

双色版

ZENYANG SHIDU
QICHE DIANLUTU



怎样识读

汽车电路图

陶荣伟 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

ZENYANG SHIDU
QICHE DIANLUTU



怎样识读 汽车电路图

陶荣伟 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书主要内容包括：汽车电路图识读基础、汽车照明与信号系统电路图的识读、汽车电源系统电路图的识读、汽车点火系统电路图的识读、启动系统电路图的识读、空调系统电路图的识读、仪表与警报信号系统电路图的识读、辅助电器系统电路图的识读、汽车电子控制系统电路图的识读、典型车系汽车电路图的识读等。本书以提高读者对汽车电路相关基础知识的掌握水平，熟悉汽车电路的识读要点为目的。讲解了电路、电路元件等基本知识，突出了部分元件的特点，详细介绍了汽车电器和电子控制装置部件的电路的工作原理与结构类型。读者对大众、丰田、通用等车系电路图熟悉后，可对其他车系举一反三。

本书适合初级汽车电工维修人员、驾驶员及汽车行业相关人员阅读，也可供有关职业院校师生、企业培训人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

怎样识读汽车电路图/陶荣伟主编. —北京：中国电力出版社，2016.7

ISBN 978-7-5123-8833-8

I. ①怎… II. ①陶… III. ①汽车-电路图-识别 IV. ①U463.62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 014125 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016 年 7 月第一版 2016 年 7 月北京第一次印刷

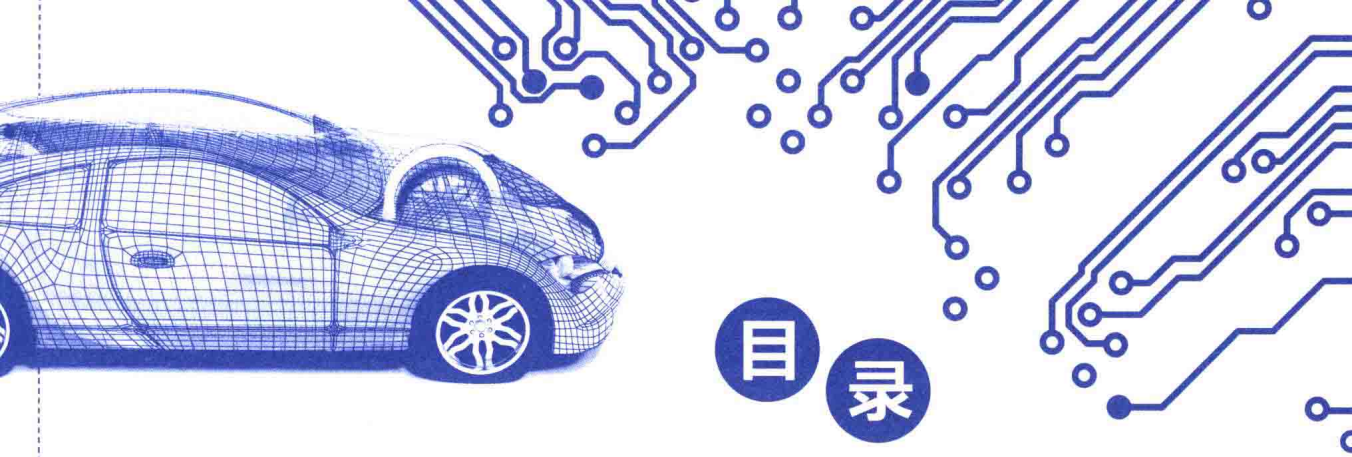
787 毫米×1092 毫米 16 开本 19 印张 438 千字

印数 0001—3000 册 定价 48.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



目录

前言

第一章 汽车电路图识读基础	1
第一节 汽车电路的基础知识	1
一、汽车电路的组成、特点和类型	1
二、直流电路	7
三、汽车电路的识读技巧	14
四、汽车电路系统常用元件	16
第二节 汽车电路图的识读基础	35
一、汽车电路图的基本类型与特点	35
二、汽车上的导线颜色及代号的识读	40
三、汽车电路常用图形符号	48
第三节 汽车电路图的识读	56
一、汽车电路图的识图要点	56
二、集成电路图的识读示例	59
三、典型车系汽车电路图的识读示例	62
第二章 汽车照明与信号系统电路图的识读	67
第一节 汽车照明系统电路图的识读	67
一、汽车照明系统的组成	67
二、前照灯结构、类型及防眩目措施	69
三、前照灯控制电路	74
四、前照灯典型控制电路示例	76
五、前照灯的使用与调整	78
第二节 汽车信号系统电路图的识读	81
一、信号灯的用途	81
二、信号系统的结构与工作原理	81
三、信号系统典型电路示例	90
四、信号系统的常见故障分析	94
第三章 汽车电源系统电路图的识读	96
第一节 汽车电源系统电路的组成及功能	96
一、汽车电源系统的组成	96

