



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

汽车电控基础 与电路分析

QICHE DIANKONG JICHU YU DIANLU FENXI

◎ 邱桦 黎亚洲 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

汽车电控基础 与电路分析

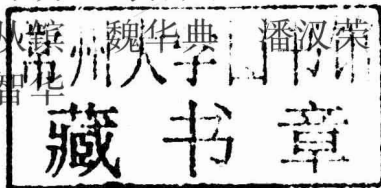
主 编 邱 桦 黎亚洲

副主编 林月明 葛长兴

参 编 郑从豫 魏华典 潘汉荣

主 审 向智华

谭永谦



机械工业出版社

本书是经全国职业教育教材审定委员会审定的“十二五”职业教育国家规划教材。

本书对元器件在车上的位置,电路图,元器件、插接器及其工作原理一并进行了介绍,使知识更系统,层次更清晰,更易于学生理解,且本书既注重必要的理论,又注重实际操作,集理论与实践为一体,便于初学者学习。

本书可作为职业教育汽车电子技术专业教材,也可作为汽车维修电工岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电控基础与电路分析/邱桦,黎亚洲主编. —北京:机械工业出版社,2017.3

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-111-55874-3

I. ①汽… II. ①邱…②黎… III. ①汽车-电子系统-控制系统-高等职业教育-教材②汽车-电路分析-高等职业教育-教材
IV. ①U463.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第323339号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:曹新宇 责任编辑:曹新宇

责任校对:肖琳 封面设计:张静

责任印制:李洋

河北鹏盛贤印刷有限公司印刷

2017年2月第1版第1次印刷

184mm×260mm·17印张·412千字

0001—1900册

标准书号:ISBN 978-7-111-55874-3

定价:44.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前言

本书是“十二五”职业教育国家规划教材。

本书主要介绍元器件在车上的位置，电路图，元器件、插接器及其工作原理，重点强调培养识读汽车电路图的能力，编写过程中力求体现以下的特色。

1. 执行新标准。本书依据最新教学标准和课程大纲的要求，对接职业标准和岗位需求。
2. 体现新模式。本书采用理论与实践一体化的编写模式，先介绍电路中各元器件在汽车上的安装位置，再讲解电路的工作原理，突出“做中教，做中学”的职业教育特色。
3. 本书以现在市场上保有量较多的车型为主线，以原厂汽车维修手册为蓝本，资料翔实，方法既专业又科学。

本书建议学时为 100，学时分配建议见下表。

章 节	课 时	章 节	课 时
第一章 汽车电路概述	4	第六章 汽车点火电路	12
第二章 汽车整车电路	12	第七章 汽车照明、信号、仪表及报警电路	10
第三章 汽车电缆与配电装置	12	第八章 汽车辅助电气设备电路	10
第四章 汽车电源电路	14	第九章 汽车发动机控制电路	8
第五章 汽车起动电路	10	第十章 汽车自动变速器控制电路	8

本书由广东省高级技工学校黎亚洲和深圳市语丽龙汽车维修护理中心邱桦主编，黎亚洲进行了统稿工作，邱桦从汽车维修实际提出了大量修改意见。本书由广东省机械高级技工学校向智华主审。其他参与编写的还有宁德技师学院葛长兴、广东省高级技工学校林月明、河南交通高级技工学校魏华典、清远市技师学院郑从滨、广州市南沙区岭东职业技术学校潘汉荣、广州市公用事业高级技工学校谭永谦。本书经全国职业教育教材审定委员会审定，评审专家对本书提出了宝贵的建议，在此对他们表示衷心的感谢！编写过程中，编者参阅了国内外出版的有关教材和资料，在此一并表示衷心感谢！

