

汽车电气设备

主编 / 吴刚



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育车辆工程应用型系列教材

汽车电气设备

吴 刚 主编

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是为应用型本科院校汽车类专业学生编写的教材,在介绍必要理论知识的基础上,强化了实训操作内容,使学生通过本课程的学习,在掌握理论知识的同时,会对汽车大部分电气设备线路进行检修。本书包括汽车电气设备基础知识、汽车蓄电池、汽车交流发电机与电压调节器、汽车起动机、汽车点火系统、汽车照明系统的结构与检修、汽车信号系统、汽车仪表系统、汽车辅助电气系统、汽车空调系统和汽车电气新技术应用等 11 个章节。

本书主要作为车辆工程、汽车服务工程等本科专业的教材,同时还可供汽车运用与维修技术、汽车检测与维修技术、汽车电子技术、汽车智能技术、汽车制造与装配技术和汽车营销与服务等专科专业教学使用,也可供汽车相关从业人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车电气设备 / 吴刚主编. —北京:北京理工大学出版社, 2020.3 (2020.4 重印)
ISBN 978-7-5682-8172-0

I. ①汽… II. ①吴… III. ①汽车-电气设备-高等学校-教材 IV. ①U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 030414 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 18.5

字 数 / 435 千字

版 次 / 2020 年 3 月第 1 版 2020 年 4 月第 2 次印刷

定 价 / 50.00 元

责任编辑 / 高 芳

文案编辑 / 赵 轩

责任校对 / 刘亚男

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

随着汽车行业的快速发展，汽车人才需求激增。无论是汽车制造企业对汽车研发、制造人才的大量需求，还是汽车后市场对汽车服务型人才的大量需求，都要求高校不断地输送相关的人才。而当前，我国高等院校所培养的大部分人才还是以理论知识学习为主，缺乏实践动手能力，在进入企业一线工作时，往往高不成、低不就。一方面，企业抱怨招不到合适的人才，另一方面毕业生又抱怨没有合适的工作岗位，问题就在于人才培养模式没有跟上社会的发展。

《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》中明确指出，要提高人才培养质量，重点扩大应用型、复合型、技能型人才培养规模。培养理论和实操兼具的人才，使之去企业到岗后直接上手或稍加培养即可适应岗位。

本书是为应用型本科院校汽车类专业学生编写的教材，在编写过程中，编者不仅参考了国内出版的同类教材和图书，而且参考了国外近几年来出版的汽车电气与电子技术相关书籍，并对许多技术数据和维修方法进行了具体的测量和实验验证，内容新颖，图文并茂。近年来的汽车新技术在本书中均有体现。

本书由南昌职业大学吴刚教授编写。由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者
2019年10月

第一章 汽车电气设备基础知识	(1)
第一节 汽车电气设备的基础知识.....	(1)
第二节 汽车电气设备的特点.....	(7)
第三节 汽车电气设备系统主要组成.....	(8)
实训项目一 组合开关测量实训.....	(9)
实训项目二 连接器的拆装与检测实训	(12)
第二章 汽车蓄电池	(15)
第一节 蓄电池概述	(15)
第二节 蓄电池的容量及其影响因素	(21)
第三节 蓄电池的工作原理	(24)
第四节 蓄电池的充电	(25)
第五节 蓄电池的使用维护与检测	(30)
实训项目一 蓄电池的充电	(34)
实训项目二 蓄电池的检测	(35)
第三章 汽车交流发电机与电压调节器	(37)
第一节 汽车交流发电机的构造	(37)
第二节 汽车交流发电机工作原理	(43)
第三节 交流发电机的工作特性	(45)
第四节 汽车交流发电机电压调节器	(48)
实训项目一 交流发电机与调节器的检修	(59)
实训项目二 交流发电机试验	(60)
第四章 汽车起动机	(63)
第一节 汽车起动机的基础知识	(63)
第二节 起动机结构、工作原理与特性	(65)
第三节 减速起动机	(71)
第四节 起动机检修、试验及维护	(74)
实训项目一 汽车起动机空载和制动试验	(85)