二、汽车电源回路的功能	96
三、汽车电源电路各组件的功能	97
第二节 汽车电源系统电路图的识读	100
一、电源系统基本电路	100
二、电源系统典型电路图识读示例	105
第四章 汽车点火系统电路图的识读	110
第一节 汽车点火系统概述	110
一、对点火系统的要求	110
二、点火系统的组成与工作原理	113
第二节 汽车点火系统电路图的识读	117
一、电子点火系统的组成及功能	117
二、微机控制点火电路	123
三、点火系统典型电路图识读示例	125
第五章 启动系统电路图的识读	133
第一节 启动系统电路和启动机的组成、功用及工作原理	133
一、汽车启动系统电路的组成及功能	133
二、启动机的组成与工作原理	134
第二节 启动系统电路图的识读	138
一、启动系统控制电路图的识读	138
二、启动系统典型电路示例	145
第六章 空调系统电路图的识读	152
第一节 空调系统的结构及工作原理	152
一、汽车空调系统的组成与作用	152
二、汽车空调系统的结构与工作原理	152
三、汽车空调系统基本电器件与作用	154
第二节 空调系统电路图的识读	155
一、汽车空调系统基本电路	157
二、典型汽车空调系统电路示例	164
第七章 仪表与警报信号系统电路图的识读	170
第一节 仪表与警报信号系统电路的组成及功能	170
一、汽车仪表与警报信号系统的基本组成	170
二、汽车仪表系统电路的组成及功能	170
三、汽车警报系统回路的组成及功能	172
第二节 仪表与警报信号系统电路图的识读	173
一、汽车组合仪表系统电路图的识读	173
二、典型汽车仪表系统电路图的识读	185
三、报警信号系统	189
四、电子化仪表与警告信号系统电路图的识读	194

第八章 辅助电器系统电路图的识读	199
第一节 电动刮水器和洗涤器	199
一、电动刮水器电路	199
二、洗涤器电路	203
三、刮水器与洗涤器典型控制电路	205
四、刮水器和洗涤器使用注意事项	207
第二节 中央控制电动门窗	208
一、中央控制门锁电路	208
二、防盗报警系统电路	209
第三节 电动车窗与天窗	211
一、电动车窗电路	211
二、电动天窗电路	213
第四节 电动后视镜	217
一、电动后视镜的基本电路	217
二、电动后视镜的故障检修	218
第九章 汽车电子控制系统电路图的识读	220
第一节 汽车发动机电子控制系统电路	220
一、发动机电子控制系统的组成	220
二、发动机电控燃油喷射系统回路	220
三、典型汽车电控燃油喷射系统示例	229
第二节 自动变速器电子控制系统电路	231
一、自动变速器电子控制系统的组成	231
二、自动变速器主要部件电路	232
三、典型汽车自动变速器电子控制系统电路分析	233
第三节 安全气囊电子控制系统电路	241
一、安全气囊电子控制系统的组成	241
二、典型安全气囊电路示例	244
第四节 电子控制防抱死制动系统电路	245
一、ABS 作用与类型	245
二、ABS 的组成及其功能	246
三、ABS 传感器及电子控制器	246
四、制动压力调节器	248
五、典型防抱死制动电子控制系统电路	252
第十章 典型车系汽车电路图的识读	257
第一节 通用与福特车系汽车电路图的识读	257
一、通用车系汽车电路图的识读	257
二、福特车系汽车电路图的识读	262
第二节 大众与现代车系汽车电路图的识读	264

一、大众车系汽车电路图的识读	264
二、现代车系汽车电路图的识读	270
第三节 宝马与奔驰车系汽车电路图的识读	277
一、宝马车系电路图的识读	277
二、奔驰车系电路图的识读	279
第四节 本田与丰田车系汽车电路图的识读	283
一、本田车系汽车电路图的识读	283
二、丰田车系汽车电路图的识读	286
第五节 雪铁龙车系电路图的识读	290
一、电路图的特点分析	290
二、电路图的标注方法	291
参考文献	294