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

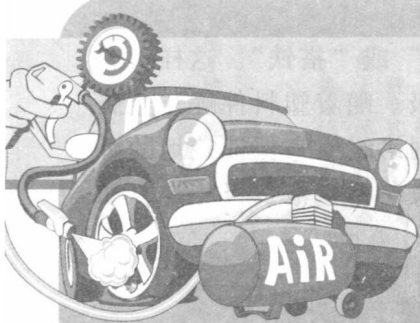
目 录

前言

第一章 汽车电路概述	1
第一节 汽车电路简介	1
第二节 汽车电路新技术	3
习题	5
第二章 汽车整车电路	6
第一节 汽车电路的特点和布置	6
第二节 汽车电路图的表达方法	11
第三节 汽车电路图的读图方法	45
习题	60
第三章 汽车电缆与配电装置	61
第一节 汽车导线、插接器与电缆	61
第二节 汽车开关	67
第三节 保险器、继电器与控制盒	76
习题	91
第四章 汽车电源电路	92
第一节 发电机	92
第二节 外置调节器电源电路	106
第三节 内置调节器电源电路	111
第四节 计算机控制电源电路	116
习题	119
第五章 汽车起动电路	120
第一节 起动机	120
第二节 起动电路	131
习题	137



第六章 汽车点火电路	138
第一节 电子点火电路	138
第二节 有分电器计算机控制的点火电路	145
第三节 无分电器计算机控制的点火电路	157
习题	166
第七章 汽车照明、信号、仪表及报警电路	167
第一节 照明电路	167
第二节 信号灯电路	177
第三节 仪表与警告灯电路	186
习题	190
第八章 汽车辅助电气设备电路	191
第一节 刮水器和洗涤器电路	191
第二节 电动座椅电路	202
第三节 电动车窗电路	208
第四节 电动门锁与防盗系统	217
第五节 电动后视镜与除霜装置	236
习题	238
第九章 汽车发动机控制电路	240
第一节 丰田汽车发动机控制电路	240
第二节 大众汽车发动机控制电路	247
习题	249
第十章 汽车自动变速器控制电路	250
第一节 自动变速器的分类	250
第二节 自动变速器电子控制系统电路	260
习题	263
参考文献	264



第一章

汽车电路概述

第一节 汽车电路简介

如图 1-1 所示，在汽车上，往往一条线束包裹着十几条甚至几十条线路，密密麻麻，令人很难分清它们的走向。加上“电”是看不见摸不着的，因此汽车电路对于许多人来说，是很复杂。但是，任何事物都有它的规律性，汽车电路也不例外。

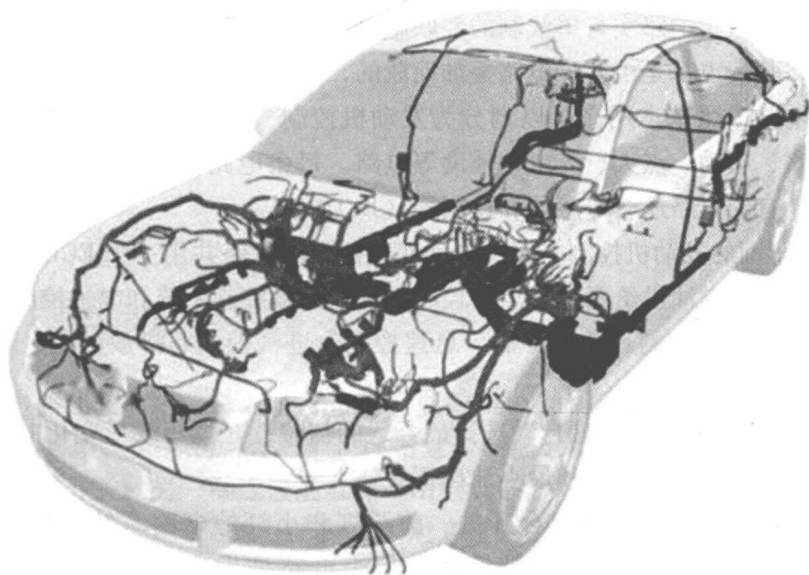


图 1-1 汽车电路

一般家庭用电是交流电，实行双线制、并联电路，用电器通常有两根外接电源线。从汽车电路上看，从负载（用电器）引出的负极线（返回线路）都要直接连接到蓄电池负极接线柱上，如果都采用这样的接线方法，那么与蓄电池负极接线柱相连的导线会多达上百条。为了减少接线，设计者采用了车体金属作为电路的负极，例如金属制作的大梁车身等。因此，汽车电路与一般家庭用电有着明显的不同：汽车电路全部是直流电，实行单线制、并联