实训项目二 解放 CA1092 型汽车起动机控制电路检修	(86)
第五章 汽车点火系统	(89)
第一节 汽车点火系统的基本知识	(89)
第二节 电子点火系统	(101)
第三节 微机控制电子点火系统	(102)
实训项目 分电器的拆装	(111)
第六章 汽车照明系统的结构与检修	(116)
第一节 汽车照明系统的基础知识	(116)
第二节 汽车照明系统	(119)
第三节 灯光控制电路工作原理	(128)
第四节 汽车灯光电路的检修	(133)
实训项目一 汽车照明系统的接线及检修实验	(136)
实训项目二 汽车照明系统的检测实验	(136)
第七章 汽车信号系统	(139)
第一节 汽车信号系统的基础知识	(139)
第二节 汽车转向灯控制电路	(142)
第三节 其他信号控制电路	(147)
实训任务一 闪光继电器的检测	(154)
实训任务二 转向灯控制电路接线实训	(154)
第八章 汽车仪表系统	(157)
第一节 汽车仪表系统的基础知识	(157)
第二节 传统仪表	(160)
第三节 汽车仪表电路	(162)
实训项目 汽车数字仪表的检修	(174)
第九章 汽车辅助电气系统	(176)
第一节 汽车雨刮器与风窗玻璃洗涤器	(176)
第二节 汽车电动门窗	(182)
第三节 汽车电动座椅	(187)
第四节 电动后视镜	(191)
第五节 汽车中控门锁	(193)
第六节 汽车音响系统	(201)
实训项目一 电动门锁的接线实验	(204)
实训项目二 电动雨刮器的接线实验	(205)
实训项目三 汽车铁将军防盗器的安装	(206)
实训项目四 汽车音响的安装	(210)
第十章 汽车空调系统	(213)
第一节 汽车空调概述	(213)

第二节	汽车空调的制冷系统	(216)
第三节	汽车空调暖风系统	(223)
第四节	通风与空气净化系统	(224)
第五节	汽车空调的控制系统	(225)
第六节	汽车空调控制电路原理	(232)
第七节	汽车空调系统的维修	(236)
第八节	汽车空调系统的检测	(239)
第九节	汽车空调系统的故障诊断	(244)
第十节	电动汽车空调系统的工作原理	(246)
实训项目一	压缩机的检修	(248)
实训项目二	空调系统压力的检测	(249)
第十一章	汽车电气新技术应用	(253)
第一节	汽车总线实验开发系统概述	(253)
第二节	PFAutoCAN 总线仿真开发平台概述	(271)
第三节	汽车电控系统电路原理	(274)
实训项目一	单片机小单元的制作	(278)
实训项目二	汽车左前电控单元的制作	(279)
实训项目三	左前车门/车灯 ECU 实验	(281)
参考文献		(287)

第一章

汽车电气设备基础知识

学习目标

- 了解汽车电气设备的基础知识
- 掌握汽车电气设备的电路组成
- 掌握点火开关的电路
- 掌握汽车电气设备的特点

汽车电气设备是汽车先进水平的衡量标准之一。汽车的电子控制技术是随着电子技术的发展和汽车相关法规（油耗法规、排放法规和安全法规）要求的提高而逐步发展起来的。

第一节 汽车电气设备的基础知识

一、汽车电气设备的电路组成

汽车要想获得电源供应的电能，中间的连接装置必不可少。常见的连接装置有汽车用电缆、汽车线束、开关装置、保险装置、继电器和连接器等，这些连接装置的选用和装配直接影响到电气设备的运行状况。汽车电气设备电路由电源、连接装置和负载组成。

二、常见的连接装置

1. 汽车用电缆

汽车用电缆按承受电压的高低分为高压导线和低压导线。

要根据电气设备的负载电流大小来选择导线的截面积，其一般原则为：长时间工作的电气设备可选用实际载流量 60% 的导线；短时间工作的电气设备可选用实际载流量 60% ~ 100% 的导线。同时还应考虑电路中的电压降和导线发热等情况，以免影响电气设备的性能和超过导线的允许温度。

