

高等职业教育汽车运用与维修专业教材

汽车电路分析

董宏国 廖苓平 主编
袁一 刘金华 副主编

第一章 汽车电路的基本知识

第一节 汽车电路的组成和特点

随着汽车电子控制装置增多,汽车电路日趋复杂。但是任何复杂的汽车电路,其原理都基本相同,都由两个电源(蓄电池、发电机)和用电设备组成。各种车型电路的主要不同点在于,它们的熔断丝形式和安装位置、灯光信号电路和辅助电气设备的数量及连接方法上的不同。

一、汽车电路的概念

为了使汽车的电器设备工作,应按照它们各自的工作特性及相互间的内在联系,用导线和车体把电源、电路保护装置、控制器件及用电设备等装置连接起来,构成能使电流流通的路径,这种路径称为汽车电路。

二、汽车电路的组成

汽车电路主要由电源、电路保护装置、控制器件、用电设备及导线组成。

1. 电源

汽车上装有两个电源,即蓄电池和发电机。其功能是保证汽车各用电设备在不同情况下都能投入正常工作。

2. 电路保护装置

电路保护装置主要有熔断丝(俗称保险丝)、电路断路器及易熔线等,其功能是在电路中起保护作用。当电路中流过超过规定的电流时切断电路,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。

3. 控制器件

除了传统的各种手动开关、压力开关、温控开关外,现代汽车还大量使用电子控制器件,包括简单的电子模块(如电子式电压调节器等)和微电脑形式的电子控制单元(如发动机电控单元、自动变速器电控单元等)。电子控制器件和传统开关在电路上的主要区别是电子控制器件需要单独的工作电源及需要配用各种形式的传感器。

4. 用电设备

包括电动机、电磁阀、灯泡、仪表、各种电子控制器件和部分传感器等。

5. 导线

导线用于将以上各种装置连接起来构成电路。此外,汽车上通常用车体代替部分从用电器返回电源的导线。

三、汽车电路的基本特点

汽车电路具有以下特点：

1. 低压

汽车电气系统的标称电压有 12V 和 24V 两种，轿车普遍采用 12V，而重型柴油车多采用 24V。对发电装置，24V 系统的额定电压为 28V。低压系统的主要优点是：安全，蓄电池单格数少，对减少蓄电池的质量和尺寸有利；白炽灯的灯丝较粗，寿命较长。

2. 直流

汽车采用直流系统的原因是发动机要靠起动机启动，起动机由蓄电池供电，而蓄电池的电能消耗后又必须用直流电充电，所以汽车电气系统为直流系统。

3. 单线制

单线制是指从电源到用电设备只用一根导线连接，用汽车底盘、发动机等金属机体作为另一根共用导线，线路简化清晰，安装和检修方便，且电器部件也不需与车体绝缘，所以现代汽车普遍采用单线制，但在特殊情况下，有时也需采用双线制。

4. 并联

为了让各用电器能独立工作，互不干扰，各用电器均采用并联方式连接，每条电路均有自己的控制器件及保险装置。控制器件保证每条电路的独立工作，保险装置是用来防止因电路短路或超载而引起导线及用电器的损坏。

5. 负极搭铁

采用单线制时，蓄电池的一个电极接到车体上，称为“搭铁”。若蓄电池的负极与车体连接，则称为负极搭铁；反之，则称为正极搭铁。现在国内外汽车均统一采用负极搭铁。

6. 由相对独立的分系统组成

汽车电路由相对独立的分系统组成，全车电路一般包括以下几部分。

(1) 电源电路：由蓄电池、发电机、调节器及工作状态指示装置（电流表、充电指示灯）等组成。

(2) 启动电路：由起动机、启动继电器、启动开关及启动保护装置组成。

(3) 点火电路：由点火线圈、分电器、电子点火器、火花塞、点火开关等组成的电路。此外，由发动机控制单元进行点火控制时，可以不使用分电器。

(4) 照明与信号电路：由前照灯、雾灯、示宽灯、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的电路。

(5) 仪表与警报电路：由仪表、传感器、各种报警指示灯及控制器组成的电路。

(6) 电子控制装置电路：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等组成的电路。

(7) 辅助装置电路：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的电路。因车型不同而有所差异。一般包括挡风玻璃刮水器、清洗装置、挡风玻璃除霜、雾装置、启动预热装置、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组成的电路。

第二节 摇汽车电路的类型

一、电源电路、搭铁电路及控制电路(或信号电路)

摇摇汽车电路根据各自的功能不同,一般可分为电源电路、搭铁电路及控制电路。

电源电路主要是为电器部件提供电源,传统又称为电器部件的“火”线。如图 1-1-1 所示,用电设备为电动机,电源为蓄电池,从蓄电池正极到电动机之间的线路 1 段为电器部件(电动机)的电源电路。