电路，大多用电器只用一根外接正电源线即可。

蓄电池负极和负载负极都连接到车体金属上，称为“接地”或“搭铁”。这样负载引出的负极线能够就近连接，电流通过金属架回到蓄电池负极。随着塑料件等非金属材料在汽车上应用越来越多，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，如图 1-2 所示。

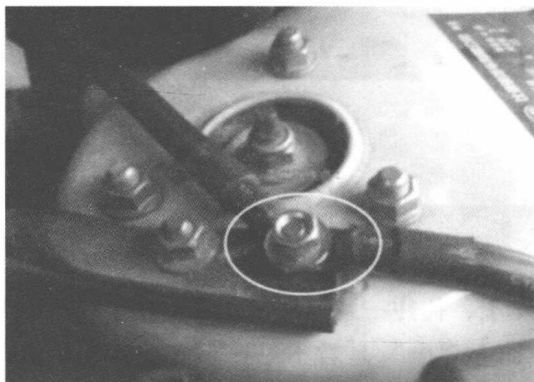


图 1-2 汽车搭铁点

从总体上看，汽车电路实行单线制的并联电路，但在局部电路仍然有串联、并联与混联电路。全车电路其实也都是由各种电路叠加而成的，每种电路都可以独立分列出来，化复杂为简单。全车电路按照基本用途可以划分为发动机控制、自动变速器控制、底盘控制、灯光、信号、仪表、起动、点火、充电、辅助等电路。每条电路都由负载、导线、控制开关、熔丝盒相连接。有的电路还有传感器和控制器（ECU）。

1) 大多数车型的发动机控制电路和自动变速器控制电路共用一个 ECU。发动机控制电路由空气供给系统、燃油供给系统、点火控制系统、污染控制系统和电子控制系统 5 个子系统组成，主要实现燃油控制、点火控制、怠速控制、进气控制、排放控制、自诊断控制等功能。

2) 自动变速器控制电路实现自动选择最合适的档位，在汽车载荷变化时，保证发动机始终工作在最大功率、最大转矩和最小油耗等最佳工况。

3) 灯光照明电路是指控制组合开关、前照灯和小灯的电路系统；信号电路是指控制组合开关、转弯灯和警告灯的电路系统；仪表电路是指点火开关、仪表板和传感器电路系统。

4) 起动电路是指点火开关、继电器、起动机电路系统。

5) 充电电路是指调节器、发电机和蓄电池电路系统。

6) 辅助电路是指控制刮水器、电动座椅、电动门窗、电动天窗、空调系统、音响等电路系统。随着科学技术的发展，现代汽车各种辅助电路将越来越多。具体应用情况如图 1-3 所示。