第一章

汽车电路图识读基础

第一节 汽车电路的基础知识

一、汽车电路的组成、特点和类型

(一) 汽车电路的组成

汽车电路是按照汽车电气设备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。主要由电源、过载保护器件、控制器件、用电设备及导线组成（见表 1-1）。

表 1-1 汽车电路的组成

类 别	组 成
电 源	电源由蓄电池和发电机以及调节器组成
过载保护器件	主要有熔丝（也称保险丝）、电路断电器及易熔线等，当电路中的电流超过规定值时切断电路，起保护作用
控制器件	汽车电路中可以作为控制器件的大体可分为开关和控制器两大类型。其中，开关又可分为手动开关和非手动开关；控制器包括电磁继电器、电子继电器和电子控制器。 手动开关即通过驾驶人的手直接操纵的开关，如点火开关、照明开关、转向开关等；非手动开关即通过压力、温度、液位、机械等方式使开关动作，如机油压力报警开关、空调开关、低压力开关、制动液位报警开关、制动、倒车、门灯开关等。 电磁继电器在汽车电路中用途很广，它是通过电磁线圈通电后产生的磁力吸动触点，实现小电流控制大电流的目的。 电子继电器是由电磁继电器和电子控制部分组合而成的，除了具备电磁继电器的作用外，还有时间、频率等控制功能，如刮水器间歇继电器、闪光继电器等。 通常把一些控制项目（内容）较多、内部具有信息处理、比较、计算等功能，根据不同的输入信号做出准确的判断并输出相应的控制指令的电子控制单元、电子控制模块都称为电子控制器，只不过是控制内容有多有少，所以叫法也不一样。 例如，预热控制器，它能根据温度传感器的信息控制预热加热器的通电时间，功能相对简单；较为典型的电子控制器是用于发动机燃油系统的电控单元，它能根据电子控制器内存储的程序和数据，对各种传感器输入的信息进行运算、处理、判断，然后输出指令，控制多个执行器动作，达到快速、准确、自动控制发动机的目的。 现代汽车上电子控制器越来越多，已经涉及电气设备的各个系统，如自动变速器、防抱死制动、安全气囊、空调系统、悬架、车窗、座椅等。它们共同的特点是：电子控制器的工作一般有独立的工作电源，并需要相关传感器或开关提供信号



续表

类 别		组 成
用电设备	基本配置	将机动车辆行驶必备的一些电气设备归类到基本配置，它们包括启动系统、照明系统、信号装置、仪表及报警装置
	辅助电器	辅助电器一般与发动机无关或关系不大的电气设备，主要有电动风窗刮水器和洗涤器、空调系统、音响、点烟器、电动车窗、电动座椅、电动后视镜、电动天窗、电动门锁以及防盗系统等。随着人们对舒适性和安全性的不断要求，越来越多的电气设备用于车辆，有些车辆已经配备了自动悬架、音响娱乐、电子导航、卫星定位、车距监测、倒车报警等，而且车辆的豪华程度越高电气设备越多，可以用不胜枚举来形容。 无论车辆电气设备数量有多少，真正作为用电器也就是执行器的电器件仍然以灯泡、电动机、电磁阀数量居多，它们是学习和掌握汽车电器工作原理的重点部分
	发动机控制	现代车辆无论是柴油作为燃料的柴油发动机，还是采用汽油作为燃料的汽油发动机，都已经采用了电子技术对发动机进行控制，其主要控制项目是燃油喷射的控制，汽油发动机还包括点火控制，其辅助控制项目随车辆用途及豪华程度不同，有发动机怠速控制、点火控制、燃油泵控制、废气再循环控制、预热控制、排气制动控制、空调控制、冷却风扇控制、故障报警指示、自诊断功能以及与其他电控系统的网路控制功能。 发动机采用电子控制可以使汽车上的各个系统均处于最佳工作状态，达到提高汽车动力性、经济性、安全性、舒适性，降低汽车排放污染的目的。发动机电子控制是车辆上众多电控装置的典型代表，学习和掌握它的结构和工作原理有助于其他电子控制系统的学习和理解
导线		导线是连接上述各种装置构成电路的。通常，还用车体代替部分从用电设备返回电源的导线

(二) 汽车电路的特点

汽车电路具有单线、直流、低压和并联等基本特点。

(1) 汽车电路通常采用单线制。汽车电路的单线制，通常是指汽车电器设备的正极用导线连接（又称为相线），负极与车架或车身金属部分连接，与车架或车身连接的导线又称为接地线。线路简化清楚，且电器部件不用与车体绝缘。对于某些电器设备，为了保证其工作的可靠性，提高灵敏度，仍然采用双线制连接方式。例如，发电机与调节器之间的接地线、双线电喇叭、电子控制系统的电控单元、传感器等。

