



普通高等教育“十二五”规划教材·卓越汽车工程师系列

汽车

主编 董宏国

电路分析 (第3版)

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

普通高等教育“十二五”规划教材·卓越汽车工程师系列

汽车电路分析

(第3版)

主 编 董宏国
副主编 程军伟 邵汉强 赫扎特
主 审 张国彬 袁 一

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书介绍了汽车电路的基本知识和汽车电路的基本组成元素,重点讲述了汽车电路图的识读、汽车主要电气系统的电路分析和汽车电路故障检修诊断方法。另外,根据各汽车制造公司在电路设计特点和电路符号表示方法上的不同,本书还详细介绍了美国、日本、欧洲各主要车系的电路特点、表达方式及电路图的识读范例和实例,具有较强的实用性。

本书为高等院校汽车运用与修理专业教材,可供有关汽车专业师生和从事汽车设计制造、汽车运输管理、汽车维修管理的工程技术人员以及汽车电工、修理工与驾驶员阅读参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车电路分析 / 董宏国主编. —3 版. —北京:北京理工大学出版社, 2013. 1

ISBN 978 - 7 - 5640 - 7336 - 7

I. ①汽… II. ①董… III. ①汽车 - 电路分析 - 高等学校 - 教材
IV. ①U463. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 014999 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 16.5

