可将插接器分解，用小螺丝刀或专用工具从壳体中取出导线及端子，进行修理或更换。

插接器的拆卸方法如下：

- (1) 断开蓄电池。
- (2) 从其配对的另一半元件上断开插接器。
- (3) 压下接头上的锁止凸舌，以松开端子，如图 1-16 所示。
- (4) 用专用工具压端子并将导线从插接器上拆下，如图 1-17 所示。
- (5) 修理或更换端子。



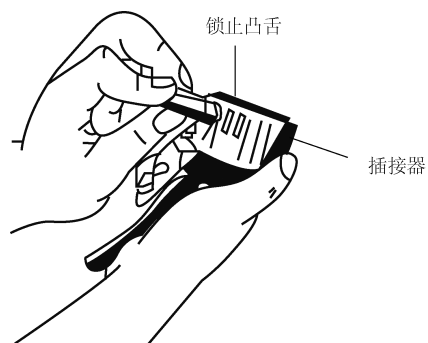


图 1-16 压下锁止凸舌

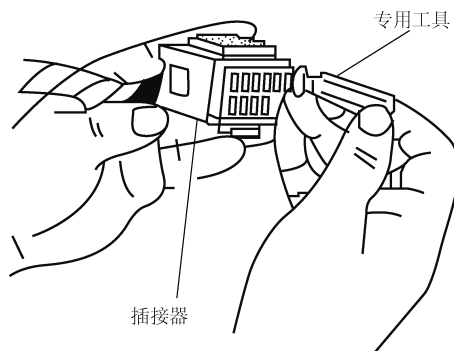


图 1-17 从插接器上拆下导线

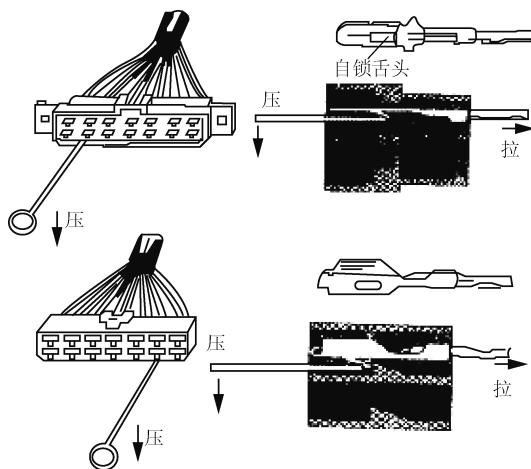


图 1-18 插接器拆装专用工具与使用方法

插接器的安装方法如下：

- (1) 使锁止凸舌复位。
- (2) 将拆下的导线插入修理插头原来的插孔中。
- (3) 重复插入插接器上的每根导线，确保所有导线都插入正确的插孔中（插接器引出线的识别参见相关电路图）。
- (4) 在重新组装插接器时，锁止凸舌必须放到锁定位置，以防端子脱出。
- (5) 将插接器连接到其配对的元件中。
- (6) 连接蓄电池并测试所有受影响的系统。

插接器的检测：在检查线路的电压或导通情况时，不必脱开插接器，只需将万用表两探针插入插接器尾部的线孔内进行测量即可。

插接器的拆装专用工具可用硬钢丝弯曲磨制，如图 1-18 所示。

五、导线

汽车用导线有低压导线和高压导线两种，二者均采用铜质多芯软线。



1. 低压导线

(1) 导线的截面积。

导线的截面积主要根据其工作电流选择,但是对于一些工作电流较小的电器,为保证具有一定的机械强度,汽车电器中导线截面积不得小于 0.5 mm^2 。各种低压导线标称截面积所允许的负载电流见表 1-4。

表 1-4 低压导线标称截面积允许负载电流值

低压导线标称截面积/ mm^2	1.0	1.5	2.5	3.0	4.0	6.0	10	13
负载电流值/A	11	14	20	22	25	35	50	60

所谓标称截面积,是指经过换算而统一规定的线芯截面积,不是实际线芯的几何面积,也不是各股线芯几何面积之和。

汽车 12 V 电系主要线路导线标称截面积推荐值见表 1-5。

表 1-5 12 V 电系主要线路导线标称截面积推荐值

标称截面积/ mm^2	用 途
0.5	尾灯、顶灯、指示灯、仪表灯、牌照灯、刮水器、时钟、燃油表、水温表、油压表等电路
0.8	转向灯、制动灯、停车灯、断电器等电路
1.0	前照灯、电喇叭 (3A 以下) 电路
1.5~4.0	其他 5A 以上电路
4~6	柴油车电热塞电路
6~25	电源电路
16~95	起动电路

(2) 导线颜色。

各国汽车厂商在电路图上多以字母 (主要是英文字母) 来表示导线外皮的颜色及其条纹的颜色。日本汽车厂商多数选择用单个字母表示,个别用双字母,其中后一位是小写字母。我国的标准大体上与日本的相同。美国常用 2~3 个字母表示一种颜色,如果导线上有条纹,则要书写较多字母。德国汽车导线颜色代号,各厂商甚至各牌号不尽一致。也有的厂商如斯堪尼亚汽车导线采用数字代号表示颜色。



另外,导线颜色要容易区别。如常用黑、白、红、绿、黄、蓝、灰、棕、紫;其次用粉红、橙、棕褐;再次为深蓝、浅蓝、深绿、浅绿。在导线上采用条纹标志要与颜色形成对比强烈的效果,如黑白、白红……双色线的主色所占比例较大,辅助色所占比例较小。辅助色条纹与主色条纹沿圆周表面的比例为1:3~1:5。双色线的标注第一色为主色,第二色为辅助色。

(3) 线束。

汽车用低压导线除蓄电池导线外,都用绝缘材料如薄聚氯乙烯带缠绕包扎成束,避免水、油的侵蚀及磨损。在线束布线过程中不许拉得太紧,线束穿过洞口或绕过锐角处都应有套管保护。线束位置确定后,应用卡簧或绊钉固定,以免松动损坏。

(4) 导线维修。

大多数制造商推荐所有导线应用焊接方式进行维修。维修导线时,正确的操作方法如下:

- ① 从每一根需要维修绞接的导线去掉 12.7 mm 的绝缘层。
- ② 准备一根具有黏性衬的热缩管置于导线一侧。要确保管子足够长,以覆盖并封住整个修理区。
- ③ 将导线的多股线相互搭叠放在插接器夹内,如图 1-19 所示。
- ④ 用压接工具将插接器夹和导线卷缩在一起,如图 1-20 所示。