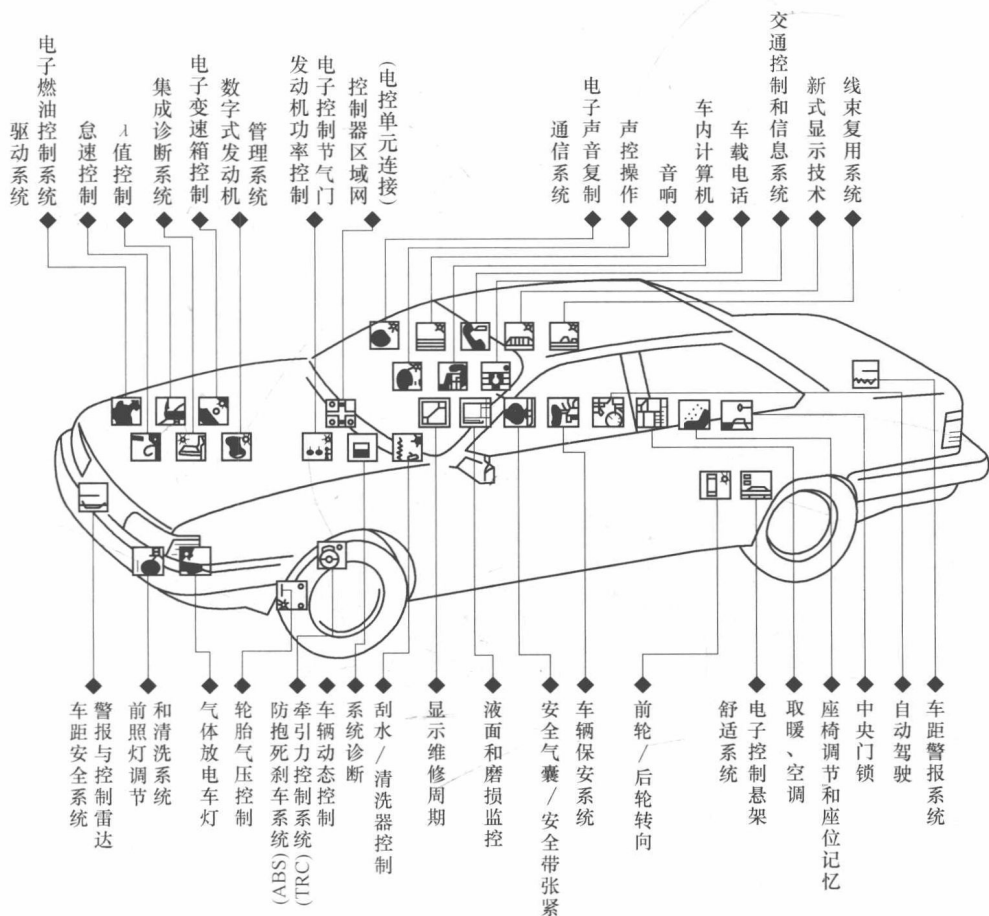


图 1-3 现代汽车电路应用情况

第二节 汽车电路新技术

传统汽车电路比较简单, 一般情况下, 它们的正极(俗称火线)与熔丝盒相接, 负极线(俗称地线)共用, 重要节点有三个, 即熔丝盒、继电器和组合开关, 绝大部分电路系统的一端接熔丝或开关, 另一端连接继电器或用电设备。但是, 在现代汽车的用电装置越来越多的情况下, 线束将会越来越多, 布线将会越来越复杂。随着汽车电子技术的发展, 现代汽车电路已经与信息技术相结合, 采用车载网络系统, 而不是通过单独的导线来传送控制信号和检测信息。

据统计, 一辆采用传统布线方法的高档汽车中, 其导线长度可达 2000m, 电气节点达 1500 个。随着汽车电器的增多, 该数字大约每 10 年增长 1 倍, 从而加剧了粗大的线束与汽车有限空间之间的矛盾, 布线越来越困难, 限制了功能的扩展。同时导线质量每增加 50kg, 油耗增加 0.2L/100km。传统的电气系统大多采用点对点的单一通信方式, 相互之间少有联系。然而, 现代汽车上使用了大量的电子控制装置, 如图 1-4 所示, 许多中高档轿车上采用了十几个甚至二十几个电子控制单元, 而每一个电子控制单元都需要与相关的传感器和执行