字 数 / 379 千字

版 次 / 2013 年 1 月第 3 版 2013 年 1 月第 1 次印刷

责任编辑 / 廖宏欢

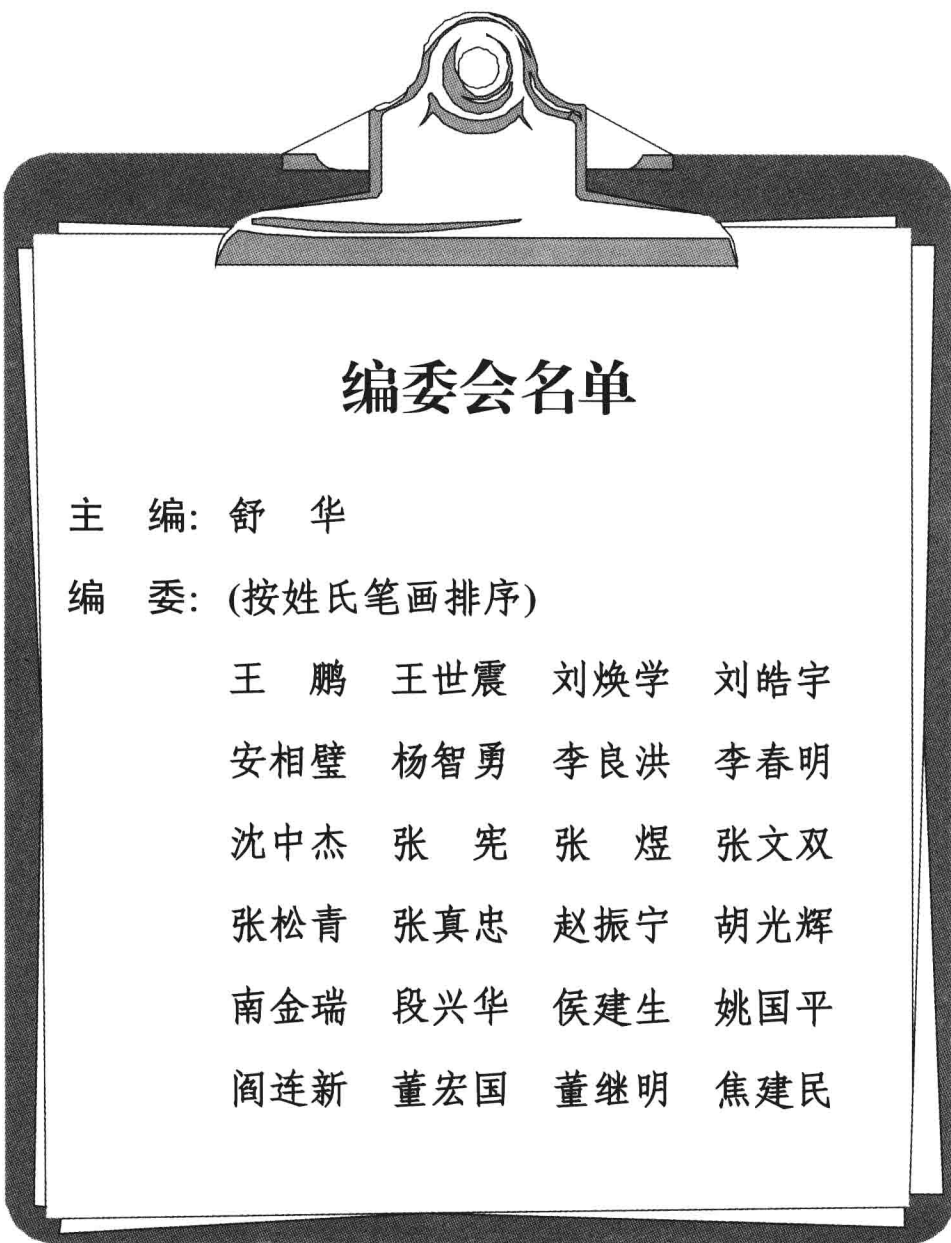
印 数 / 1 ~ 3000 册

责任校对 / 周瑞红

定 价 / 34.00 元

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题,本社负责调换



编委会名单

主 编：舒 华

编 委：(按姓氏笔画排序)

王 鹏	王世震	刘焕学	刘皓宇
安相璧	杨智勇	李良洪	李春明
沈中杰	张 宪	张 煜	张文双
张松青	张真忠	赵振宁	胡光辉
南金瑞	段兴华	侯建生	姚国平
阎连新	董宏国	董继明	焦建民

编写说明

汽车作为人类文明发展的标志，从 1886 年发明至今，已有 100 多年的历史。近几年，我国的汽车生产量和销售量都迅速增大，全国汽车拥有量大幅度上升。世界知名汽车企业进入国内汽车市场，促进了国内汽车技术的进步。汽车保有量的急剧增加，汽车技术又不断更新，使得汽车运用与维修行业的车源、车种、服务对象以及维修作业形式都已发生了新的变化，使得技能型、应用型人才非常紧缺。

根据“职业院校开展汽车运用与维修专业领域技能型紧缺人才培养培训工程”的通知精神，并配合高等职业院校关于紧缺人才培养计划的实施，北京理工大学出版社组织了一批多年工作在教学一线的优秀教师，根据他们多年的教学和实践经验，再结合高等职业院校汽车运用与维修专业的教学大纲要求，编写了本套教材。

本套教材既有专业基础课，又有专业技术课。在专业技术课中又分几个专门化方向组织编写，分别是：汽车电工专门化方向，检测技术专门化方向，汽车机修专门化方向，大型运输车维修技术专门化方向，车身修复技术专门化方向，技术服务与贸易专门化方向，汽车保险与理赔专门化方向。

本套教材是按照“高等职业教育汽车运用与维修专业领域技能型紧缺人才培养指导方案”要求而编写的。在内容的编排上根据汽车专业教育教学改革的要求，注重职业教育的特点，按技能型、应用型人才培养的模式进行设计构思。本套教材编写中，坚持以就业为导向，以服务市场为基础，以能力为本位，以培养学生的职业技能和就业能力为宗旨；合理控制理论知识，丰富实例，注重实用性，突出新技术、新工艺、新知识和新方法。

本套教材适用于培养汽车维修、检测、管理、评估、保险、销售等方面的高技术应用型人才的院校使用。

本套教材经中国汽车工程学会汽车工程图书出版专家委员会评审，并做了适量的修改，内容更具体，更实用。本套教材由汽车工程图书出版专家委员会推荐出版。

汽车工程图书出版专家委员会



汽车电路分析（第3版）

汽车电路就如同人的神经系统一样，分布在汽车的各个部位，控制着汽车的各种器件有序地工作。随着汽车电子化程度不断地提高和更新，新的结构和装置不断涌现。尤其是汽车电器与电控装置日益增多，这使汽车电路更加复杂。为了使同学们尽快熟悉、了解和掌握汽车电路及有关知识，更好地从事汽车电器和电子装置（系统）的使用、维修或设计工作，特编写此书以供学习。