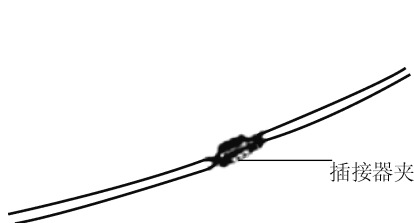


图 1-19 导线在插接器内搭铁

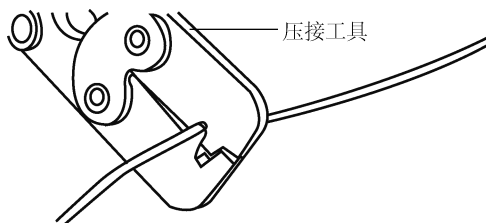


图 1-20 插接器夹和导线的压线

- ⑤ 用松香心型锡焊丝将连接处焊接在一起,如图 1-21 所示。

注意:不要使用酸性锡焊丝焊接。

- ⑥ 用喷枪加热热缩管的连接处并使连接点处于热缩管的中央位置。加热连接处直到管子紧紧封住并使焊液从管子两端流出,如图 1-22 所示。

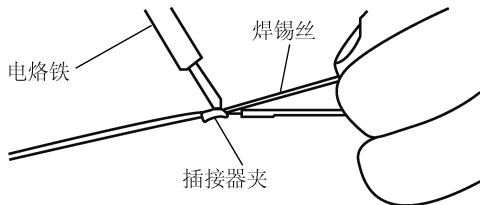


图 1-21 导线的焊接

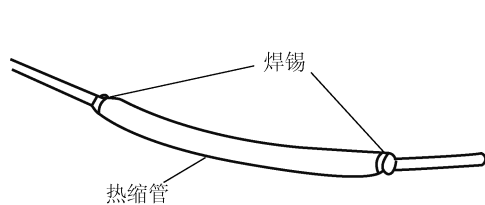


图 1-22 热缩管的使用

2. 高压导线

在汽车点火线圈至火花塞之间的电路使用高压导线,简称高压线。它分为普通铜芯高压线及高压阻尼点火线。带阻尼的高压线可抑制和衰减点火系产生的高频电磁波,降低对无线电设备及电控装置的干扰。



任务3 汽车电气系统的组成与特点

一、汽车电气系统的组成

随着汽车工业的发展,人们对汽车的性能要求也越来越高,传统的汽车电气系统与机械系统已很难满足日趋严格的关于汽车节能、排放与安全法规的要求。作为汽车必不可少的蓄电池、发电机、起动机、照明、信号、仪表、报警等传统意义上的汽车电器也发生着巨大的变化,特别是电子控制技术在汽车工业中的广泛应用,使得汽车电气系统越来越复杂,并朝着电子化、集成化、智能化的方向发展。

汽车电气设备按功能可分电源、起动、点火、照明与信号、仪表与报警、电子控制装置、辅助装置等部分,如图 1-23 所示。

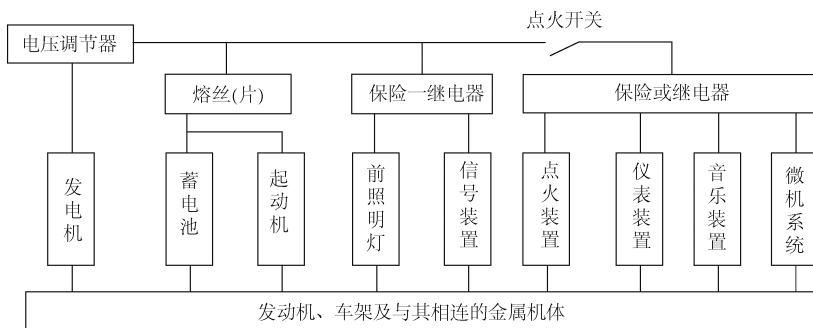


图 1-23 汽车电气设备组成

1. 电源系统

电源系统由蓄电池、发电机和调节器及工作状态指示装置(电流表、充电指示灯)等组成。其作用是向全车用电设备提供低压直流电能。

2. 起动系统

起动系统由直流起动机、起动继电器、起动开关及起动保护装置组成。其作用是带动飞轮旋转使曲轴达到必要的起动转速。

3. 点火系统(仅限于汽油发动机)

点火系统由点火线圈、高压线、分电器、电子点火器、火花塞、点火开关等组成。此外,采用由发动机控制单元进行点火控制时,可以不使用分电器。点火系统的作用是将低压电转变为高压电,适时可靠地点燃气缸中的可燃混合气。

4. 照明与信号系统

照明与信号系统由前照灯、雾灯、示廓灯、转向灯、制动灯、倒车灯、电喇叭等及其控



制继电器和开关组成。照明系统的作用是确保车辆内外一定范围内合适的照度；信号系统的作用是告示、引起行人、车辆的注意，指示行驶趋向及操纵件的状态。

5. 仪表与警报系统

仪表与警报系统由仪表、传感器、各种报警指示灯及控制器组成。其作用是显示汽车运行参数及交通信息，报警运行性机械故障，以确保行驶和停车的安全性、可靠性。

6. 电子控制装置

电子控制装置由电控燃油喷射系统、自动变速器、制动防抱死系统、恒速控制及悬架平衡控制系统等组成。

7. 辅助装置

辅助装置由为提高车辆安全性、舒适性、经济性等各种功能的电器装置组成。辅助装置因车型不同而有所差异，一般包括风窗刮水/清洗装置、风窗除霜/防雾装置、起动预热装置、音响装置、车窗电动升降装置、电动座椅调节装置及中央电控门锁等装置。

二、汽车电气系统的特点

现代汽车电气与电子设备虽然种类繁多，功能各异，但其线路都应遵循一定的原则，了解这些原则对进行汽车电路分析是很有帮助的。

汽车电气系统的主要特点如下：

1. 低压

汽车电气系统的额定电压主要有 12 V 和 24 V 两种。汽油车普遍采用 12 V 电源，柴油车多采用 24 V 电源（由两个 12 V 蓄电池串联而成）。汽车运行中的电压，一般 12 V 系统的为 14 V，24 V 系统的为 28 V。

2. 直流

现代汽车发动机是靠电力起动机起动的，起动机由蓄电池供电，而向蓄电池充电又必须用直流电源，所以汽车电系为直流系统。

3. 单线制

单线连接是汽车线路的特殊性，它是指汽车上所有电器设备的正极均采用导线相互连接，而所有的负极则直接或间接通过导线与车架或车身金属部分相连，即搭铁。任何一个电路中的电流都是从电源的正极出发经导线流入用电设备后，再由电器设备自身或负极导线搭铁，通过车架或车身流回电源负极而形成回路，如图 1-24 所示。