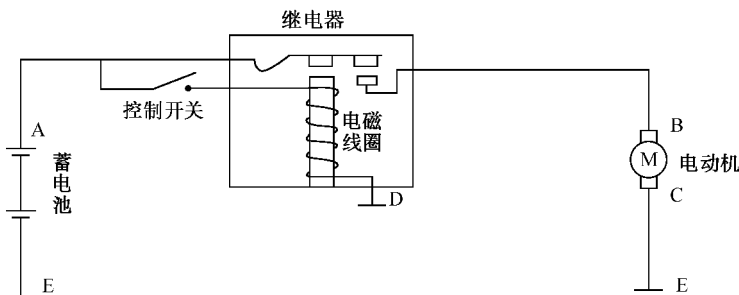


图 1-1-1 摇摇汽车电路的功能

搭铁电路主要是为电器部件提供电源回路;如图 1-1-2 所示,从电动机到蓄电池负极之间的线路 2 段为电器部件(电动机)的搭铁电路。

控制电路主要是控制电器部件是否工作;如图 1-1-3 所示,控制器件为开关和继电器,电器部件(电动机)的控制电路为经过控制开关和继电器电磁线圈线路 3 段。

二、直接控制电路与间接控制电路

根据控制器件与用电部件之间是否使用继电器,可分为直接控制电路和间接控制电路。

1. 直接控制电路

直接控制电路是最基本、最简单的电路。这种控制电路中不使用继电器,控制器件与用电器串联,直接控制用电器。如图 1-1-4 所示,直接控制电路为:蓄电池正极→电路保护装置→控制器件→用电部件(灯泡)→搭铁→蓄电池负极。

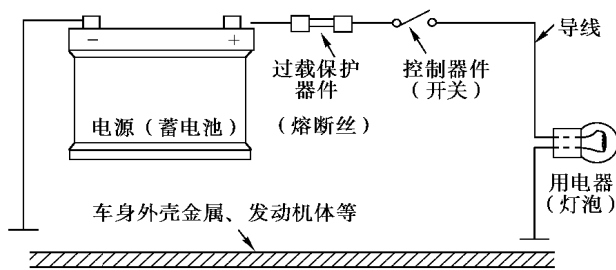


图 1-1-4 直接控制电路

2. 间接控制电路

在控制器件与用电部件之间使用继电器或电子控制器的电路称为间接控制电路。

如图 1-1-5 所示,控制器件和继电器内的电磁线圈所处的电路称为控制电路。用电器和继电器内的触点所处的电路称为主电路。

继电器或电子控制器对受其控制的用电器来讲是控制器件,但继电器和晶体管同时又受到各种开关、电控单元等控制器件的控制,从这个意义上来讲,它们又是执行器件,所以它们具

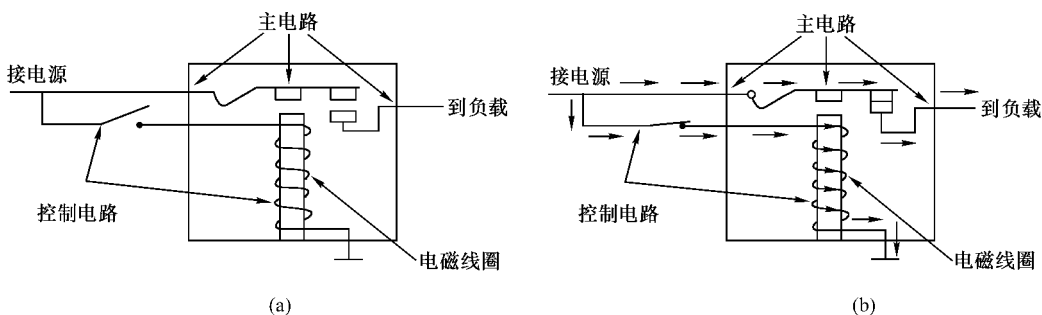


图 1-1 电磁继电器

(a) 开关断开时；(b) 开关闭合时

有双重性。

三、电子控制电路与非电子控制电路

1. 非电子控制电路

非电子控制电路指的是由手动开关、压力开关、温控开关及滑线变阻器等传统控制器件对用电器进行控制的电路。

汽车上的手动开关主要是点火开关、照明灯开关、信号灯开关及各控制面板与驾驶座附近的按键式、拨杆式开关及组合式开关等。

2. 电子控制电路

目前电子控制取代其他控制模式成为现代汽车控制的主要方式,如发动机的机械控制燃油喷射被电控燃油喷射所取代,自动变速器及离合器等由液压控制转变为电子控制等等。电子控制电路是指增加了信号输入元件和电子控制器件,由电子控制器件对用电器进行自动控制的一种电路,此时用电器一般称为执行器。

四、电子控制电路的特点

在汽车电子控制系统中,电子控制单元(即电子控制装置,简称 ECU)是核心,它通过接收传感器和控制开关输入的各种信号,根据其内部预先存储的数据和编制的程序,通过数学计算和逻辑判断,然后直接或间接控制各执行器的工作。

汽车电控系统的电路一般可分为:电控单元的电源电路、信号输入电路及执行器的工作电路。

1. 电控单元的电源电路

如图 1-2 所示,电控单元与电源的连接电路称为电控单元的电源电路。一般分为两大类:一类与电源正极直接相连,其作用为在任何时候都给电控单元供电,以使电控单元保存数据信息,称为永久电源电路;另一类则在点火开关或其他开关的控制下直接或间接向电控单元供电,以提供正常工作时所需要的电能,称为主电源电路。