(2) 汽车电路采用低压直流电路。汽车电路电源采用 12V 或 24V 直流电源，汽车用电设备采用与电源电压一致的直流电器设备。个别电器工作电压是高压或不同的电压，如点火系统电路中的高压电路，电控系统各传感器的工作电压、输出信号等。

(3) 汽车电路采用并联连接。电源设备和用电设备采用并联连接。电源设备中的蓄电池和发电机并联，可单独或同时向汽车电器与电子设备供电；各用电设备并联，可单独或同时工作。

(4) 各电子控制系统相对独立运行。发动机电子控制系统、防抱死制动系统、安全气囊系统等电子控制系统，按照其工作原理相对独立运行。

(三) 汽车电路的类型

① 电源电路、搭铁电路和控制电路

(1) 电源电路主要是为电器部件提供电源。如图 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 AB 段为电器部件（电动机）的电源电路。

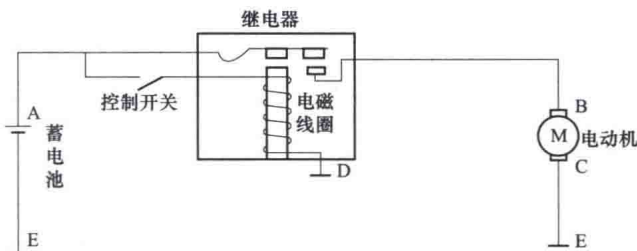


图 1-1 汽车电路的组成

(2) 控制电路主要是控制电器部件是否工作。如图 1-1 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 AD 段。

(3) 接地电路是为电器部件提供电源回路。如图 1-1 所示，从电动机到蓄电池负极之间的线路 CE 段为电器部件（电动机）的接地电路。

2 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 1-2 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。

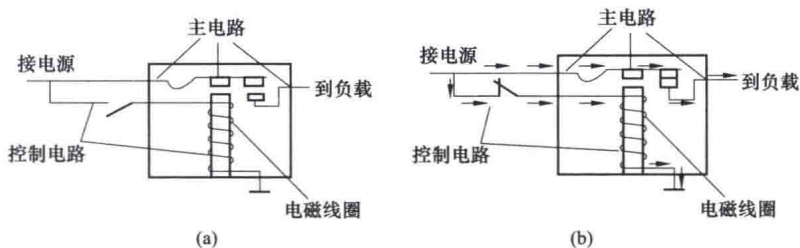


图 1-2 继电器电路示意图

(a) 开关断开时；(b) 开关闭合时

(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控制器的电路称为间接控制电路。如图 1-2 所示，控制电路为控制器和继电器内的电磁线圈所处的电路，主电路为用电器和继电器内的触点所处的电路。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，它们又是执行器件，所以它们具有双重性。

3 电子控制电路与非电子控制电路

(1) 执行器工作电路。执行器由电控单元控制工作。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 1-3 所示，对于发动机燃油喷射系统，执行器为喷油器，其电路分为电源电路、搭铁电路。当电控单元中电子开关不导通、喷油器不喷油时，电源电路即为控制电路；当电控单元中电子开关导通、喷油器喷油时，搭铁电路即为控制电路。

(2) 电子控制电路。目前，电子控制技术在现代汽车上得到了广泛应用，如发动机电

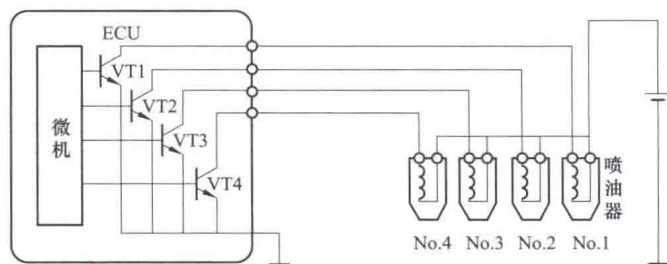
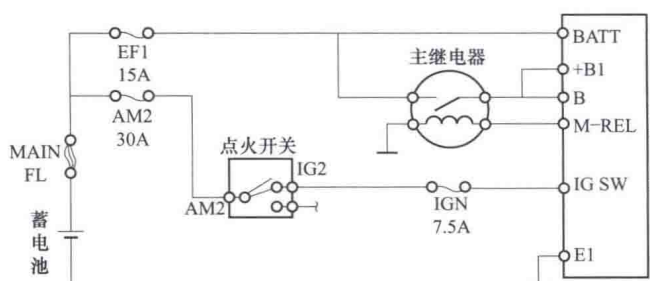