由于单线制导线用量少，线路清晰，接线方便，因此广为现代汽车所采用。

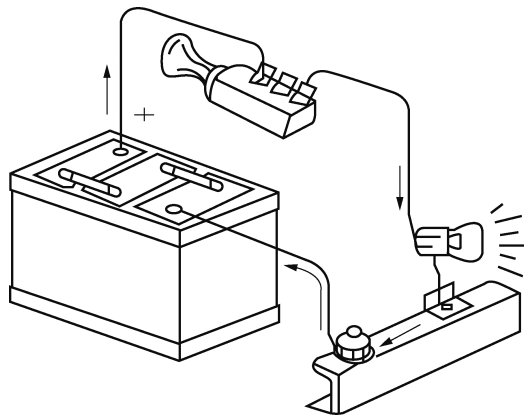


图 1-24 单线制电路



4. 并联连接

各用电设备均采用并联，汽车上的两个电源（蓄电池与发电机）之间以及所有用电设备之间，都是正极接正极，负极接负极，并联连接。由于采用并联连接，所以汽车在使用中，当某一支路用电设备损坏时，并不影响其他支路用电设备的正常工作。

5. 负极搭铁

采用单线制时蓄电池的一个电极需接至车架或车身上，俗称“搭铁”。蓄电池的负极接车架或车身称之为负极搭铁；蓄电池的正极接车架或车身称之为正极搭铁。负极搭铁对车架或车身金属的化学腐蚀较轻，对无线电干扰小。我国标准规定汽车线路统一采用负极搭铁。

6. 设有保险装置

为了防止因短路或搭铁而烧坏线束，电路中一般设有保护装置，如熔断器、易熔线等。

7. 汽车线路有颜色和编号特征

为了便于区别各线路的连接，汽车所有低压导线必须选用不同颜色的单色或双色线，并在每根导线上编号。编号是由生产厂家统一编定的。

任务4 汽车电气系统检修常识及设备

一、汽车电气系统故障种类与特点

汽车电气系统的故障总体上可分为两大类：一类是电器设备（含电路基础元件、控制单元等）故障；另一类是线路故障。

1. 电器设备故障

电器设备故障是指电器设备自身丧失其原有机能，包括电器设备的机械损坏、烧毁以及电子元件的击穿、老化、性能减退等等。在实际使用和维修中，常常因线路故障而造成电器设备故障。电器设备故障一般是可修复的，但对于一些不可拆的电子设备出现故障后只能更换。

2. 线路故障

线路故障包括断路、短路、接触不良或绝缘不良等。接触不良故障有时会出现一些假象，给故障诊断带来困难。例如，某搭铁线与车身出现接触不良，就有可能造成电器设备开关失控，电器设备工作出现混乱。这是因为有的搭铁线多为几个电器设备共用，一旦该搭铁线出现接触不良，它便把多个电器设备的工作电路联系到一起，就有可能通过其他线路找到搭铁途径，造成一个或多个电器设备工作异常。





二、汽车电气系统故障检修注意事项

在对汽车电气系统进行故障检修时，应注意以下几点：

- (1) 拆卸和安装电器元件时，应切断电源。
- (2) 更换熔断器时，一定要与原规格相同，切勿用导线替代。
- (3) 正确拆卸导线插接器（插头与插座）。为了防止插接器在汽车行驶中脱开，所有的插接器均采用了闭锁装置。要拆开插接器，首先要解除闭锁，然后把插接器拉开，不允许在未解除闭锁的情况下用力拉导线，这样会损坏闭锁或连接导线。
- (4) 在检修传统汽车电器故障时，往往采用“试火”的办法逐一判断故障部位。在装有电子设备的汽车上，不允许使用这种方法，否则会给某些电路和电子元件造成意想不到的损害。
- (5) 在发动机工作时，不要拆下蓄电池接线。对于装有电控装置的车辆也不要采用该办法来判断发电机是否发电。
- (6) 不允许使用欧姆表及万用表的 $R \times 100$ 以下低阻欧姆挡检测小功率晶体管，以免电流过载损坏晶体管。
- (7) 更换三极管时，应首先接入基极；拆卸时，最后拆下基极。

三、汽车电气系统故障检修方法

汽车电气系统中发生的故障主要有断路、短路、电器设备的损坏等。为了能迅速、准确地诊断出故障，下面介绍几种常见的故障检修方法。

1. 直观诊断法

汽车电路发生故障时，有时会出现冒烟、火花、异响、焦臭、发热等异常现象。这些现象可通过人的眼、耳、鼻、身感觉到，从而可以直接判断出故障所在部位。

例如，汽车行驶中，突然发现转向灯与转向指示灯均不亮，用手一摸，发现闪光器发热烫手，说明闪光器已被烧坏。

2. 断路法

汽车电路设备发生搭铁（短路）故障时，可用断路法判断，即将怀疑有搭铁故障的电路段断路后，根据电器设备中搭铁故障是否还存在，判断电路搭铁的部位和原因。

例如，汽车行驶时，听到电喇叭长鸣，则可以将继电器“按钮”接柱上的导线拆开，此时如果喇叭停鸣，则说明喇叭按钮至继电器这段电路中有搭铁现象。

3. 短路法

汽车电气系统中出现断路故障，还可以用短路法判断，即用起子或导线将被怀疑有断路故障的电路短接，观察仪表指针变化或电器设备的工作状况，从而判断出该电路中是否存在断路故障。

例如，怀疑汽车电气系统中的各种开关有故障，可用导线将开关短接来判断开关是好是坏。



4. 试灯法

试灯法是利用试灯对线路故障进行诊断的一种方法，其优点是可迅速地判断出电路中的短路、断路故障。试灯法又分为短路检测法和断路检测法。短路法主要用于检测线路中的断路故障，而断路法则主要用于检测线路中的短路故障。

断路检测法的测试原理：当电路出现短路时，电路中的熔断器熔断后可自动切断电路。检查这一类故障时，可将试灯直接接入熔断器的位置，并按顺序依次打开插接器，直到灯灭为止，便可迅速查找到线路中的短路处。

短路检测法的测试原理：当线路出现断路时，用电器无法工作。用一个汽车灯泡作试灯，检查汽车电器或电路有无故障。此方法特别适合不允许直接短路（如带有电子元器件）的电器装置。

5. 仪表法

仪表法即通过观察汽车仪表板上的电流表、水温表、燃油表、机油压力表等的指示情况，来判断电路中是否有故障的方法。

例如，发动机冷态，接通点火开关时，水温表指示满刻度位置不动，说明水温表传感器有故障或该线路有搭铁。

6. 高压试火法

高压试火法即对高压电路进行搭铁试火，观察电火花状况，从而判断点火系的工作情况的方法。具体方法是：取下点火线圈或火花塞的高压导线，将其对准火花塞或缸盖等，距离约 5 mm，然后接通起动开关，转动发动机，看其跳火情况。如果火花强烈，呈天蓝色，且跳火声较大，则表明点火系工作基本正常；反之，则说明点火系工作不正常。

7. 低压搭铁试火法

低压搭铁试火法即拆下用电设备接线的某一线端对汽车的金属部分（搭铁）碰试而产生火花来判断故障的方法。这种方法比较简单，是广大汽车电工经常使用的方法。搭铁试火法可分为直接搭铁和间接搭铁两种。