为保证一定的机械强度，低压导线截面积一般不小于 0.5 mm^2 。

汽车 12 V 电系主要电路导线截面选择的推荐值如表 1-1 所示。

表 1-1 12 V 电系主要电路导线截面选择的推荐值

汽车类型	标称截面积/mm ²	用途
轿车、 货车、 挂车	0.5	后灯、顶灯、指示灯、仪表灯、牌照灯、燃油表、雨刮器电机
	0.8	转向灯、制动灯、停车灯、分电器
	1.0	前照灯的单线（不接保险器）、电喇叭（3 A 以下）
	1.5	前照灯的电线束（接保险器）、电喇叭（3 A 以上）
	1.5~4	其他连接导线
	4~6	电热塞
	4~25	电源线
	16~95	起动机电缆

为便于安装和检修，汽车用电线采用单色导线和双色导线，双色导线主色为基础色，辅色为环布导线的条色带或螺旋色带，且标注时主色在前，辅色在后。以双色导线为基础选用时，各用电系统的电源线为单色导线，其余为双色导线，双色导线的主色如表 1-2 所示。

表 1-2 双色导线的主色

系统名称	主色	代号	系统名称	主色	代号
电气装置接地线	黑	B	仪表、报警指示和喇叭系统	棕	Br
点火起动系统	白	W	前照灯、雾灯等外部照明系统	蓝	Bl
电源系统	红	R	各种辅助电机及电气操纵系统	灰	Gr
灯光信号系统	绿	G	收/放音机、点烟器等系统	紫	V
车身内部照明系统	黄	Y			

标称截面积大于 1.5 mm² 的双色导线，其主辅颜色的搭配如表 1-3 所示。

表 1-3 主辅颜色的搭配

主色	辅色						
	红 (R)	黄 (Y)	白 (W)	黑 (B)	棕 (Br)	绿 (G)	蓝 (Bl)
红 (R)	—	○	○	○	—	○	○
黄 (Y)	○	○	○	○	△	△	△
蓝 (Bl)	○	○	○	○	△	—	—
白 (W)	○	○	○	○	○	○	△
绿 (G)	○	○	○	○	○	—	○
棕 (Br)	○	○	○	○	—	○	○
紫 (V)	—	○	○	○	—	○	△
灰 (Gr)	○	○	—	○	○	○	○

注：○表示允许搭配的颜色；△表示不推荐搭配的颜色。

2. 汽车线束

为使全车线路规整、安装方便及保护导线的绝缘层，汽车上的全车线路除高压线、蓄电池电缆和起动机电缆外，一般将同区域的不同规格的导线用棉纱或薄聚氯乙烯带缠绕包扎成束，这就是汽车线束，如图 1-1 所示。



图 1-1 汽车线束

3. 开关装置

开关装置一般包括点火开关和组合开关。

1) 点火开关

点火开关是汽车电路中最重要开关，是各条分支电路的控制枢纽，是多挡多接线柱开关。其主要功能是：锁住转向盘转轴（Lock），接通点火仪表指示等（ON 或 IG），起动机挡（ST 或 Start），附件挡（Acc，主要是收放机专用），如果用于柴油车则增加预热挡（HEAT）。其中起动机挡、预热挡因为工作电流很大，开关不宜接通过久，所以这两挡在操作时必须用手克服弹簧力，扳住钥匙，一松手就弹回点火挡，不能自行定位，其他挡可自行定位。

2) 组合开关

组合开关将照明（前照灯、变光）开关、信号（转向、危险警告、超车）开关、雨刮器/清洗器开关（雨刮器又称刮水器）等组合为一体，安装在便于驾驶员操纵的转向柱上，也有安装在大仪表盘上的。轿车组合开关的外形如图 1-2 所示。