电控单元通过车体与电源的负极连接的电路称为电控单元的搭铁电路,以使电控单元与电源构成回路。为保证电控单元可靠搭铁,电控单元与车身之间往往有多条搭铁线。

2. 信号输入电路

信号输入电路有传感器电路、外接开关电路及几个电控单元之间连接的数据传输电路三种形式。

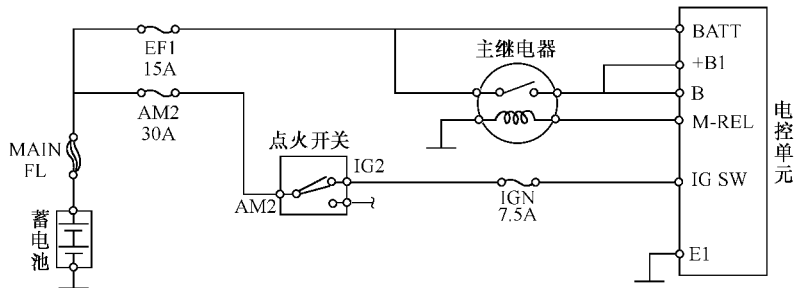


图 1-1-1 丰田汽车电控单元的电源电路

(四) 传感器电路。传感器在电路图中不绘制其具体结构,只绘制其符号或用文字标注。有的车型电路图中用符号或字母较具体的表达,如热敏电阻、可变电阻等类型的传感器,而在实践中一般只需要了解其接线端子的代码等有关线路连接的内容。传感器信号输入电路可分为有源传感器电路和无源传感器电路。

① 有源传感器电路。大多数传感器需要由电控单元提供基准电压(一般为 5V)作为电源才能工作。这类传感器称为有源传感器。如图 1-1-2 所示,有源传感器的连接线一般分为电源线、信号线和搭铁线。其中电源线、信号线一般与电控单元连接,而搭铁线可经电控单元搭铁也可直接搭铁。

② 无源传感器电路。有些传感器的工作无需提供电源,当外界条件变化时会产生电动势向电控单元发出电信号。这类传感器称为无源传感器。如图 1-1-3 所示,无源传感器因其信号微弱,为防止电磁干扰引起信号失真,信号线需要采用屏蔽线。

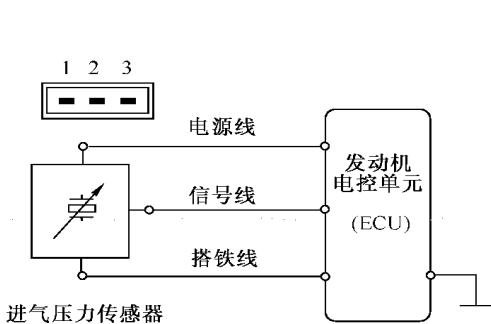


图 1-1-2 有源传感器的连线

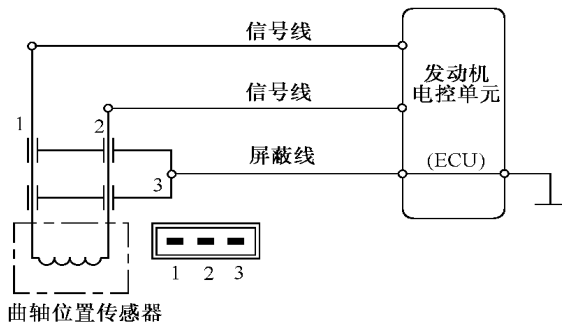


图 1-1-3 无源传感器的连线

(五) 开关信号电路。电控系统中有多种开关,如点火开关、空调开关、制动开关、自动变速器挡位开关等。这些开关向电控单元提供导通和断开两种电信号。常见开关电路有电压输入型、搭铁型。

如图 1-1-4 所示为电压输入型开关电路,当开关闭合时,电控单元接收的电压信号为蓄电池电压;当开关断开时,电控单元接收的电压信号为 0V。

如图 1-1-5 所示为搭铁型开关电路,当开关闭合时,电控单元接收的电压信号为 0V;当开关断开时,电控单元接收的电压信号为基准电压。

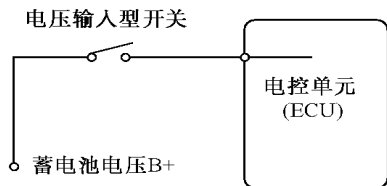


图 员原瑶 电压输入型开关电路

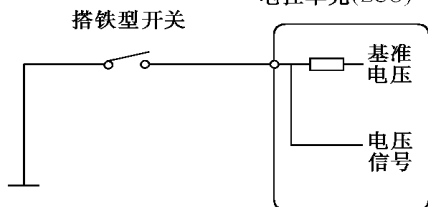


图 员原瑶 搭铁型开关电路

当电控单元的一个接线端子同时与开关和用电器连接时,要注意区分电路的具体作用。一般有两种情况:

① 电控单元与开关共同控制用电设备的工作(如图 员原瑶),电控单元 员圆号接线端子同时与灯控开关和继电器电磁线圈连接。从图中可以看出,电控单元 员圆号接线端子内部为电子开关(晶体管),该接线端子和灯控开关共同控制继电器的电磁线圈,进而控制前照灯的工作。