所谓直接搭铁，是指未经过负载而直接搭铁，以是否产生强烈的火花来判断电路有无故障。例如，要判断点火线圈至蓄电池一段电路是否有故障，可拆下点火线圈上连接点火开关的线头，在汽车车身或车架上刮碰，如果有强烈的火花，说明该段电路正常；如果无火花产生，说明该段电路出现了断路。

间接搭铁是指通过汽车电器的某一负载而间接搭铁，以是否产生微弱的火花来判断线路或负载有无故障。例如，将传统点火系断电器连接线搭铁（回路经过点火线圈初级绕组），如果有火花，说明这段线路正常；如果无火花，则说明这段电路出现了断路。

8. 换件法

换件法在实际故障诊断中经常采用，即使用一个无故障的元件替换怀疑可能出现故障的元件，观察出现故障系统的工作情况，从而判断故障所在。采用换件法必须注意的是，在换件前要对其线路进行必要的检查，确保线路正常方可使用，否则会造成更大的损失。





9. 仪器法

随着汽车电气设备的日趋复杂，在维修中，特别是维修装置电子设备较多的车辆，使用一些专用的仪器是十分必要的。

四、汽车专用万用表

汽车专用万用表是一种高阻抗（大于等于 $10\text{M}\Omega$ ）数字多用表，其外形、结构和工作原理与数字式万用表相同。它承袭了数字式万用表的一切优点，并使其扩展至汽车检测领域。汽车专用万用表的种类很多，大多为进口仪表，虽然面板形式不同，但功能相近，对上述提到的各种参数均能进行检测，常用的有：笛威 TWAY9206A、TWAY9406A；美国艾克强（Actron）MODEL 2882、MODEL3002、Sunpro Cp7678；萨美特（Summit）SDM586、SDM786；OTC 系列汽车万用表；我国台湾地区 EDA 系列汽车万用表等。有的专用万用表还增加示波器、运行记录器、发动机分析仪的功能，在其外形尺寸不变的情况下，做到了专用数字电表的多功能、多用途。

为实现汽车专用万用表的某些功能，例如测量转速和温度，它还配备了一些配件，如热电偶适配器、热电偶探头、电感式拾取器和感应式电流夹钳等。

不论是哪种型号的汽车专用万用表，一般均具有以下功能：

- (1) 常规的交、直流电压、电流和电阻的检测。
- (2) 电路的断路、短路检测，声响指示。
- (3) 线路中的电压降与阻抗的检测。
- (4) 线路中接点压降的检测。
- (5) 汽车交流发电机的检测。
- (6) 发动机转速检测。
- (7) 温度检测。
- (8) 电控系统传感器的测试。
- (9) 频率、时间（ms）的测试。
- (10) 电磁线圈占空比的检测。
- (11) 闭合角的检测。
- (12) 具有测量数据保持功能。
- (13) 具有最大值、最小值的检测功能。

五、汽车面板介绍

汽车专用万用表因型号不同，其面板布置形式各异，但一般由液晶显示器、功能按键、选择开关和表笔插孔等部分组成。下面以 Summit SDM586（图 1-25 所示）为例说明汽车专用万用表面板的功能和用途。



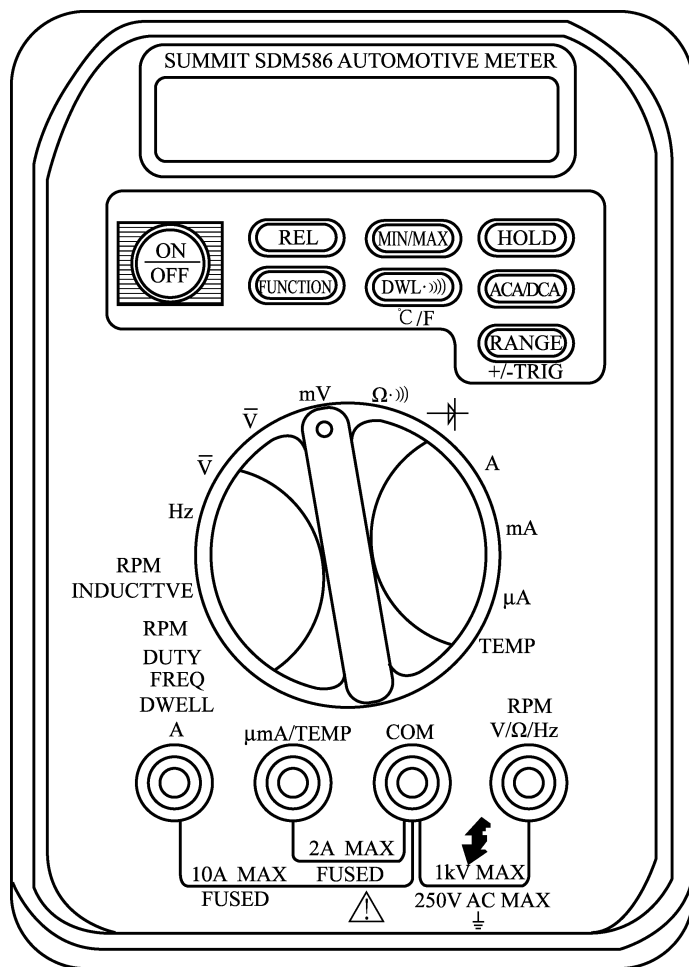


图 1-25 SDM586 汽车专用万用表外形

1. 选择开关

打开仪表开关，当选择所需要的功能后，所有的功能字符将出现在显示器上 1s，同时，仪表进行自检，随后仪表才能进行正常操作。选择开关如图 1-26 所示。

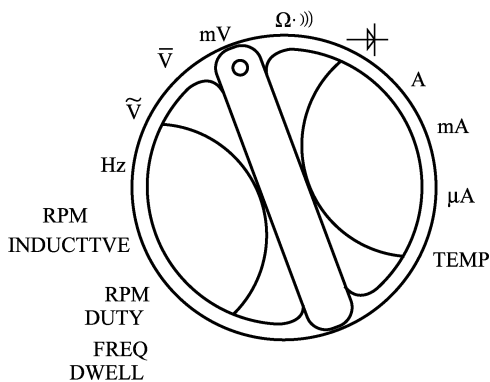


图 1-26 SDM586 选择开关

RPM (DUTY FREQ DWELL): 使用表笔进行转速、占空比、脉宽和频率测量；
RPM (INDUCTIVE): 感应式转速测量；





Hz: 频率测量, 量程为 200Hz、2kHz、20kHz、200kHz;

$\tilde{V}$: 交流电压测量, 量程为 4V、40V、400V、1000V;

$\overline{V}$: 直流电压测量, 量程为 4V、40V、400V、1000V;

mV: 直流电压毫伏测量, 量程为 400mV;

$\Omega \cdot \infty$: 欧姆与连续性测量, 量程为 400 Ω 、4k Ω 、40k Ω 、400k Ω 、4M Ω 、40 M Ω ;