全书简单介绍了汽车电路的基本知识和汽车电路的基本组成元素，重点讲述了汽车电路图的识读、汽车主要电气系统的电路分析和汽车电路故障的诊断检修方法。另外，根据各汽车制造公司在电路设计特点和电路符号表示方法上的不同，本书还详细介绍了美国、日本、欧洲各主要车系的电路特点、表达方式及电路图的识读范例和实例，具有较强的实用性。

本书以分析汽车电路为切入点，启迪广袤思维，发掘无穷智慧，具有内容先进、体系完整、编排合理等特点。通过对本书的学习，不但可以增加汽车电路识读、电路设计等方面的知识，还可以提高自己的看图修车的实践技能。

本书可作为高等院校车辆工程、汽车服务工程和汽车类专业规划教材，也可作为汽车设计、汽车制造、汽车运输、汽车维修管理等工程技术人员、汽车服务业就业群体学习提高和职工培训教材或参考读物使用。

本书由董宏国担任主编，程军伟、邵汉强、赫扎特担任副主编，张国彬、袁一担任主审。参加编写的人员还有廖苓平、上官平、王建龙、谢峰、孙涛、李程、刘佳鹏、董源、吴旭东、于静、曲艳等。在编写过程中，作者参考了国内外大量的相关资料，在此对有关作者表示衷心感谢！

由于作者水平及资料有限，不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

作 者
2013 年 1 月



△ 汽车电路分析（第3版）

► 第一章 汽车电路的基本知识	1
第一节 汽车电路的组成和特点	1
第二节 汽车电路的类型	3
第三节 汽车电路图的类型	6
思考题	13
► 第二章 汽车电路的基本组成元素	15
第一节 汽车用导线和线束	15
第二节 插接器	20
第三节 开关	22
第四节 继电器	26
第五节 电路保护装置	31
第六节 汽车配电箱	34
第七节 常用图形符号	38
第八节 电器部件接线端子的标记	46
思考题	57
► 第三章 汽车电路图的识读方法	58
第一节 汽车电路图的识读过程	58
第二节 汽车电路原理图、布线图及线束图的识读方法	60
第三节 汽车电子电路图的识读方法	64
第四节 汽车电路印制板图的识读方法	66
第五节 集成电路图的识读方法	67
第六节 微机控制系统电路图的识读方法	69
思考题	73
► 第四章 汽车主要电气系统的电路分析	74
第一节 电源系统	74

第二节	启动系统	79
第三节	点火系统	86
第四节	照明系统与信号系统	89
第五节	仪表系统	96
第六节	辅助电气系统	104
第七节	发动机电控系统	112
第八节	汽车底盘电控系统	118
第九节	安全气囊	120
第十节	汽车空调系统	126
思考题		134
► 第五章	汽车电路故障检修	135
第一节	汽车电器的工作条件和工作状态	135
第二节	常用的检测仪器、设备与基本检测技术	136
第三节	汽车电路常见故障与检修原则	146
第四节	故障诊断与线路检修	149
思考题		157
► 第六章	国外各大汽车公司电路图的分析	159
第一节	丰田汽车电路图的分析	159
第二节	本田汽车电路图的分析	169
第三节	三菱汽车电路图的分析	175
第四节	马自达汽车电路图的分析	184
第五节	大众汽车电路图的分析	194
第六节	奔驰汽车电路图的分析	202
第七节	雪铁龙汽车电路图的分析	210
第八节	宝马汽车电路图的分析	221
第九节	通用汽车电路图的分析	229
第十节	福特汽车电路图的分析	239
第十一节	克莱斯勒汽车电路图的分析	244
思考题		251
► 参考文献		253

1

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的增多,汽车电路也日趋复杂。但是任何复杂的汽车电路,其原理都基本相同,都是由两个电源(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、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。

一、汽车电路的概念

为了使汽车的电气设备工作,就要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。由于汽车上的电路主要是由导线连接的,因此汽车电路又称为汽车线路。