图 1-2 轿车组合开关的外形

开关装置一般是水平为接线端（接引出线），垂直为挡位。如转向开关有 3 个挡位，R 为右转向挡位，L 为左转向挡位，N 为中间挡位；共有 3 个引出线，1 号线为公共端，2 号引出线为右转向灯线，3 号引出线为左转向灯线。当左转向时，1 号和 3 号引出线导通；

右转向时，1 号和 2 号引出线导通；不转向时挡位为 N，1、2、3 号引出线均不导通，如图 1-3 所示。

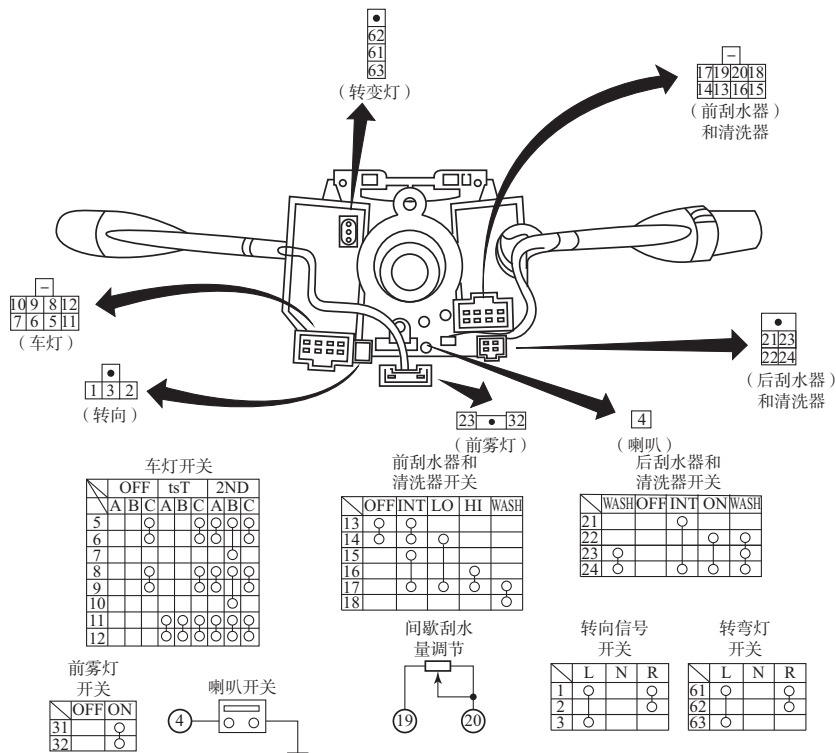


图 1-3 转向开关接线端

4. 保险装置

当电路中流过超过规定的过大电流时，汽车电路保险装置能够切断电路，从而防止烧坏电路连接导线和电气设备，并把故障限制在最小范围内。汽车上的保险装置主要有：熔断器（保险丝）、易熔线和断路器，它们的符号如图 1-4 所示。



图 1-4 熔断器、易熔线、断路器的符号

(a) 熔断器；(b) 易熔线；(c) 断路器

1) 熔断器（保险丝）

熔断器（图 1-5）为一次性保险装置，电流超过额定电流它就会烧断。熔断器的颜色如表 1-4 所示。

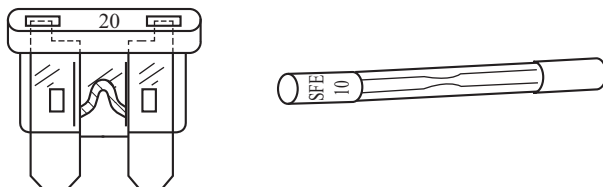


图 1-5 熔断器

表 1-4 熔断器常用的颜色

电流/A	3	5	7.5	10	15	20	25	30
颜色	紫色	褐色	棕色	红色	蓝色	黄色	白色	绿色

(1) 熔断器选用原则为

$$\text{熔断器标称值} = \text{电路的电流值} / 0.8$$

例如，某电路设计的最大电流为 12 A，应选用标称值 15 A 的熔断器。

(2) 熔断器熔断后的应急修理。行驶途中的应急修理，可用细导线代替熔断器，一旦到达目的地或有新熔断器时，应及时换上。

(3) 更换熔断器，一定要用与原规格相同的熔断器。汽车上增加用电设备时，不要随意改用容量大的熔断器，最好另外再安装熔断器。

(4) 若熔断器熔断，必须找到真正的故障原因，彻底排除隐患。

(5) 熔断器支架与熔断器接触不良会产生电压降和发热现象。如发现支架有氧化现象或脏污必须及时清理。

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，瞬间可以通过 300 A 电流 (3 s 以内)，如图 1-6 所示。