图 1-3 喷油器控制电路

控燃油喷射取代了机械控制燃油喷射，ABS 及自动变速器由液压控制转变为电子控制等。电子控制电路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（称执行器）进行自动控制。

在汽车电子控制系统中，电控单元（ECU）通过接收传感器和控制开关输入的信号，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执行器工作。汽车电控系统电路可分为电控单元的电源电路、信号输入电路及执行器工作电路，其具体说明见表 1-2。

表 1-2 电子控制电路

类 别	说 明
电控单元的电源电路	如图 1-4 所示，电控单元与电源正极直接相连，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。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 
信号输入电路	信号输入电路有传感器电路、外接开关电路及多个电控单元之间连接的数据传输电路三种。 (1) 传感器电路。传感器在电路图中只采用符号或文字标注。有的车型电路图中用符号或字母表达，如热敏电阻、可变电阻等，通常通过了解其接线端子的代码等有关线路连接的内容即可。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。 需要由电控单元提供基准电压（一般为 5V）作为电源才能工作的传感器称为有源传感器，其由蓄电池直接或间接提供电源，也可由电控单元提供电源，如图 1-5 所示。有源传感器的连接线路有电源线、信号线和搭铁线，电源线和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。



续表

类 别	说 明
	图 1-5 有源传感器的连接 工作时无须提供电源，当外界条件变化时会产生电动势向电控单元发出电信号的传感器称无源传感器。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层，如图 1-6 所示 图 1-6 屏蔽层的搭铁方式 信号输入电路 (2) 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。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 1-7 所示。对于电压输入型开关电路，当开关闭合时，ECU 接收的电压信号为蓄电池电压；当开关断开时，ECU 接收的电压信号为 0V。对于搭铁型开关电路，当开关闭合时，ECU 接收的电压信号为 0V；当开关断开时，ECU 接收的电压信号为基准电压。 图 1-7 开关信号电路 (a) 电压输入型；(b) 搭铁型 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。一般有以下两种情况。 1) 电控单元与开关共同控制用电器工作，如图 1-8 所示。电控单元 12 号端子同时与灯控开关和继电器电磁线圈连接，该端子内部为电子开关，并与灯控开关共同控制继电器的电磁线圈，从而控制前照灯工作。



续表

类 别	说 明
-----	-----

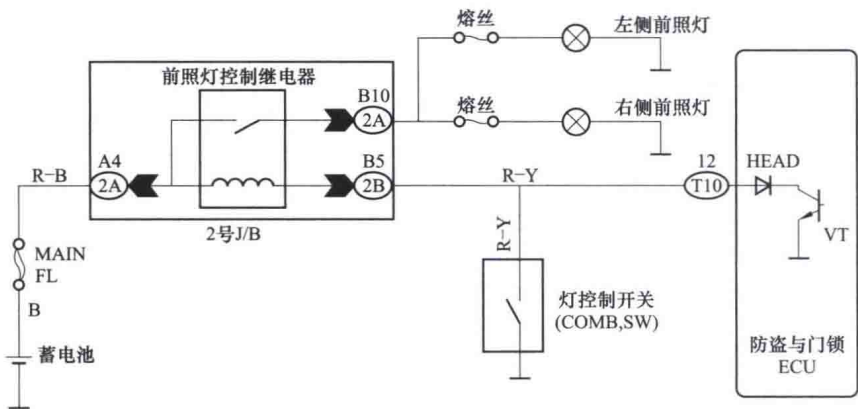


图 1-8 前照灯控制电路

信号输入电路

2) 开关给电控单元提供信号并同时控制用电器工作,如图1-9所示。电控单元的端子9与行李箱开关和用电器连接,端子9的内部为信号接收电路。当行李箱门控开关闭合时,端子9的电压为0V;当开关断开时,端子9的电压为12V。该电路为行李箱门控开关向电控单元接线端子9提供行李箱门开闭信号,同时控制行李箱的门控灯工作。