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

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 12 V、24 V 两种,轿车普遍采用 12 V,而重型柴油车多采用 24 V。对发电装置,12 V 系统的额定电压为 14 V。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/清洗装置、挡风玻璃除霜/防雾装置、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 汽车电路的类型

一、电源电路、搭铁电路、控制电路和信号电路

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、控制电路及信号电路。

1. 电源电路

电源电路主要是为电器部件提供电源,俗称电器部件的“火”线。如图 1-1 所示,用电设备作为电动机,电源作为蓄电池,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。

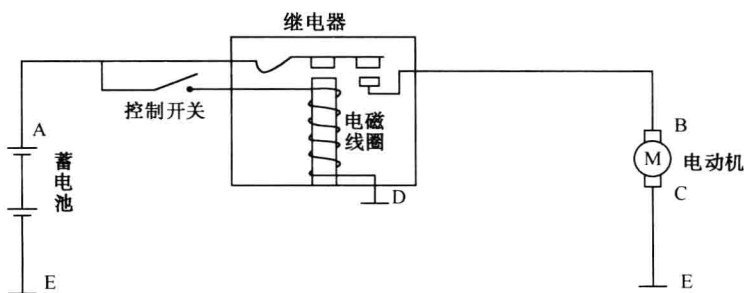


图 1-1 汽车电路的功能

电源电路分为常电源和条件电源两种情况。所谓常电源电路就是在蓄电池正常的情况下,均有规定电压的电源线,在电路图中一般采用 30 号线表示,如图 1-2 所示。所谓条件电源电路就是在一定的条件下(开关接通或继电器触点闭合)才有规定电压的电源线。如图 1-2 所示,点火开关置于“ON”挡时,15 号线才有电;点火开关置于“ON”或“ACC”挡时,15A 号线才有电。

汽车电源一般是通过易熔线和熔断丝来给用电设备提供电能。

2. 搭铁电路

搭铁电路主要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)的搭铁电路。搭铁电路在电路图中一般采用 31 号线表示(如图 1-2 所示)。