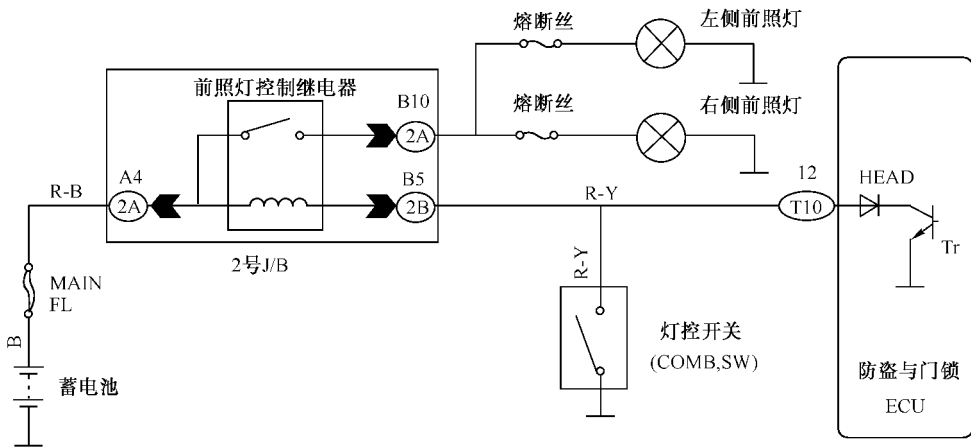


图 员原瑶 凌志前照灯控制继电器电路

② 开关给电控单元提供信号并同时控制用电器的工作(如图 员原瑶)。在该图中电控单元的接线端子 怨与行李舱开关和用电器连接。从图中可以看出,接线端子 怨的内部为信号接收电路。当行李舱门控开关闭合时,接线端子 怨的电压为 园灾;当开关断开时,接线端子 怨的电压为 员圆灾。该电路为行李舱门控开关向电控单元接线端子 怨提供行李舱门开闭信号并同时控制行李舱的门控灯工作。

以上两种情况在看电路图、分析电路工作原理时要注意区分。区分的方法是:

① 看电控单元的接线端子代码及文字说明。若注明信号输入,则为开关给电控单元提供信号,若注明为控制某用电器工作,则为电控单元控制用电器的电路。

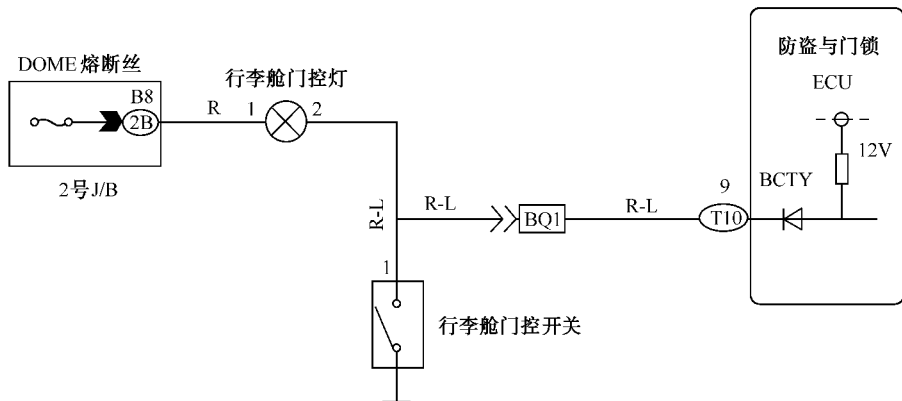


图 1-1-1 凌志行李舱门控灯开关电路

② 看电控单元内部的电路。如电控单元内为电子开关的则为电控单元控制用电器的电路,电控单元内部为信号接收电路的,则为电控单元信号电路。

(獭) 与其他电控单元的连接电路。各电控单元之间往往需要传输信号,以实现数据共享及工作匹配。

数据共享是指几个电控单元需要同一个信号输入装置的信号。可以由信号输入装置分别向各电控单元传输信号,也可以向一个电控单元传输信号,然后由这个电控单元通过电控单元间的信号电路传输信号。

工作匹配是指几个系统之间相互影响,如自动变速器在进行换挡控制时,需要发动机电控单元匹配控制,减少喷油量并减小点火提前角,以改善换挡品质。

若要由自动变速器电控单元向发动机电控单元传输换挡信号,需要在电控单元之间连接信号导线。近年来,许多新型汽车使用网络数据传输来实现以上功能。

獭 执行器工作电路

执行器是由电控单元控制进行工作。常见执行器有电磁阀、继电器、电动机、灯、蜂鸣器和喇叭等。如图 1-1-2 所示,执行器的电路分为电源电路、搭铁电路。当电控单元处于电源电路时,电源电路即为控制电路;当电控单元处于搭铁电路时,搭铁电路即为控制电路。

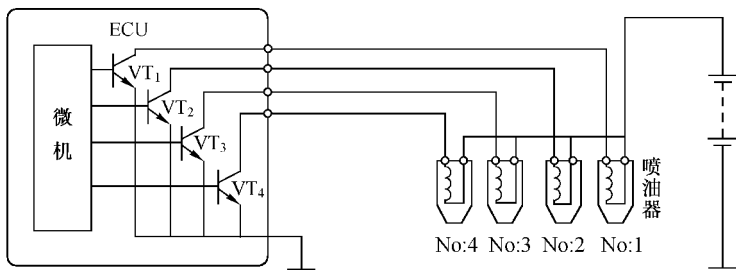


图 1-1-2 执行器的控制电路

第三节 汽车电路图的类型

汽车电气设备电路图是将各电气部件的图形符号通过引线条连接在一起的关系图。主要用于表达各电气系统的工作原理及电器部件之间的连接关系,同时还可表示各种电器部件、线束等在车上的具体位置。汽车电气设备电路图可分为四种型式,即电器连接简图、布线图、电气原理图和线束图。

一、电器连接简图

电器连接简图是按全车各独立电气系统划分,图中既有电气设备图形符号,又有电气设备外形特征图形,使整个电路识读起来更为直观简便。

如图 1-1-1 所示为日产(~~昂昂昂~~)柴油货车充电和启动系统连接简图。其简图完整地表达了整车的电器及线路连接,但不能清晰、方便地反映各电器系统的工作原理,且识读所需时间较长,随着汽车电路的日趋复杂,这类电路图越来越不实用。