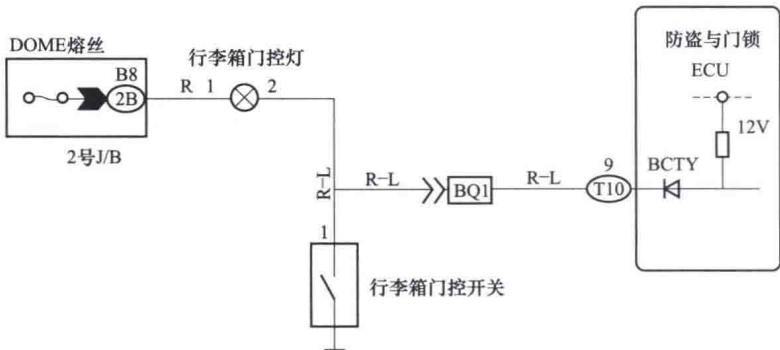


图 1-9 行李箱门控灯控制电路

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,区分方法。

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。

2) 看电控单元内部的电路。如电控单元内为电子开关,则电控单元控制用电器工作电路;电控单元内部为信号接收电路,则为电控单元信号电路

电控单元之间的通信电路	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。数据共享指几个电控单元需要同一个信号时,可由信号输入装置分别向各电控单元传输信号,也可向一个电控单元传输信号,然后由该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,控制器局域网(CAN)技术在汽车上得到了广泛应用,更好地实现了汽车众多电控单元之间的数据共享及工作匹配。



(3) 非电子控制电路。非电子控制电路采用手动开关、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。手动开关有点火开关、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开关、拨杆式开关及组合式开关等。

二、直流电路

任何电源向外供电，任何用电设备要使用电能，都必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。而一般的电路都是导线，故又称为线路。汽车电工经常和各种各样的电路打交道，故电路是汽车电工人员必须熟悉的。

通过对直流电路的基本概念、基本定律的论述，从而完整而系统地认识直流电路。它的概念、原理和分析方法也适用其他线性电路，是我们分析和识读电路的基础。

(一) 基本术语

基本术语见表 1-3。

表 1-3 基 本 术 语

术 语	说 明
电 流	导体内的自由电子或离子在电场力的作用下有规律的流动叫作电流。规定正电荷移动的方向为电流的正方向。电流用字母 I 表示，单位为安培（A），简称安
电 压	在静电场或电路中，单位正电荷在电场力作用下从一点移到另一点电场力所做的功称为两点间的电压，用符号 U 表示，单位为伏特（V），简称伏。电压的正方向是从高电位到低电位
电动势	电源内部某种分离电荷的势力，用来维持电位差的能力叫作电动势
电 阻	导体能够导电，但同时电流又有阻力作用。这种阻碍电流通过的阻力称为电阻，用字母 R 表示，单位为欧姆（ Ω ），简称欧。电阻的大小与导体的长度成正比，与导体的横截面积成反比，此外还与导体的材料有关
电 容	在电路中，电容器能把电能转变为电场能。电容是表征电容器容贮电场能量（电荷）能力的一个参数，用字母 C 表示，单位为法拉（F），简称法。电容在数值上等于导体所具有的电荷量与两导体电位差（电压）之比值，即 $C=Q/U$
电 感	电感是表征电感器储能能力的一个物理量，用符号 L 表示，单位为亨利（H），简称亨。电感包括自感和互感，有时自感也称为电感
直 流	凡大小和方向不随时间变化的电流称为直流
交 流	凡大小和方向都随时间作周期性变化的电流称为交流电，一般交流电指的是正弦交流电流。大小和方向随时间按正弦规律变化的电流称为正弦交流
频 率	周期的倒量叫作频率，其数值等于 1s 内的周期数。用符号 f 表示，单位为赫兹（Hz），简称赫。我国电力的频率为 50Hz，美国的频率为 60Hz
周 期	交流电流的瞬时值每重复一次所需的最短时间叫作周期，用符号 T 表示，单位为秒（s）
电 功 率	一个用电设备在单位时间内（一秒钟）所消耗的电能叫作电功率，用符号 P 表示，单位为瓦特（W），简称瓦
支 路	电路中含有电路元件的每个分支称为支路，一条支路中通过的电流为同一电流
节 点	在电路中，三条或三条以上支路的连接点称为节点



续表

术 语	说 明
并联电路	两个或两个以上电阻的首尾接在相同两点之间所构成的电路叫作并联电路
串联电路	两个或两个以上电阻的首尾依次连接所构成的，中间无分支电路的连接方法叫串联电路
回路	电路中任一闭合路径称为回路
网孔	在回路内部不含有支路的回路称为网孔

(二) 电路的基本定律

欧姆定律和克希荷夫定律是电路的基本定律，它们揭示了电路基本物理量之间的关系，是电路分析计算的基础。它们的基本关系式分别为 $I=U/R$ 和 $\sum I=0$ 或 $\sum U=0$ 。