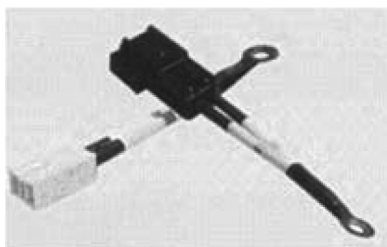


图 1-6 易熔线

易熔线的使用注意事项如下：

- (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，因此需要仔细检查，彻底排除隐患；
- (3) 不能和其他导线绞合在一起。

3) 断路器

断路器在电路中用于防止有害的过载 (额外的电流)。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。如果额外的电流经过双金属带，则双金属带弯曲，触点分开，阻止电流通过；当无电流时，电路断路器冷却而使触点再次闭合，电路导通。断路器是可以重复使用的保护元件，与直流电动机配套使用较多，如图 1-7 所示。

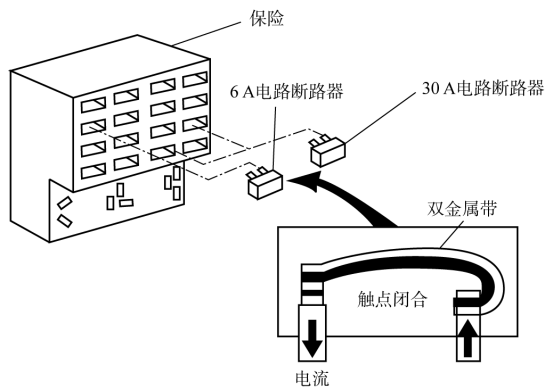


图 1-7 断路器

5. 继电器

1) 继电器作用

继电器通过控制磁场实现接通或切断一对或多对触点，从而实现用小电流控制大电流，起到减小控制开关的电流负荷，保护电路中的控制开关的作用，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、风窗雨刮器/清洗器继电器、危险报警与转向闪光继电器等，其外形如图 1-8 所示。

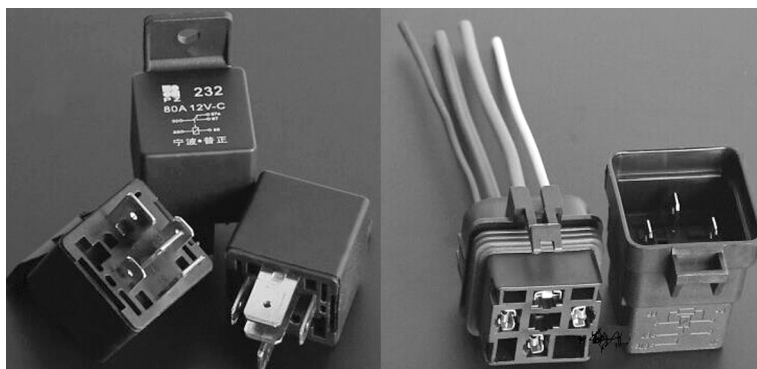


图 1-8 继电器外形

2) 继电器分类

继电器可分为常开型继电器，常闭型继电器和常开、常闭混合型继电器，双线圈型继电器，多组触点式继电器。继电器的每个插脚都有标号，与中央接线盒正面板的继电器插座的插孔标号相对应。常开型继电器是在线圈不通电情况下，触点是断开状态的继电器；常闭型继电器是在线圈不通电情况下，触点是导通状态的继电器。常见继电器内部如图 1-9 所示。