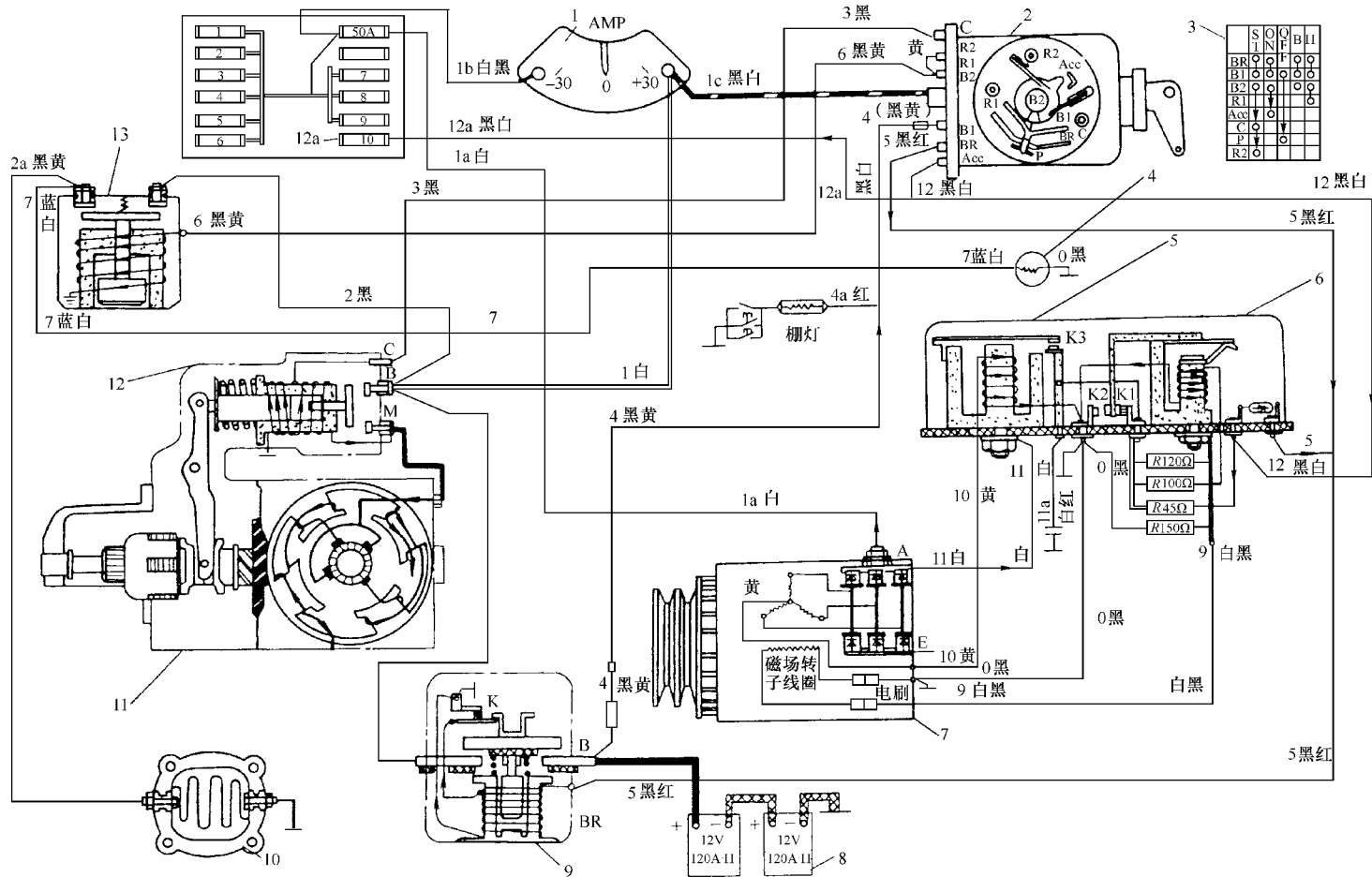


图 员原圆日 产 (晕 黎 粤) 柴 油 货 车 充 电 和 启 动 系 统 连 接 简 图

员—电流表 圆—启动开关 猿—启动开关接线端子 源—预热指示灯 缘—磁场继电器 远—电压调节器 苑—交流发电机；

愿—蓄电池 怨—电源开关 员园—空气预热器 员员—起动机 员圆—起动机电磁开关 员猿—电磁预热开关

二、布线图

布线图的特点

如图 2-1-1 所示,布线图是指专门用来标记电气设备的安装位置、外形、线路走向等的指示图。它按照全车电气设备安装的实际方位绘制,部件与部件之间的连线按实际关系绘出,并将线束中同路的导线尽量画在一起。这样,汽车布线图就较明确地反映了汽车实际的线路情况,查线时导线中间的分支、接点很容易找到,为安装和检测汽车电路提供方便。但因其线条密集,纵横交错,给识图、查找、分析故障带来不便。

布线图的绘制原则

(1) 布线图中的元器件、部件、组件和设备等项目,应尽量采用其简化外形(如圆形、方形、矩形)来表示,为了便于识图,必要时也允许用图形符号表示。

(2) 在布线图中,接线端子应用端子代号表示。

(3) 导线可用连续线或中断线表示。连续线是用连续的实线来表示端子之间实际存在的导线。中断线是用中断的实线来表示端子之间实际存在的导线,并在中断处标明去向。

三、电路原理图

电路原理图的特点

如图 2-1-2 所示,电路原理图可清楚地反映出电气系统各部件的连接关系和电路原理,且具有以下的特点:

(1) 用电器符号表达各种电器部件。

(2) 在大多数图中,电源线在图上方,搭铁线在图下方,电流方向自上而下。电路较少迂回曲折,电路图中电器串、并联关系十分清楚,电路图易于识读。

(3) 各电器不再按电器在车上的安装位置布局,而是依据工作原理,在图中合理布局,使各系统处于相对独立的位置,从而易于对各用电设备进行单独的电路分析。

(4) 各电器旁边通常标注有电器名称及代码(如控制器件、继电器、过载保护器件、用电器、铰接点及搭铁点等)。

(5) 电路原理图中所有开关及用电器均处于不工作的状态,例如点火开关是断开的,发动机不工作,车灯关闭等。

(6) 导线一般标注有颜色和规格代码,有的车型还标注有该导线所属电器系统的代码。根据以上标注,易于对照定位图找到该电器或导线在车上的位置。

(7) 电路原理图有整车电路原理图和局部电路原理图之分。

整车电路原理图。为了需要,常常要尽快找到某条电路的始末,以便分析确定有故障的路线。在分析故障原因时,不能孤立地仅局限于某一部分,而要将这一部分电路在整车电路中的位置及与相关电路的联系都表达出来。

局部电路原理图。为了弄清汽车电器的内部结构,各个部件之间相互连接的关系,弄清某个局部电路的工作原理,常从整车电路图中抽出某个需要研究的局部电路,参照其他详细的资料,必要时根据实地测绘、检查和试验记录,将重点部位进行放大、绘制并加以说明。