汽车上有多个搭铁点,分布在汽车全身。每个搭铁点采用不同数字表示,并与电路图的相同数字搭铁点相互对应。如图 1-3 所示为三菱帕杰罗汽车搭铁点。

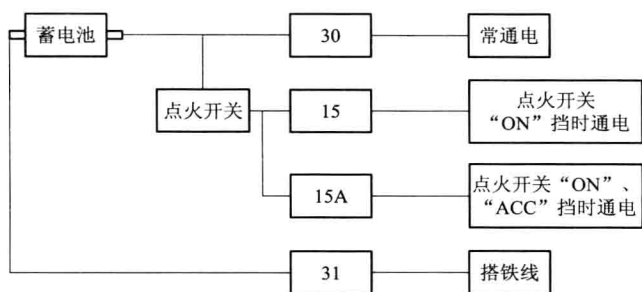


图 1-2 常电源和条件电源电路

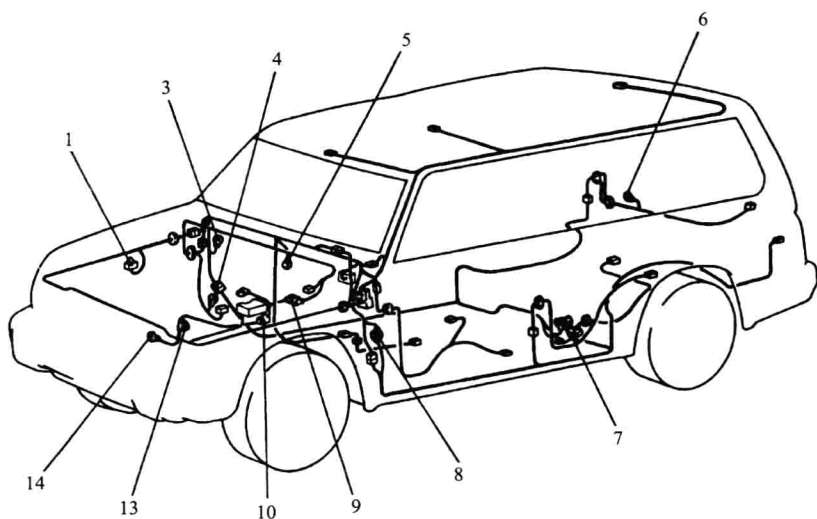


图 1-3 三菱帕杰罗(6G72 发动机)的搭铁点

由于搭铁点处的金属材料不同(如导线材料为铜,车身材料为铁),从而使搭铁点易形成电极电位差,从而产生电化学反应。另外,有的搭铁点易沾染泥水、油污或生锈,有的搭铁部位是很薄的钣金件,这些都可能引起搭铁不良,从而引起灯不亮、仪表不工作、喇叭不响等故障。

随着塑料元件等非金属材料在汽车上的应用越来越多,现在很多汽车都采用公共接地网络线束来保证接地的可靠性,即将负载的负极线接到接地网络线束上,接地网络线束与蓄电池负极相连。

3. 控制电路

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。

4. 信号电路

信号电路分为输入信号电路和控制信号电路。

汽车输入信号包括各种开关输入信号和传感器输入信号。传感器经常共用电源线、搭铁

线,但绝不会共用信号线。在分析传感器电路时,可用排除法来判断电路,即排除其不可能的功能来确定其实际功能。如分析某一具有三根导线的传感器电路时,如果已经分析出其电源电路、搭铁电路,则剩余的电路必然为信号电路。

控制信号主要由电子控制单元送出,它分布在各个执行器电路中,如点火电路中的点火信号、燃油喷射控制电路中的喷油信号、自动变速器控制电路中的换挡信号、步进电机的怠速控制信号等。

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 1-4 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。

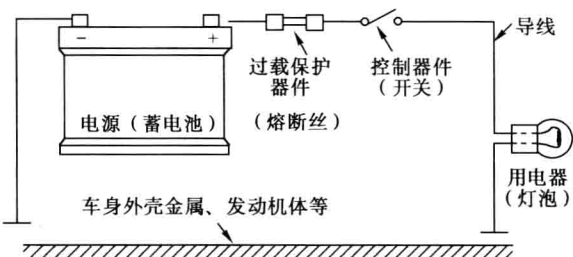


图 1-4 直接控制电路

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 1-5 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。

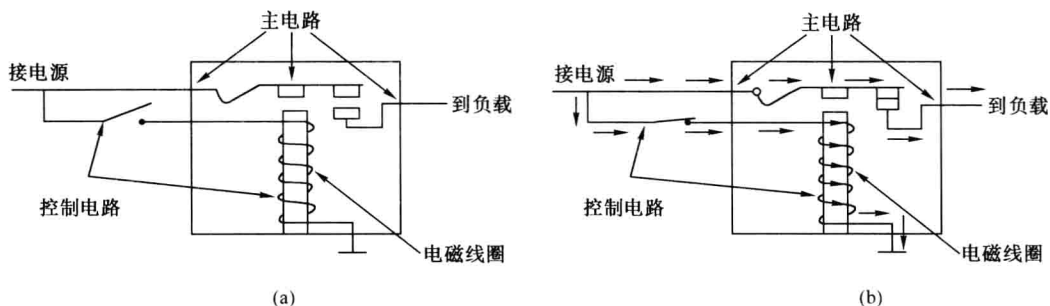


图 1-5 继电器

(a) 开关断开时; (b) 开关闭合时

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,从这个意义上讲,它们又是执行器件,所以它们具有双重性。

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 ABS 由液压控制转变为电子控制等。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。

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形式,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 1-6 所示为日产(NISSAN)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。