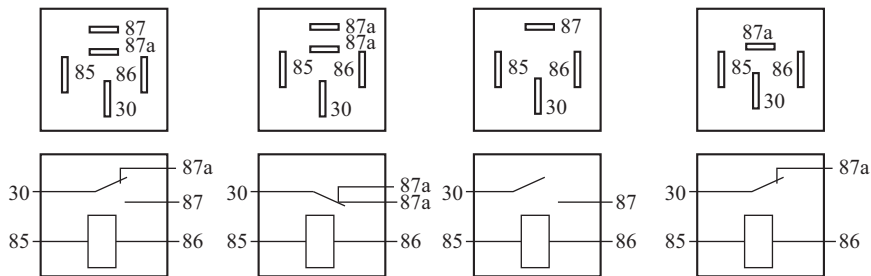


图 1-9 常见继电器内部示意图

3) 继电器典型电路

要想在原车上安装额外的电子附件，将其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 1-10 所示为继电器扩展电路。

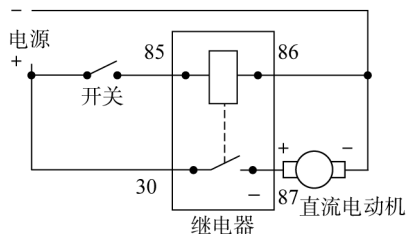


图 1-10 继电器扩展电路

6. 连接器

连接器又叫插接器，在现代汽车上使用很普遍。为防止在汽车行驶过程中脱开，连接器均采用闭锁装置。

(1) 连接器的符号和实物示意图如图 1-11 所示。

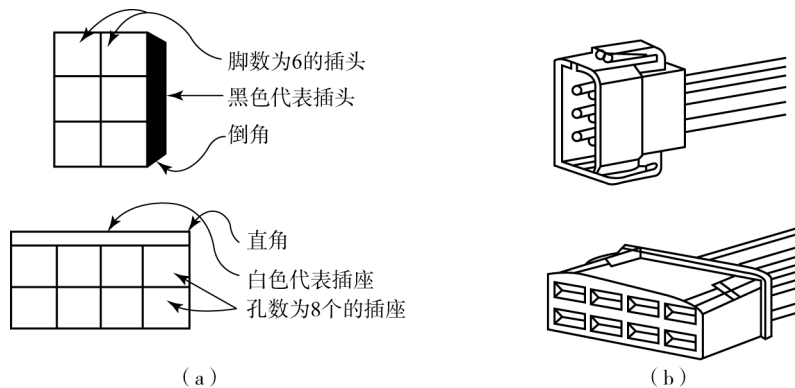


图 1-11 连接器的符号和实物示意图

(a) 符号；(b) 实物

(2) 连接器的拆卸方法如图 1-12 所示。

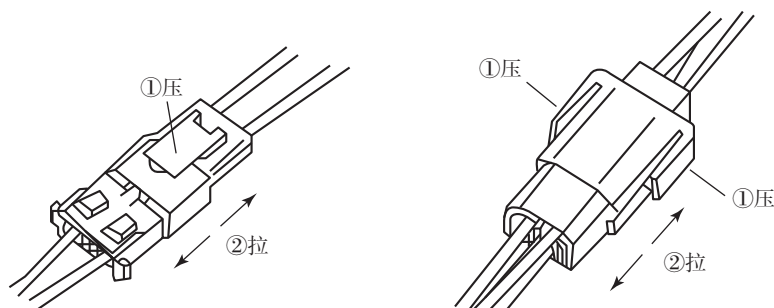


图 1-12 连接器的拆卸方法

第二节 汽车电气设备的特点

汽车电气设备具有以下几个特点：单线制、负极搭铁、两个电源、用电设备并联、低压直流供电。

1. 单线制

所谓单线制，就是利用汽车发动机、底盘或车身等金属机件作为各种用电设备的共用连线（俗称搭铁），而用电设备到电源只需另设一根导线。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，通过金属车架流回电源负极而形成回路。

采用单线制不仅可以节省材料（铜导线），使电路简化，而且便于安装和检修，降低故障率。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，则要采用双线。