$\rightarrow$: 二极管测量, 量程为 3V;

A: 交、直流电流测量, 量程为 4A、10A;

mA: 交、直流电流毫安测量, 量程为 40mA、400mA;

μ A: 交、直流电流微安测量, 量程为 400 μ A、4000 μ A;

TEMP: 温度测量, 量程为摄氏: 40 $^{\circ}$ C $\sim$ +1370 $^{\circ}$ C,

华氏: -40 $^{\circ}$ F $\sim$ +2498 $^{\circ}$ F。

2. 功能按键

当功能键被按下时, 相应的符号将出现在显示器上, 同时蜂鸣器响。如果转选择开关, 功能自动缺省。功能按键控制面板如图 1-27 所示。

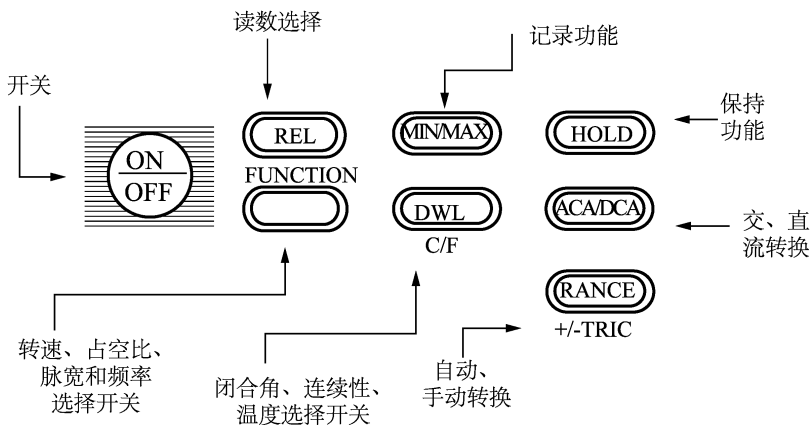


图 1-27 SDM586 功能键

- (1) 仪表开关。
- (2) 选择相对读数功能;
再次按下退出该功能。
- (3) 选择记录功能;
再次按下依次显示最大值、最小值、平均值和目前读数;
按下并保持 3s, 退出该功能。
- (4) 保持目前读数功能;
再次按下退出该功能;
- (5) 交流、直流电流选择键。
- (6) 在自动测量范围 (AUTO RANGE) 下, 按下选择手动范围;
按下并保持 3s, 返回自动测量范围;
在进行脉宽、占空比和频率测量时, 按下可选择触发相位的 + 或 -;



在进行感应式转速测量时，可选择发动机的冲程数；

在使用表笔进行转速测量时，可选择发动机的气缸数。

(7) 在 RPM (DUTY FREQ DWELL) 挡时，可选择闭合角测量；

在欧姆挡时，可选择连续性测量；

在进行温度测量时，可选择摄氏或华氏。

(8) 在 RPM (DUTY FREQ DWELL) 挡时，按下可依次选择转速、占空比、脉宽和频率的测量。

3. 液晶显示器

显示器除显示测量数值外，还将正在进行的测量项目符号显示在显示器上。如果输入信号稳定，测量结果将很精确，如果输入信号是变化的，可以通过观察显示器下方线柱的高低，完成测量。如果变化值太大，超出线柱显示范围，显示器将显示超载。在占空比 (Duty Cycle) 测试中，如果信号很高、很低或无信号，显示器也显示超载。现将图 1-28 所示显示器上的符号含义说明如下。

AUTO: 自动选择最佳测量范围；

REC: 记录功能；

MAX: 记录功能所记录的最大值；

MIN: 记录功能所记录的最小值；

AVG: 记录功能所记录的平均值；

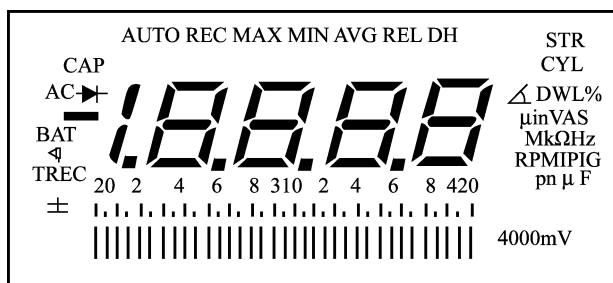


图 1-28 SDM586 液晶显示器

REL: 相对读数；

DH: 数值保持功能；

CAP: 电容测量；

AC: 交流电流或电压测量；

BAT: 仪表或电池低电压显示；

TRIG: +、- 触发器；

STR: 发动机冲程数选择，2 或 4；

CYL: 发动机气缸数选择，最多至 8 缸；

Δ DWL: 闭合角；

RPM IP: 使用感应式夹钳测量转速，将夹钳夹在一缸高压线上；





RPM IG: 使用表笔测转速, 将表笔接在点火线圈低压接线柱上;

V: 电压挡;

mV: 毫伏电压挡;

A: 电流挡;

mA: 毫安电流挡;

μ A: 微安电流挡;

%: 占空比测量;

Ω : 欧姆或阻抗测量;

k Ω : 千欧;

M Ω : 兆欧;

Hz: 频率测量;

kHz: 千频测量;

ms: 毫秒测量, 使用于喷油脉宽;

C/F: 摄氏或华氏温度测量;

$\rightarrow$ +: 二极管测量;

•)): 显示连续性。

4. 使用注意事项

- (1) 在使用仪表之前, 详细阅读说明书;
- (2) 工作区域内禁烟火;
- (3) 测量前正确选择测量挡位;
- (4) 当需新选择测量挡位时, 应将其中一支表笔脱开;
- (5) 要在通风良好、合适的温度 ($0\sim 40^{\circ}\text{C}$) 和湿度 (RH 小于 85%) 下使用;
- (6) 长时间不使用仪表时, 将电池取出;
- (7) 输入端的电压或电流不应超过插孔旁的警告指示值, 以免损坏内部电路。



思考题

1. 简述继电器的作用。
2. 简述汽车电气设备的组成及特点。
3. 简述线束插接器的拆卸、安装及检测方法。
4. 结合图例说明, 汽车万用表的功能有哪些?