二、布线图

1. 布线图的特点

如图 1-7 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。

2. 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。

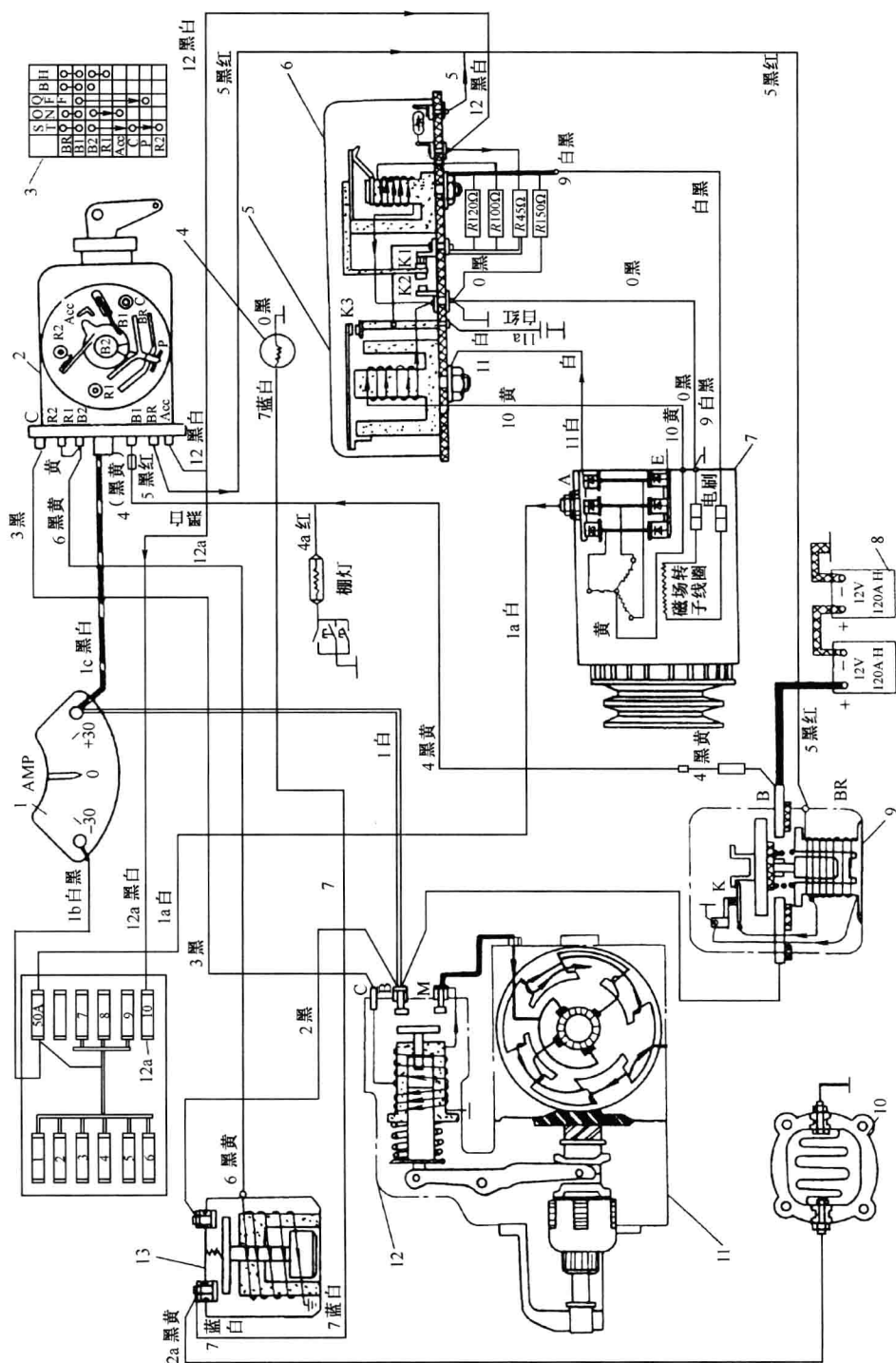


图 1-6 日产(NISSAN)柴油货车充电和启动系统连接简图

1—电流表;2—启动开关;3—启动开关接线端子;4—预热指示灯;5—电压调节器;6—磁场继电器;7—交流发电机;
8—蓄电池;9—电源开关;10—空气预热器;11—起动机;12—起动机电磁开关;13—电磁预热开关