2. 负极搭铁

若蓄电池的负极连接到金属机件上,称为负极搭铁;反之,若蓄电池的正极连接到金属机件上,称为正极搭铁。我国标准规定汽车电气设备必须采用负极搭铁。目前世界各国生产的汽车也大多采用负极搭铁方式。

3. 两个电源

两个电源指蓄电池和发电机两个供电电源。蓄电池是辅助电源,在汽车未运转时向有关用电设备供电;发电机是主电源,当发动机运转到一定转速后,发电机转速达到规定的发电转速,开始向有关用电设备供电,同时对蓄电池进行充电。两者互补可以有效地使用用电设备在不同的情况下都能正常地工作,同时也延长了蓄电池的供电时间。

4. 用电设备并联

用电设备并联指汽车上的各种用电设备都采用并联方式与电源连接,每个用电设备都由各自串联在其支路中的专用开关控制,互不干扰。

5. 低压直流供电

汽车电气设备采用低压直流供电,柴油车大多采用24 V直流供电,汽油车大多采用12 V直流供电,有些新型柴油车也采用12 V直流供电,现代新型汽车采用42 V直流供电。

第三节 汽车电气设备系统主要组成

汽车电气设备系统主要由电源系统、用电设备组成。

1. 电源系统

(1) 发电机:发电机为汽车主电源,发电机正常工作时,由发电机向全车用电设备供电,同时给蓄电池充电。发电机有调节器,调节器的作用是使发电机的输出电压保持恒定。

(2) 蓄电池:蓄电池的主要作用是发动机起动时向起动机供电,同时辅助发电机向用电设备供电。

2. 用电设备

(1) 起动系统:包括直流电动机、传动机构、控制装置,其作用是起动发动机。

(2) 点火系统:其任务是产生高压电火花,点燃汽油发动机汽缸内的混合气。

(3) 照明系统:包括汽车内外各种照明灯及其控制装置,用来保证夜间行车安全。

(4) 信号系统:包括喇叭、蜂鸣器、闪光器及各种行车信号标识灯,为驾驶员在行车时告诉警察、行人和车辆其运行方向、制动、倒车和停车信号,用来保证车辆运行时的人车安全。

(5) 仪表及显示系统:包括各种电器仪表(电流表、电压表、机油压力表、温度表、燃油表、车速及里程表、发动机转速表等),监控车辆的一些基本信息。

(6) 辅助电气系统:包括电动雨刮器、空调器、低温起动预热装置、收录机、点烟器、玻璃升降器等,满足驾驶员和乘员舒适性要求。

(7) 电子控制系统:包括电控燃油喷射装置、电子点火装置、制动防抱死装置、自动变速器、智能前大灯系统、自动悬架系统等,提高车辆性能且节能环保。

实训项目一 组合开关测量实训

1. 实训目的

掌握用万用表检测开关电器的技能，提高动手能力。

2. 实训任务

测量金杯汽车组合开关引脚，画出开关图。

3. 实训器材

万用表、金杯汽车组合开关。

4. 实训内容

- (1) 教师带领学生进入实训现场，讲解安全事项。
- (2) 教师解说汽车现有的不同灯光开关类型及结构。
- (3) 教师指导学生填写报告。
- (4) 考核。

5. 实训要求

- (1) 上课前学生应阅读实验指导书中相应的部分，明确实验的内容和要求。
- (2) 学生根据实验内容阅读教材中的有关章节，弄清基本概念和方法，使实验能顺利完成。
- (3) 学生根据实验步骤，填写好实验报告后，交给教师批阅。