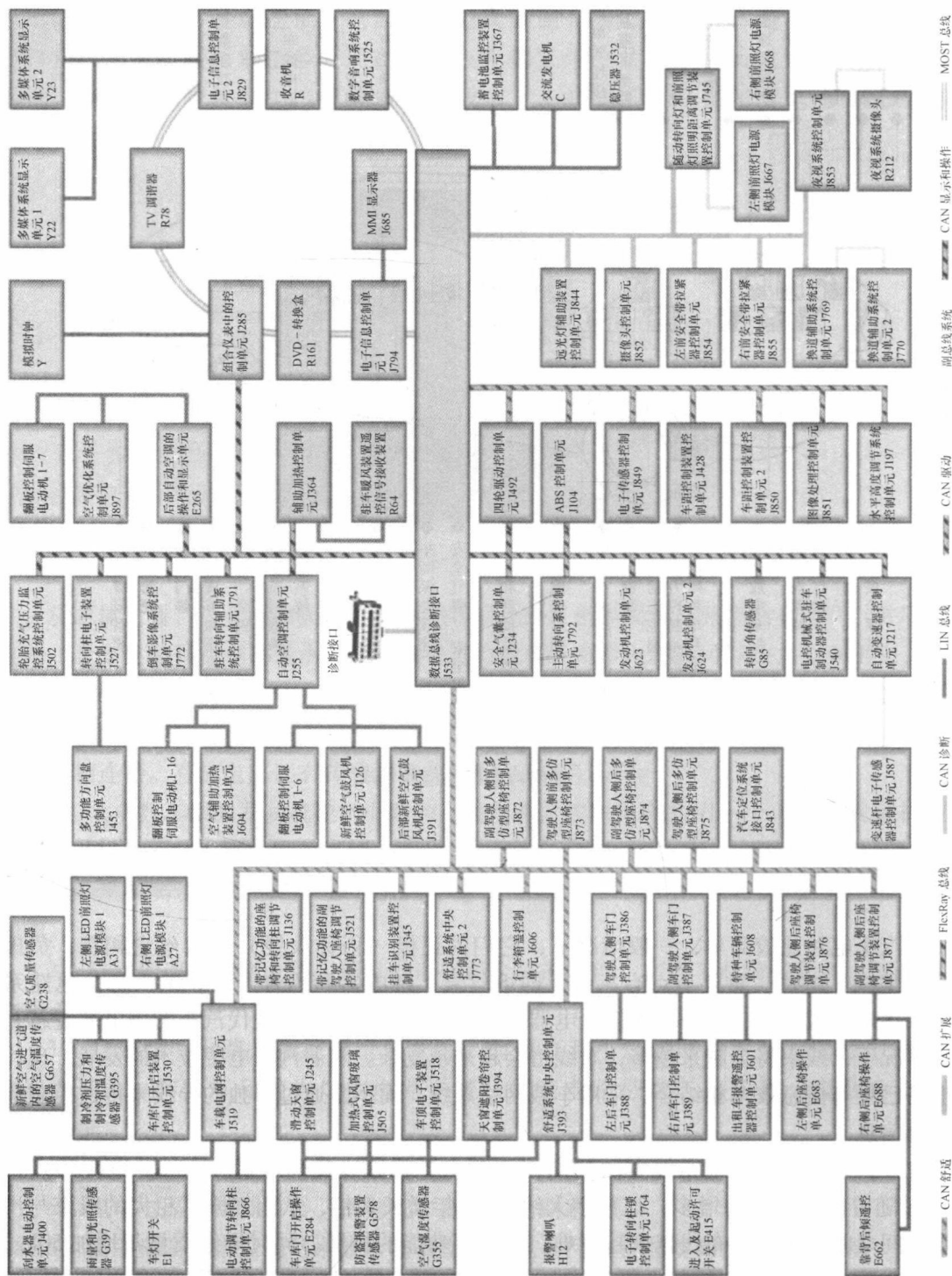


图 1-4 奥迪 A6 电子控制系统



器进行通信。每一个子系统都由电子控制单元、传感器、执行器、数据传输线路组成。各子系统的电控单元要进行信息交流,并经过复杂的控制运算、发出控制指令。另外,同一个信号需要多个传感器传送到不同的系统,这样必然需要庞大的布线,并且各控制单元间也需要进行信息交换。如果这些电路只进行简单的连接,就会导致电控单元针脚增加、电气系统线路复杂、故障率高、维修难度大等问题出现。

因此,采用车载网络系统(图1-5)将网际网络、无线连接、个人通信设备、娱乐设备等整合到汽车上,与动力系统相结合,为乘客提供了前所未有的便利。同时,这样还减少了线束数量,并能够通过电子控制单元(Electronic Control Unit, ECU)对各分支电路系统进行故障检测。