项目二

蓄电池的充电与检修



任务1 蓄电池的构造与型号

一、铅蓄电池的作用

蓄电池是汽车上的两个电源之一，是一种将化学能转变为电能的装置，属于可逆的直流电源。用于汽车上的蓄电池，必须满足起动发动机的需要，即在5~10 s的短时间内，提供汽车起动机足够大的电流。汽油机起动电流为200~600 A，有的柴油机起动电流达1000 A。

由于使用电解液不同，起动型蓄电池分为酸性和碱性蓄电池。铅酸蓄电池结构简单，价格低廉，易于满足大量生产的汽车的需要；同时其内阻小，起动性能好，能在短时间内提供起动机所需要的大电流，因此在汽车上得到广泛应用。

在汽车上，蓄电池与发电机并联，共同向用电设备供电。在发动机正常工作时，用电设备所需电能主要由发电机供给。蓄电池的功能为：

功能一：发动机起动时，向起动机和点火系供电。

功能二：发电机不发电或电压较低时向用电设备供电。

功能三：当用电设备同时接入较多，发电机过载时，协助发电机供电。

功能四：当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（即充电）。

此外，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载发生较大变化时，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，这一点对装有大量电子系统的现代新型汽车是非常重要的。发动机绝不允许脱开蓄电池运转。

二、铅蓄电池的构造

铅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、外壳、电解液等部分组成。容器分为3格或6格，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2 V，3格串联起来成为6 V 蓄电池，6格串联起来成为12 V 蓄电池。蓄电池的构造如图2-1所示。

1. 极板

极板是蓄电池的核心部件，蓄电池充、放电的过程主要是依靠极板上的活性物质与电解液进行的，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，均由栅架和活性物质组成。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。

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%，



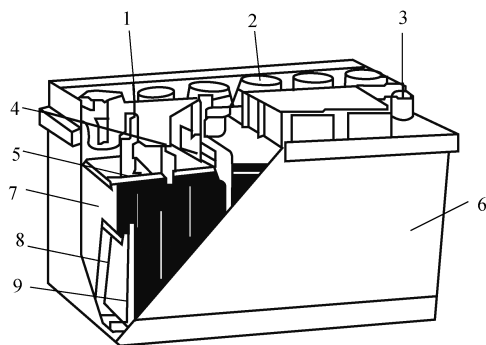


图 2-1 铅蓄电池的结构

1—负极柱；2—加液孔盖；3—正极柱；4—穿壁连接；5—汇流条；

6—外壳；7—负极板；8—隔板；9—正极板

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提高比能而采用薄形极板时，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，可以减缓腐蚀速度，提高硬度与机械强度，增强其抗变形能力，延长蓄电池的使用寿命。目前国内外已使用铅锑砷合金作板栅。

正极板活性物质脱落和板栅腐蚀是决定蓄电池使用寿命的主要原因。出于对使用期限的考虑，正极板栅要厚一些，负极板栅厚度一般为正极板栅厚度的 70%~80%。国产蓄电池负极板厚度为 1.6~1.8 mm，也有薄至 1.2~1.4 mm 的；正极板厚度为 2.2~2.4 mm，也有薄至 1.6~1.8 mm 的。薄形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，用横板焊接，组成正、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一片。如 6-Q-105 型蓄电池，每单格中正极板为 7 片，负极板为 8 片，正极板都处在负极板之间，最外面 2 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电式蓄电池。干荷电式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。干荷电式蓄电池之所以具有干荷电性能，主要是负极板的制造工艺不同。干荷电式蓄电池在 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，对于干荷电式蓄电池 6-QA-60，只需加入密度为 1.28 g/cm^3 （25℃ 时）的电解液，调整液面高度高出极板组 15 mm 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 年的干荷电式蓄电池，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，



以便电解液自由渗透，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 1 mm 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 g/cm^3 的纯硫酸和蒸馏水按一定比例配制而成，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，见表 2-1。密度大，可减少结冰的危险并提高蓄电池的容量，但密度过大则黏度增加，反而会降低蓄电池的容量，缩短使用寿命。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。

表 2-1 不同气温下的电解液密度

使用地区最低温度 ($^{\circ}\text{C}$)	冬季 (g/cm^3)	夏季 (g/cm^3)
< -40	1.31	1.27
$-40 \sim -30$	1.29	1.25
$-30 \sim -20$	1.28	1.25
$-20 \sim 0$	1.27	1.24
> 0	1.24	1.24

4. 壳体

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 6 V 和 12 V 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，12 V 蓄电池内分成 6 个单格，由 5 个单格壁将容器分为互不相通的 6 个小容器。各个单格底部做有垫角，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。壳体的材料多采用硬质橡胶、聚丙烯塑料制成，为整体式结构。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，采用穿壁对焊式连接，如图 2-2 所示。

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，使蓄电池内部的氢气与氧气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，减少水的消耗。



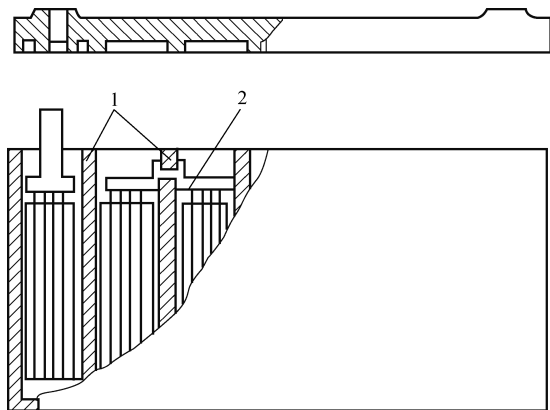


图 2-2 单格电池之间的穿壁焊示意图

三、铅蓄电池的型号

国产铅蓄电池的型号分为三段，其排列（如图 2-3 所示）及其含义如下：



图 2-3

第一部分表示串联的单格电池数，用阿拉伯数字组成，其标准电压是这个数字的 2 倍。

第二部分表示蓄电池的类型和特征，用汉语拼音字母表示。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，“B”表示薄型极板。具有两种特征时按表顺序将两个代号并列标志，各代号具体含义见表 2-2。

第三部分表示蓄电池的额定容量，我国目前规定采用 20 h 放电率的容量安培小时数 A·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，如：Q—高起动率；S—塑料槽；D—低温起动性能好。

表 2-2 铅蓄电池特征代号

特征代号	蓄电池特征	特征代号	蓄电池特征	特征代号	蓄电池特征
A	干荷电	J	胶体电解液	D	带液式
H	湿荷电	M	密封式	Y	液密式
W	免维护	B	半密封式	Q	气密式
S	少维护	F	防酸式	I	激活式

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 12 V，额定容量 100 A·h 的干荷电式免维护蓄电池，它采用了塑料整体式外壳，薄型极板，使用时只需加入规定密度的电解液，静止 0.5 h，就可以投入使用。





四、免维护蓄电池

免维护蓄电池又称 MF 蓄电池。免维护是指在汽车合理使用期间,不需要对蓄电池进行加注蒸馏水、检测电解液液面高度、检测电解液密度等维护作业。与其他铅蓄电池相比,免维护蓄电池具有以下特点。

1. 免维护铅蓄电池的特点

(1) 采用低锑合金或铅钙合金 $Pb-Ca$ 制作极板栅架,提高了氧在正极、氢在负极的析出过电位,使蓄电池在使用时失水量少,以保证在整个使用寿命期内无需补充水;同时使自放电小,荷电保持能力增强。