欧姆定律确定了电阻元件的电流与电压之间的关系，适用于线性电阻电路的分析计算。克希荷夫两条定律分别确定了节点电流之间的关系和回路电压之间的关系，适用于各种电路的分析计算，具有普遍意义。

1 直流电路的欧姆定律

任何导体都有一定的电阻，在导体两端加上电压，导体中就有电流流过。电流、电压和电阻三者之间的关系为：导体中通过电流 I 的大小与加在导体两端的电压 U 成正比，而与导体的电阻 R 成反比。能确切地表示这三种物理量之间关系的定律称为欧姆定律。

欧姆定律是进行电路计算的最基本的定律。

(1) 部分（一段）电路欧姆定律。部分（一段）电路示意图如图 1-10 (a) 所示，即在该电路中含电源电动势，仅用端电压 U 表示电路中的电源。该电路的欧姆定律公式为

$$I=U/R$$

式中 I ——导体中的电流 (A)；

R ——负载电阻或导体的电阻 (Ω)；

U ——电源电压或电阻 R 两端的电压 (V)。

根据上面的公式，只要知道了任意两个量，就能求出第三个未知量来。

(2) 全电路欧姆定律。最简单的全电路（闭合电路）示意图如图 1-10 (b) 所示。这种最简单的闭合回路，称为全电路。在该电路中，电流 I 的大小与电动势 E 成正比，与其全部电阻值成反比。其欧姆定律公式可用下式表示：

$$I=E/(R_0+R)$$

式中 I ——电路中的电流 (A)；

E ——电源电动势 (V)；

R_0 ——电源的内电阻 (Ω)；

R ——负载的电阻 (Ω)。

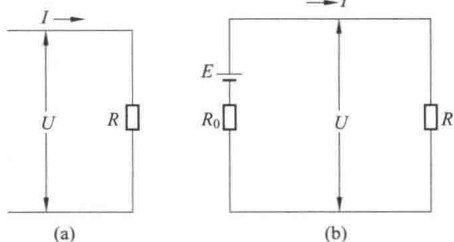


图 1-10 部分电路与全电路示意图

(a) 部分（一段）电路示意图；

(b) 全电路（闭合回路）示意图



2 基尔霍夫定律

(1) 基尔霍夫第一定律 (节点电流定律): 对于任何一个节点, 流入电流之和等于流出电流之和。如图 1-11 所示。

对节点 a:

$$I_1 + I_2 = I_3$$

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

(2) 基尔霍夫第二定律 (回路电压定律): 对于电路中任何一个闭合回路, 回路中的各电动势的代数和等于各电阻上电压降的代数和, 如图 1-12 所示。

在回路 abcd 中, 由基尔霍夫第二定律 (回路电压定律) 得

$$U_{R1} + U_{R2} - U_{R3} + U_{R4} + E_3 - E_1 = 0$$

即

$$R_1 I_1 + R_2 I_2 - R_3 I_3 + R_4 I_4 = E_1 - E_3$$

普遍形式

$$\sum(RI) = \sum E$$

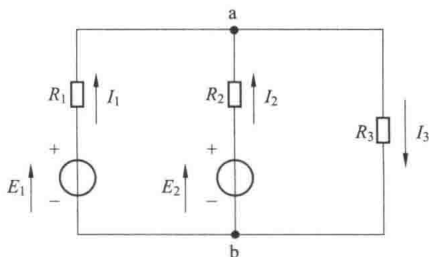


图 1-11 基尔霍夫电流定律

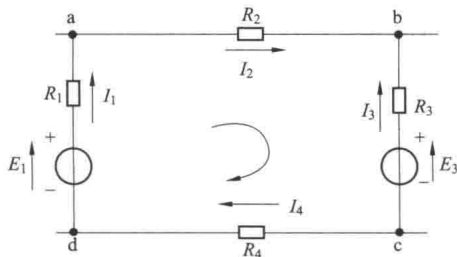


图 1-12 基尔霍夫电压定律

综上所述, 在电路中, 电阻元件上的电流、电压关系要符合欧姆定律, 对于任何节点, 各支路电流要按照基尔霍夫电流定律分配; 对于任何闭合回路中的各支路电压应满足基尔霍夫电压定律。

另外, 在应用欧姆定律和基尔霍夫定律列写电路方程时, 首先应在电路图中标出电压、电流的参考方向, 因为方程式中各个物理量的正、负号均由相应的电压、电流的参考方向所决定。