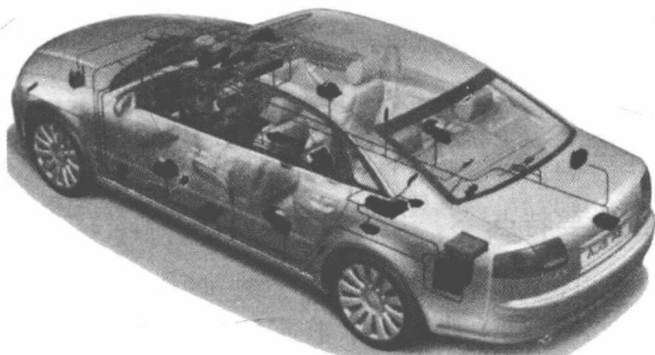
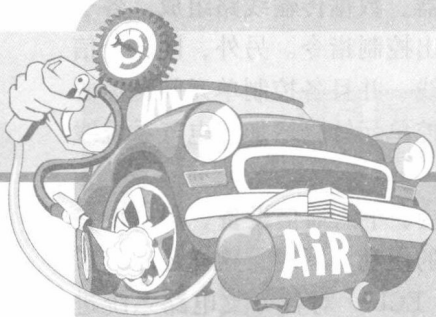


图1-5 汽车车载网络系统

习 题

1. 简要介绍汽车电路。
2. 汽车电路连接采用什么新技术?



第二章

汽车整车电路

第一节 汽车电路的特点和布置

一、汽车电路的主要特点

汽车电路的供电、配电、用电系统共同形成一个统一的整体，具有较高的独立性。它又要经受地域、气温、湿度、空气污染、炎夏雨淋、冬雪严寒以及振动颠簸的影响，与一般家用电器相比要求有更高的可靠性。汽车电气系统分布于汽车全身，线路错综复杂但它也有其必须遵循的规律，掌握这些规律或共同的特点，在汽车电路的运用、修理时便有一个大致的方向。

1. 低电压

汽车电路普遍采用直流 12V 制，大功率柴油车采用直流 24V 制，这已是国际通用标准。

2. 直流电

汽车电路采用直流电。这主要是因为起动电动机是性能优良的串励直流电动机，这种电动机的转矩与电流的二次方成正比。它可以在低速大电流时产生大的转矩，以克服起动阻力；当阻力减少时，电流减小，转速又能自动升高。起动电动机必须以直流电源为能源，同时又要求直流电源在短时间内（几秒至几十秒内）供给数百甚至上千安培的直流电流，这个要求，只能用蓄电池来达到。蓄电池依靠极板与电解液的电化学反应，可以将化学能转化为电能，满足起动、点火及其他用电的需要；又可以将发电机旋转产生的电能转化为化学能储存起来，这就叫做蓄电池的充电和放电。

蓄电池的充电只能使用比蓄电池电动势高出 1~2V 的直流电（对于 24V 系统，需要比蓄电池电压高出 3~4V），若用交流电通入，只能使蓄电池发热、损坏。为了保证给蓄电池充电，又不使蓄电池充电过度，汽车上的交流发电机发出三相交流电以后经过桥式整流的输出电压都限定在 13.8~14.8V（24V 制则控制在 27.6~29.6V）范围内，所以汽车上采用的电源都是低压直流电。低压直流电使用起来既方便又安全。但是，汽车电路的点火电路是高压电，其脉冲电压高达 15000~30000V，专供火花塞点火用，能量在 100mJ 左右，应当注意安全。

3. 电气设备相互并联

首先是发电机与蓄电池是并联的，当发电机不工作时，蓄电池便是唯一的电源，它不仅向汽车上所有电气设备供电，还能向发电机的磁场预充磁，向点火电路提供电能。当发电机



正常运转起来,它的端电压就会高于蓄电池电动势,蓄电池就变成了发电机的负载而被充电。其他用电设备与发电机、蓄电池都是并联的,既可以从发电机获得电流,也可以在发电机不工作时从蓄电池获得电流。这些用电设备相互独立、相互并联,可以由各自的开关控制是否投入工作。当然,由于开关之间控制关系的组合,有些电气设备可能只受一个开关控制,有的要受两个以上开关的控制,对不同电路要做具体分析。