(2) 采用密封式压铸成型极桩,不易断裂,避免酸气腐蚀。

(3) 外壳为聚丙烯塑料热压而成,槽底没有肋条,极板组可以直接安放在蓄电池底部,使极板上部的电解液量增加一倍多。而且外壳壳体内壁较薄,与同容量的普通铅蓄电池相比较,拥有体积小、质量轻的特点。

(4) 隔板采用袋式聚氯乙烯隔板。极板被隔板所包围,可以保护正极板上的活性物质不至脱落,并能够防止极板短路,同时还可使蓄电持久。

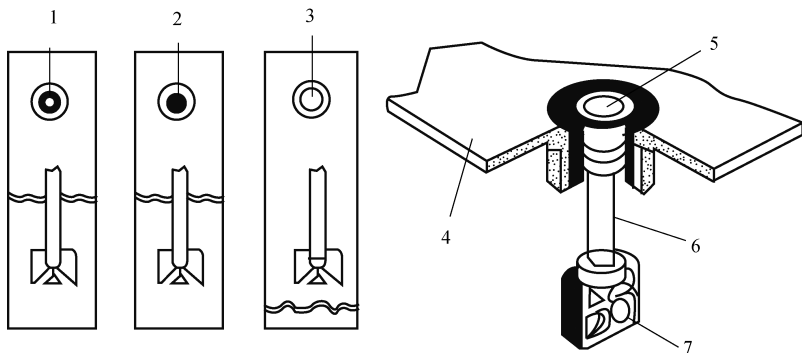


图 2-4 免维护蓄电池内装式相对密度计

1—绿色 (充电程度在 65% 以上); 2—黑色 (充电程度在 65% 以下);

3—浅黄色 (蓄电池有故障); 4—蓄电池盖; 5—观察窗; 6—光学的荷电状况指示器; 7—绿色小球

(5) 通气孔采用新型安全通气装置。这样的通气孔既可避免蓄电池内的硫酸气与外部火花直接接触发生爆炸,又可借助催化剂钯,帮助排出的氢离子与氧离子结合成水再回到电池中去,减少了水的消耗,因而可以使用三四年不必补加蒸馏水。这种通气装置还可以使蓄电池顶部和接线柱保持清洁,减少接线端头的腐蚀,保证接线牢固可靠。

(6) 单格电池间的极板组的连接条,采用穿壁式贯通连接,可减少内阻。

(7) 有的蓄电池内部还安装有液体密度计 (俗称电眼),如图 2-4 所示,可以自动显示蓄电池的存电状态和电解液的液面高低。

2. 免维护蓄电池的使用特性

(1) 使用中不需要加水。

普通蓄电池在接近完全充电时,由于过充电而造成水的分解,会析出氢气和氧气,使电



解液液面降低,而且充电中的充电速率越大,耗水量就越多。免维护蓄电池与普通蓄电池相比,在同时使用 18 个月后,前者的过充电电流为 52 mA,而后者达 110 mA,而且前者充电电流仅为后者的 1/20,因而析气量减少了 95%,耗水量也大大减少。

此外,由于免维护蓄电池采用袋式隔板,能够将极板完全包住,并且极板都是直接安放在蓄电池的底板上。这样,不仅储液量增加,而且耗水量也大大减少,因此免维护蓄电池在使用中不需要加水。

(2) 自放电少,寿命长。

普通蓄电池由于极板栅架采用铅锑合金,在放电过程中,锑要从栅架内转移到正、负极板的活性物质以及电解液中去,因而增加了自放电,缩短了使用寿命。正常情况下蓄电池使用寿命为二年。免维护蓄电池极板栅架采用铅钙合金,由于板栅中没有锑,使自放电大为减少,延长了使用寿命。免维护蓄电池的正常使用寿命为四年,比普通蓄电池提高一倍。

(3) 接线柱腐蚀较小。

普通蓄电池中,由于析出的酸气聚集在蓄电池顶部,不仅会腐蚀接线柱,而且还会在电极极桩之间形成短路电流。免维护蓄电池因为有新型安全通气装置,不仅能将酸气保留在单格电池内部,而且能够预防火花或火焰进入蓄电池;不但可以减少或避免由外部原因引起的蓄电池爆炸,而且能够保持蓄电池盖顶部的干燥,从而减少了接线柱的腐蚀,保证电气线路连接牢固可靠。

(4) 起动性能好。

免维护蓄电池由于单格电池之间采用了穿壁式连接,缩短了电路的连接长度,减小了内阻,可以使连接条上的功率损失减少 80%,放电电压提高 0.15 ~ 0.4 V。因此与普通蓄电池相比具有较好的起动性能。

任务 2 蓄电池的工作原理及特性

一、铅蓄电池的工作原理

根据双极硫酸盐化理论,蓄电池中参与化学反应的物质,正极板上是 PbO_2 ,负极板上是 Pb ,电解液是 H_2SO_4 的水溶液。蓄电池放电时,正极板上的 PbO_2 和负极板上的 Pb 都变成 PbSO_4 ,电解液中的 H_2SO_4 减少,密度下降。蓄电池充电时,则按相反的方向变化,正极板上的 PbSO_4 恢复成 PbO_2 ,负极板上的 PbSO_4 恢复成 Pb ,电解液中的 H_2SO_4 增加,密度增大。



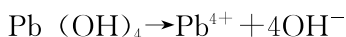
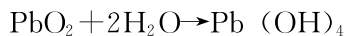
铅蓄电池的工作原理

1. 蓄电池电动势的建立

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 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 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 Pb^{4+} 有与溶液中 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 $+2.0\text{ V}$ 。

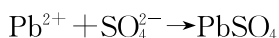
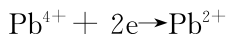
同理,在负极板处,金属铅受两方面的作用,一方面它有溶解于电解液的倾向,因而极板表面上有少量 Pb^{2+} 进入电解液,使极板带负电;另一方面,由于正、负电荷的吸引, Pb^{2+} 有沉附于极板表面的倾向。当两者达到动态平衡时,极板的电极电位约为 -0.1 V 。

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

铅蓄电池的静止电动势 E_j 与极板的片数、大小无关,仅与电解液的密度有关。

2. 蓄电池的放电过程

如果将蓄电池与外电路的负荷接通,例如接亮汽车前照灯,蓄电池与前照灯就组成了完整的电路。当电路中产生电流时,电子 e 从负极板经过外电路的负荷流往正极板,使正极板的电位下降,从而破坏了原有的平衡状态。流到正极板的电子 e 与 Pb^{4+} 结合,变成二价离子 Pb^{2+} , Pb^{2+} 与 SO_4^{2-} 化合,生成 PbSO_4 而沉附在正极板上,即



在负极板处, Pb^{2+} 与电解液中的 SO_4^{2-} 化合也生成 PbSO_4 ,沉附在负极板上,而极板上的金属铅继续溶解,生成 Pb^{2+} ,留下电子 $2e$ 。