电路原理图的绘制方法

(1) 元器件的表示方法。电路图的一个重要特征是元器件采用国家标准所规定的图形符

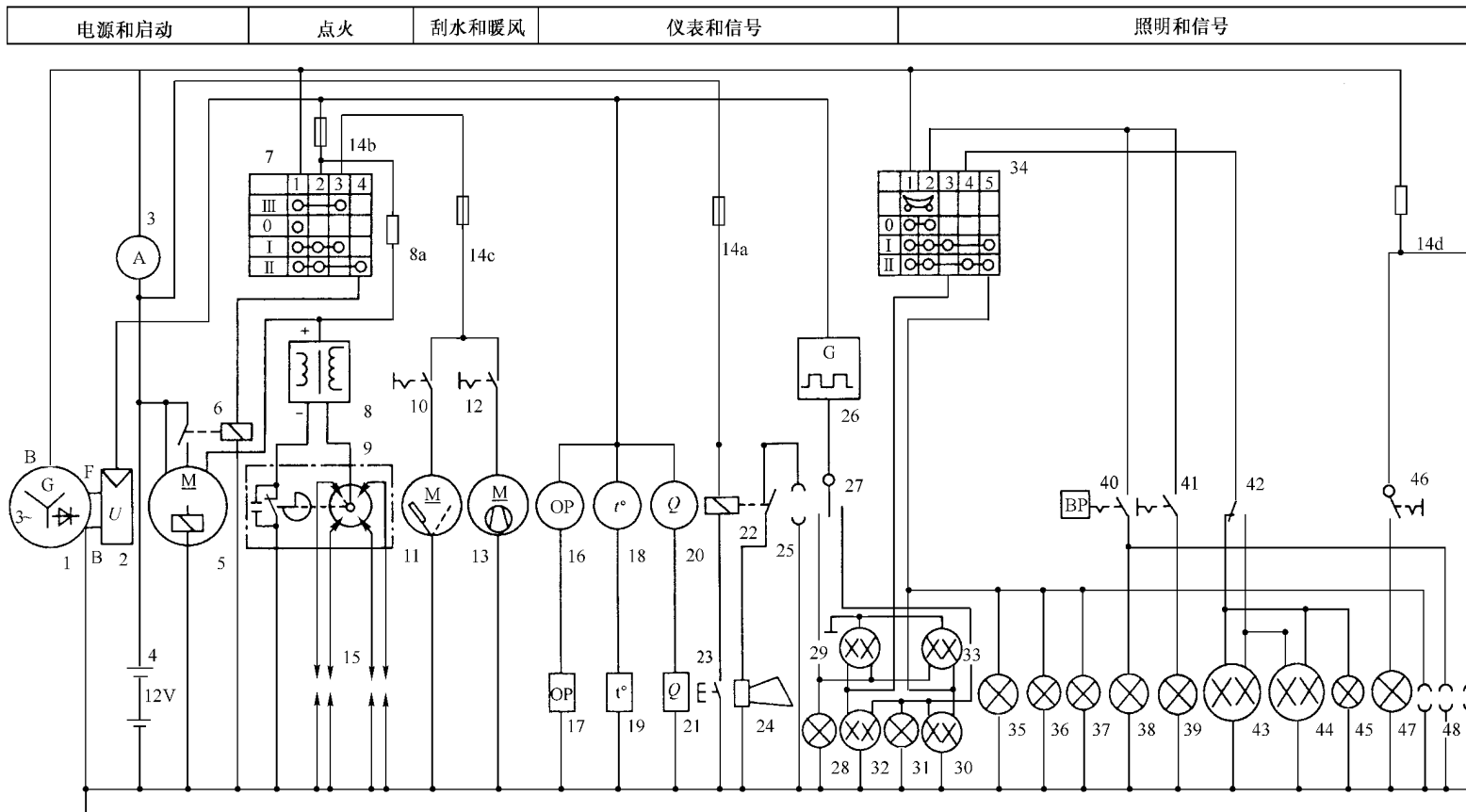


图 员原源汽车电气原理图

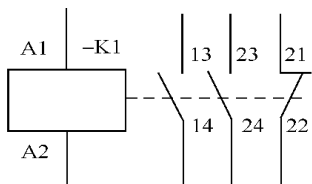
员—发电机 圆—电压调节器 猿—电流表 源—蓄电池 缘—起动机 远—启动继电器 苑—点火开关 愿—点火线圈 怨—分电器 10—刮水器开关 11—刮水电动机 12—暖风开关；
 13—电动机 14—熔断丝盒 15—火花塞 16—机油压力表 17—油压传感器 18—水温表 19—水温传感器 20—燃油表 21—燃油传感器 22—喇叭继电器 23—喇叭按钮；
 24—电喇叭 25—工作灯插座 26—闪光器 27—转向灯开关 28—转向灯 29—转向灯 30—前小灯 31—侧灯 32—室灯 33—车灯开关 34—牌照灯 35—仪表盘灯 36—制动灯；
 37—阅读灯 38—制动开关 39—阅读灯开关 40—变速器 41—前照灯 42—远光指示灯 43—防空雾灯开关 44—防空雾灯 45—挂车导线插座

号来表示。绘图时国家标准中规定的图形符号均可选用。有些元器件没有国家标准对应的图形符号,可根据标准中给出的规则,使用一般符号、基本符号来派生所需要的新符号。对于不常用的符号,应增加文字注释,以便于理解。对于新研制的元器件,在尚无标准的图形符号之前,可采用其简化的外形图来表示,以便于反映该元器件的工作原理。

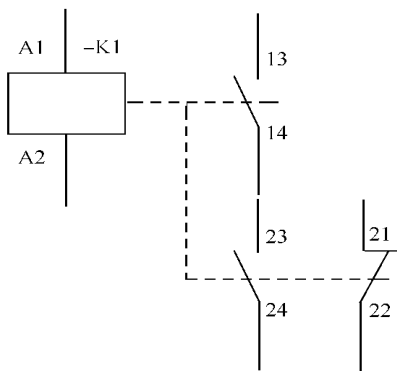
(圆) 图形符号的布置。在电气系统中,有大量的元器件的驱动部分和被驱动部分采用机械连接,如继电器、按钮开关、光电耦合器等都属于这一类。其表示方法有四种:集中表示法、半集中表示法和分开表示法,不管采用何种表示方法,所给出的信息量都是相等的,在同一张图纸上可以根据需要使用一种或同时使用几种表示方法。

① 集中表示法。集中表示法是把元器件各组成部分的图形符号绘制在一起的方法,如图员原员缘所示。其特点是易于寻找项目的各个部分,元器件整体印象完整,但仅适用于较为简单的电路。

② 半集中表示法。半集中表示法是把一个元器件某些组成部分(不是全部)的图形符号在图上分开布置,它们之间的关系用机械连接线表示的方法,如图员原员远所示,机械连接线用虚线表示,可以是直线,也可以折弯、分支和交叉。其特点是可减少电路连接线的往返和交叉,使图面清晰,便于识读。但是,会出现穿越图面的机械连接线,所以适用于一般电路,对于复杂电路,由于穿越图面的机械连接线过多,不采用这种方法。



图员原员缘 集中表示法示例



图员原员远 半集中表示法示例

③ 分开表示法。分开表示法把一个元器件的各组成部分的图形符号在图上分开布置,它们之间各部分的关系用项目代号表示的方法,如图员原员苑所示。显然,分开表示法既减少了电路连接线的往返和交叉,又不会出现穿越图面的机械连接线,所以在实际中得到广泛应用。但是,为了寻找被分开的各部分,需要采用插图或表格等检索手段。

(XII) 插图的使用和绘制方法。如图员原员愿所示,插图就是把分散绘制在图中不同位置的同一项目不同部分的图形符号,集中绘制在一起并给出位置信息。插图可以与该项目的驱动部分的图形符号对齐,也可以集中布置在图的空白处,甚至还可以绘制在另一张图纸上,当然,把插图直接绘制在紧靠驱动部分的图形符号旁,看图是最方便的。

④ 表格的使用和绘制方法。在图上,把分散绘制在图中不同位置的同一项目不同部分的图形符号,集中在一张表格中,绘制方法如图员原员怨所示。表格中的名称可以用图形符号来代替,表格应与驱动部分的图形符号对齐。在采用电路编号法表示图中元器件位置的图上,表格中的位置信息就是电路编号。

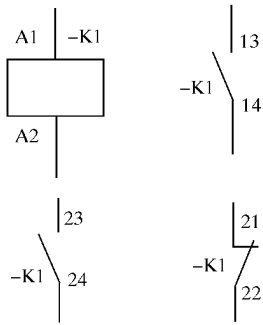


图 1-1-1 继电器分表示法示例

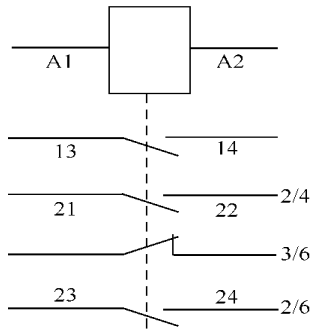


图 1-1-2 继电器插图示例

(猿) 电路与导线的排列。电路的安排要求有清楚、一目了然的图示效果,各个电路的排列必须优先采用从左到右、从上到下的原则,尽可能用直线、无交叉点、不改变方向的标记方式。另外,作用方向应与电路图边沿平行,如果出现许多平行线重叠成堆的情况,那么可将其编组,通常是把三条线集中为一组,留出距离,再表示下一组线,如图 1-1-4 所示表示多条平行线的分组画法。