各种电气设备和电路元件都有额定值。按照额定值使用, 电气设备运行才能安全可靠, 经济合理, 同时也不至于缩短使用寿命。为了便于用户使用, 生产厂家在电气设备和元器件的铭牌或外壳上均明确标出了其额定数据——额定电压、额定电流和额定功率, 分别用 U_n 、 I_n 和 P_n 表示。例如, 一台直流发电机的铭牌上标有 36V、110A、1kW, 这些数据就是它的额定值。在额定电压下工作, 负载电流小于额定值时称为欠载; 负载电流等于额定值时称为满载; 负载电流大于额定值时, 称为过载。一般情况下, 应按照规定值来使用各种电器设备。

(三) 叠加原理

如图 1-13 的电路中, 含有两个恒压源, 各支路中的电流实际上是由这两个恒压源共同作用产生的。为了把复杂电路的计算化为简单电路的计算, 可以认为: 每一支路中的电流是由各个恒压源单独作用产生的电流的代数和。这称为叠加原理。

应用叠加原理, 复杂电路 (a) 转化为图 (b) 和图 (c) 两个简单电路。

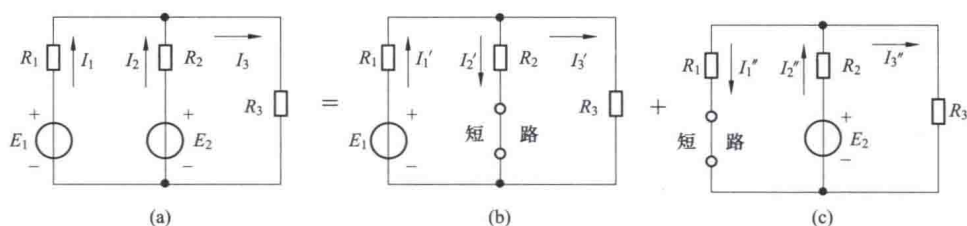


图 1-13 叠加原理

(a) 复杂电路; (b) E_1 单独作用; (c) E_2 单独作用

叠加后

$$I_1 = I_1' - I_1''$$

$$I_2 = -I_2' + I_2''$$

$$I_3 = I_3' + I_3''$$

式中: 负号表示与参考方向相反

应用叠加原理的步骤如下。

(1) 把含有若干个电源的复杂电路分解为若干个恒压源或恒流源单独作用的分电路。

(2) 在原复杂电路和各分电路中标出电流的参考方向。

(3) 计算各个电源单独作用时的各分电路中的电流。

(4) 电流叠加, 计算原复杂电路中的待求电流。叠加时应注意各分电路电流的正负。

叠加原理只适用于线性电路, 不适用于含有非线性元件的电路。

在线性电路中, 叠加原理只适用于计算电流和电压。

叠加原理不仅用来计算复杂电路, 也是分析计算线性问题的普遍原理。

(四) 汽车直流电路的组成

电路就是电气装置或设备按一定方式连接构成的电流通路。电路中的装置及器件, 称为电路元件。图 1-14 为汽车直流最基本的电路结构示意图, 主要由电源、负载和连接导线组成。

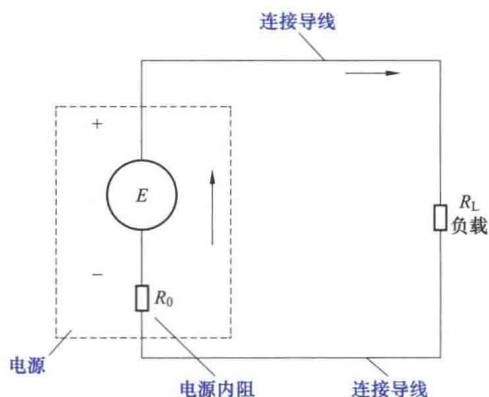


图 1-14 汽车直流最基本的电路结构示意图

1 电源

电源是将其他形式的能量转换为电能的装置, 汽车上常用的电源为蓄电池和发电机。发电机受发动机带动进行发电。

(1) 电源的电路图形符号。任何一种直流电源都有两个电极, 一个是正极, 另一个是负极, 其电路图形符号见表 1-4。表中的序号 1 为一节电池的电路图形符号, 其中的长线段代表正极、短线段代表负极。电源本身的电阻称为电源内阻。如果一个电源只具有一定的电源电压而内阻为零, 此电源称为理想电压源, 表中电源的符号

表示的就是理想直流电压源。实际的电源只是在一定的条件下与理想电压源相近似, 不可能完全等于理想电压源。实际电源两端的电压, 由于内阻的影响, 总是比电源电压低些。