在外部电路的电流继续流通时,蓄电池正极板上的 PbO_2 和负极板上的 Pb 将不断转变为 PbSO_4 ,电解液中的 H_2SO_4 逐渐减少,而 H_2O 逐渐增多,电解液密度下降。铅蓄电池放电时的化学过程如图 2-5 所示。

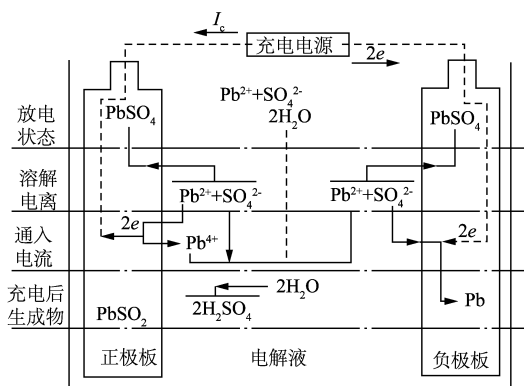


图 2-5 铅蓄电池的放电过程

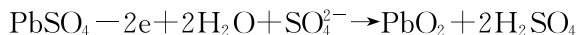


从理论上说, 蓄电池的这种放电过程将进行到极板上的所有活性物质全部转变为 PbSO_4 为止, 而实际上不可能达到这种情况, 因为电解液不能渗透到极板活性物质最内层中去。在使用中所谓放完电的蓄电池, 极板上的活性物质材料实际上只有 20% ~ 30% 转变成了 PbSO_4 。因此, 采用薄型极板, 增加多孔性, 提高极板活性物质的利用率是蓄电池工业的发展方向。我国已经有一些厂家生产薄型极板蓄电池。

3. 蓄电池的充电过程

充电时蓄电池的正负两极接通直流电源, 当电源电压高于蓄电池的电动势时, 在电源力的作用下, 电流将以相反的方向通过蓄电池, 即由蓄电池的正极流入, 从蓄电池的负极流出, 也就是电子由正极板经外电路流往负极板。这时正负极板发生的化学反应正好与放电过程相反, 其化学反应过程如图 2-6 所示。

在正极板处, 有少量的 PbSO_4 溶于电解液中, 产生 Pb^{2+} 和 SO_4^{2-} , Pb^{2+} 在电源力作用下失去两个电子变成 Pb^{4+} , 它又和电解液中解析出来的 OH^- 结合, 生成 $\text{Pb}(\text{OH})_4$, $\text{Pb}(\text{OH})_4$ 再分解成为 PbO_2 和 H_2O , 而 SO_4^{2-} 与电解液中的 H^+ 化合生成 H_2SO_4 。正极板上的总反应为

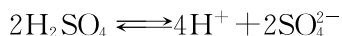


在负极板处, 也有少量的 PbSO_4 溶于电解液中, 产生 Pb^{2+} 和 SO_4^{2-} , Pb^{2+} 在电源力的作用下获得两个电子变成金属 Pb , 沉附在极板上, 而 SO_4^{2-} 则与电解液中的 H^+ 化合生成 H_2SO_4 。负极板上的总反应为

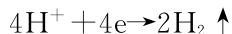


由此可见, 在充电过程中, 正负极板上的 PbSO_4 将逐渐恢复为 PbO_2 和 Pb , 电解液中的 H_2SO_4 成分逐渐增多, H_2O 逐渐减少。

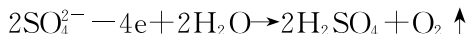
充电期间, 电解液密度将升到最大值, 并且引起水的分解。其反应式为



负极上的反应为



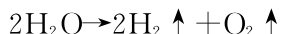
正极上的反应为



蓄电池的总反应为



因此, 实际上分解的是 H_2O , 即



由蓄电池充放电时的化学反应过程, 可以得出如下几点结论。

(1) 蓄电池在放电时, 电解液中的硫酸将逐渐减少, 而水将逐渐增多, 电解液密度下降。

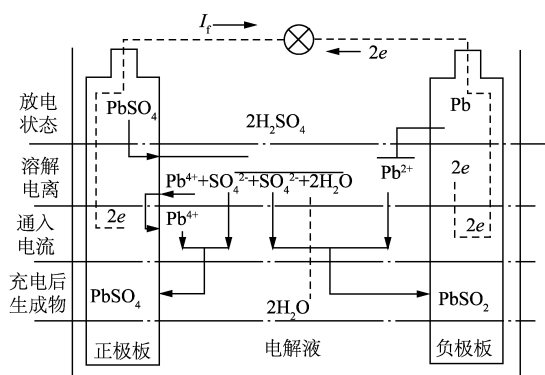


图 2-6 铅蓄电池的充电过程

蓄电池在充电时, 电解液中的硫酸将逐渐增多, 而水将逐渐减少, 电解液密度增加。因此, 可以通过测量电解液密度的方法来判断蓄电池的充放电程度。在蓄电池的充放电过程中, 极板的活性物质处在化合和分解的运动之中, 略去中间的化学反应, 这一运动的过程可以表示为



(2) 在充放电时, 电解液密度发生变化, 主要是由于正极板的活性物质发生化学反应的结果, 因此要求正极板处的电解液流动性要好。所以在装配蓄电池时, 应将隔板有沟槽的一面对正正极板, 以便电解液流通。

(3) 蓄电池放电终了时, 极板上尚余有 70% ~ 80% 的活性物质没有起作用。因此, 要减轻铅蓄电池的质量, 提高供电能力, 应该充分提高极板活性物质的利用率, 在结构上提高极板的多孔性, 减少极板的厚度。

二、铅蓄电池的工作特性

1. 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, 能满足起动的需要。蓄电池内阻包括极板内阻、隔板内阻、电解液电阻、联条和极柱电阻。电解液电阻与电解液密度和温度有关。

极板电阻在完全充电状态下是很小的, 但随着蓄电池放电数量的增加, 覆盖在极板表面的 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。温度降低时会因电解液的黏度增大, 渗透能力下降而引起电阻增加。而电解液的密度过高或过低时, 均会导致电阻增大。密度过高时, 由于黏度增加, 致使渗透能力下降, 引起电阻增加; 密度过低时, 又会引起电解液中 H^+ 和 SO_4^{2-} 的离子数下降, 致使扩散能力下降, 引起电阻增加。当密度为 1.208 g/cm^3 (25°C) 时, 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, 12V 蓄电池在标准负荷时的内阻为 0.014Ω 。因此, 铅蓄电池可以获得较大的输出电流, 以适应起动需要。

2. 蓄电池的充放电特性

(1) 蓄电池的放电特性。

蓄电池的放电特性是指恒流放电时, 蓄电池端电压 U_f 、电动势 E 和电解液密度 ρ 25°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 2-7 所示。

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。

放电开始时, 蓄电池端电压 U_f 从 2.1 V 迅速下降, 这是由于放电之初极板孔隙内的 H_2SO_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