常开触点 (—)	常闭触点 (—)	位置
13-14		
21-22		2/4
	21-22	3/6
23-24		2/6

图 1-1-4 表格示例

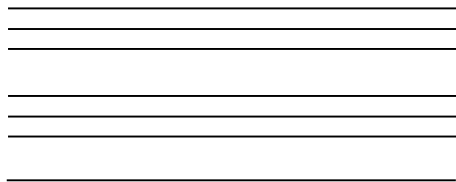


图 1-1-5 多条平行线分组画法

(源) 分界线与边框。电路的各部分用点划线或边框线限制,以此表明仪器、部件功能或结构上的属性。在汽车电气设备中,用点划线表示仪器和电路中不导电的边框,这种图示可以不与外壳相一致,也不用来表示仪器的搭铁线。

(缘) 区段识别。区段识别符号标注在电路图的下沿,有助于更方便地寻找电路部件,以往区段识别标记也称为电路,可能的标记方式有猿种:

- ① 用连续数字以相同的距离从左到右标注如: 猿猿猿猿猿猿猿猿猿猿。
- ② 标明电路区段的内容如:

电源猿猿猿猿启动装置猿猿猿猿点火装置猿猿猿猿.....

③ 以上两种方法的结合。汽车电路大多数都在电路图中指明电路区段的内容。

(远) 标注。利用字母和数码可对设备、部件或电路图中的线路符号作标注 标注位于线路符号的左边或下边 ,如果设备的定义明确 标准内所规定的几种设备可不作标注。

四、线束图

在汽车上 ,为了安装方便和保护导线 将同路的许多导线用棉纱编制物或聚氯乙烯塑料带包扎成束。线束图是根据电气设备在汽车上的实际安装部位绘制的全车电路图。

线束图的特点

如图 1-10 所示 ,整车电路线束图常用于汽车厂总装线和修理厂的连接、检修与配线。线束图主要表明电线束与各用电器的连接部位、接线端子的标记、线头、插接器(连接器)的形状及位置等。这种图一般不去详细描绘线束内部的电线走向 ,只将露在线束外面的线头与插接器作详细编号或用字母标记。它是一种突出装配记号的电路表现形式 ,非常便于安装、配线、检测与维修。如果再将此图各线端都用序号、颜色准确无误地标注出来 ,并与电路原理图和布线图结合起来使用 ,则会起到更大的作用且能收到更好的效果。

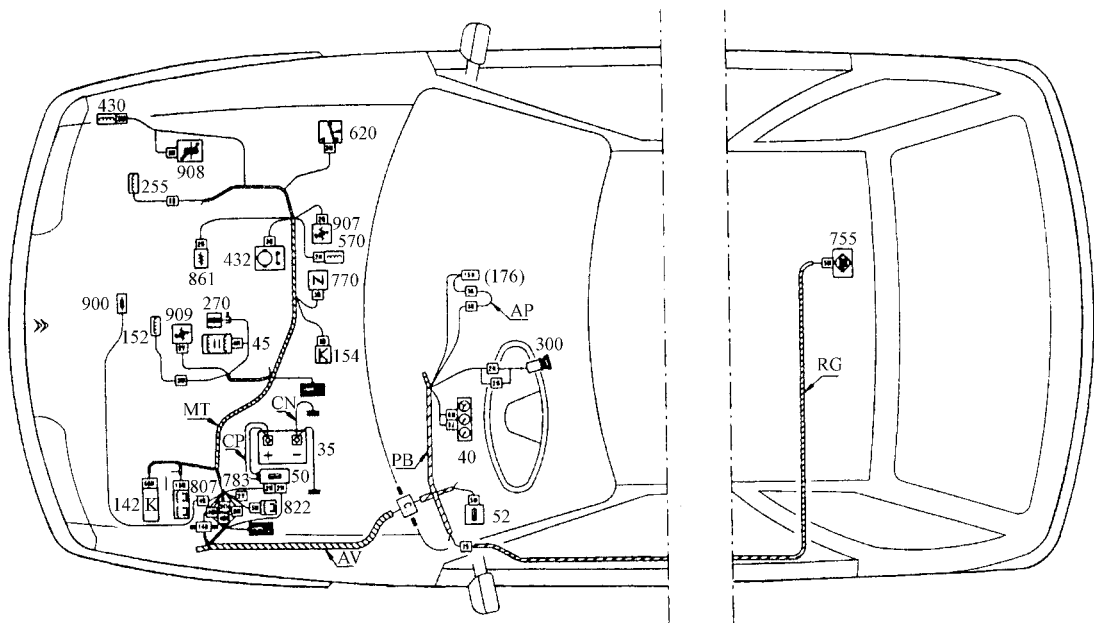


图 1-10 发动机线束图

- 1—蓄电池 2—仪表板 3—点火线圈 4—电源盒 5—内接熔断丝盒 6—发动机电控单元 ;
- 7—曲轴位置传感器 8—车速传感器 9—防盗密码控制盒(选装) 10—空调压缩机离合器 ;
- 11—点火线圈上的电容器 12—点火开关 13—碳罐控制阀 14—怠速控制阀 15—喷油器 ;
- 16—惯性开关 17—燃油泵 18—节气门位置传感器 19—故障自诊断插座 20—主继电器 ;
- 21—氧传感器 22—进气温度传感器 23—进气压力传感器 24—水温传感器

线束图的绘制

由于线束安装图主要是以线束的形式出现的 ,图面的线条较少 ,各部件之间连接的表达就成为其主要的內容。