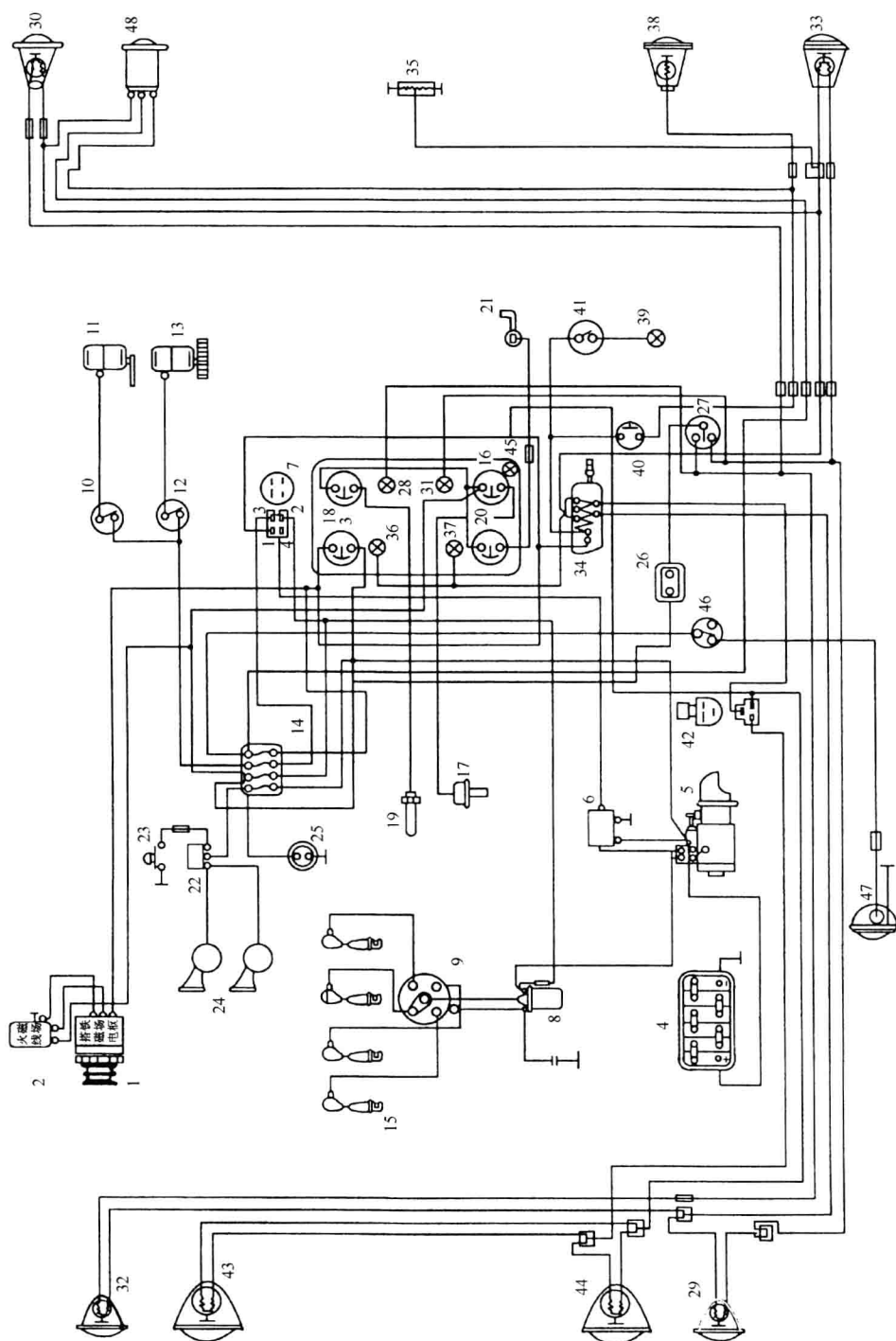


图 1-7 汽车电气布线图

1—发电机;2—电压调节器;3—电流表;4—蓄电池;5—起动机;6—点火线圈;7—点火开关;8—点火线圈;9—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;28,31—转向灯;29,32—前小灯;30,33—雾灯;34—车灯开关;35—仪表灯;36,37—制动灯;38—制动灯;39—制动灯;40—制动灯;41—阅读灯开关;42—变光器;43,44—前照灯;45—远光指示灯;46—防雾/雾灯;47—挂车导线插座

三、电路原理图

1. 电路原理图的特点

如图 1-8 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。

2. 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。

(2) 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 3 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 1-9 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。