6. 实训步骤

学生5人一组，选好组长。做好实训报告记录。

- (1) 用万用表测量“A”端子，并画出开关图，如图1-13所示。

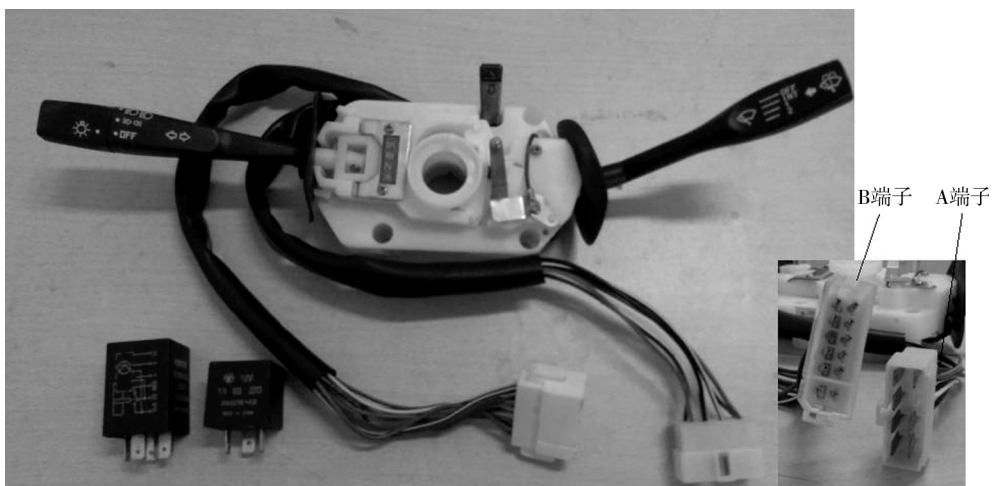


图 1-13 组合开关

(2) 用万用表测量“B”端子，并画出开关图。

(3) 测量方法：通过引线找出相应的接线端子，做好相应的标记，通过对应的动作开关，分别测量出开关的通断状态，根据几条引线、几个挡位画出开关表格图，如图 1-14 和图 1-15 所示。

①测量“ A ”“ B ”端子。“ A ”端子线的颜色：先标颜色，引脚含义不用填。

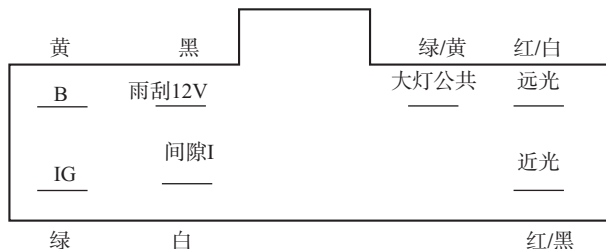


图 1-14 A 端子线

“ B ”端子线的颜色：先标颜色，引脚含义不用填。

绿/紫 — (P+小灯)	红 — P	棕 — 小灯	白/绿 — 闪光器 L+	浅蓝 — 复位	橙/蓝 — 高速
浅绿 — 闪光器 B+	橙 — R转向	灰 — L转向	粉 — 喇叭线	蓝 — 低速	紫 — 喷水

图 1-15 B 端子线

②测量危险报警器开关。根据危险报警器开关引出线画出危险报警器开关图，有 2 个挡位，6 条引出线，如图 1-16 所示。图 1-17 为危险报警器开关电路图。

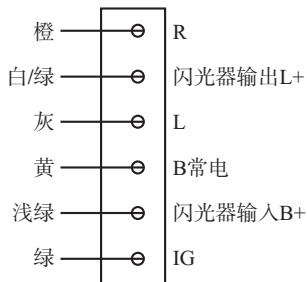


图 1-16 危险报警器开关引出线

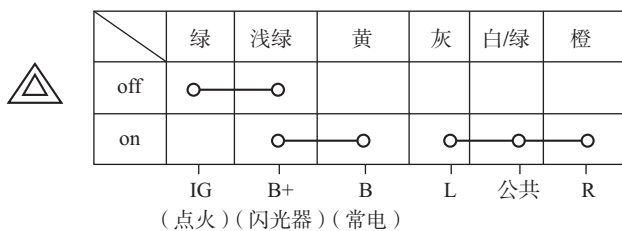


图 1-17 危险报警器开关电路图

③测量雨刮器开关。根据雨刮器开关引出线画出雨刮器开关图，有 5 个工作挡位，6 条引出线，如图 1-18 所示。