在发电机设计中,只要发动机处于怠速($500 \sim 800\text{r/min}$)状态,发电机的输出电压就可以达到 14V 左右,此时发电机转速约为 1000r/min 。当发电机处于低速或不工作时,其内部的整流二极管阻挡蓄电池电流反向流回发电机,防止其烧毁;但蓄电池可以代替发电机向各用电设备供电。由于蓄电池容量有限,这种供电状态一般只能持续几十分钟至几个小时。以 25A 电流放电为例,使蓄电池电压降到 10.50V 时的持续时间叫做蓄电池的储备容量, 12V 、 $60\text{A}\cdot\text{h}$ 的蓄电池储备容量仅 94min ,所以不允许单以蓄电池为电源长期工作。

由于汽车电路是低电压,所以要获得较大的功率,其电流往往较大。这就要求汽车电路的导线截面积较大,汽车电路开关,继电器触点的尺寸也较大,各连接点如蓄电池极桩与正极、搭铁线的紧固、电刷与整流器的压力、接线柱间的连接、插接器中插头与插座端子的接触紧密程度都要达到规定的标准,防止产生过大的电压降,导致用电器无法工作、发热烧毁等故障。

4. 单线制与负极搭铁

汽车的金属机体就是良好的导体,可以作为一根公共导线。从电源到用电设备之间只用一根导线(包括开关、熔丝在内)连接,另一根导线用金属机体来代替以构成回路的连接方法,称为“单线制”。在单线制接法之中,电源和用电设备都必须有一个部位与汽车的金属机体相接,这个部位,称为“搭铁”。如果发电机的负极与机体相接,称为“负极搭铁”,反之称为“正极搭铁”。蓄电池的搭铁极性必须与发电机搭铁极性相同,才能保证发电机与蓄电池的并联关系,如果相反,则蓄电池的大电流将进入发电机,使二极管组烧毁,蓄电池也会因过度放电而损坏。国际上普遍采用负极搭铁制,我国《汽车拖拉机用电气设备技术条件》规定,统一为负极搭铁。在汽车上安装蓄电池接线时应特别注意。

由于机体、车架经常与泥水油垢接触,极易产生搭铁不良的问题,发动机与车架之间装有橡胶减振垫,驾驶室、车身注塑件、泡沫绝缘件及木质、铝质件都影响到搭铁回路的沟通,因此要注意另加搭铁导线。

蓄电池极桩与搭铁线、正极之间常因化学腐蚀或连接松动而接触不良,在这些部位产生的电压降可能使电流减少,电流通过困难,从而影响起动和其他电器正常工作,这也是应当引起注意的。

二、电气设备在汽车上的布置

汽车电路维修人员必须熟悉各种电器的名称、外形、功用及其在汽车上的安装位置。由于汽车的用途、形式和生产厂商不同,电器系统在车上的布置也各有不同,但总的来看,以下几点是相近的。

1) 汽车的前方有前照灯(远光和近光)、示宽灯(小灯)、转向灯(当左、右信号灯同时闪光时称为危险信号灯)、雾灯等,如图2-1所示。汽车尾部则有尾灯、转向灯(危险信号灯)、制动信号灯、牌照灯和倒车灯(倒车报警器),如图2-2所示。



图 2-1 汽车前部电气设备



图 2-2 汽车后部电气设备

2) 发动机总成上集中了最基本的电气设备。如起动机通常安装在发动机后部靠近飞轮齿圈的座孔上(图 2-3)。发电机(图 2-4)由曲轴前端的带轮驱动。轿车蓄电池通常在发动机机罩下,而中、重型汽车蓄电池因为重量和体积都很大,布置在驾驶室下方或货厢下的大梁一侧。

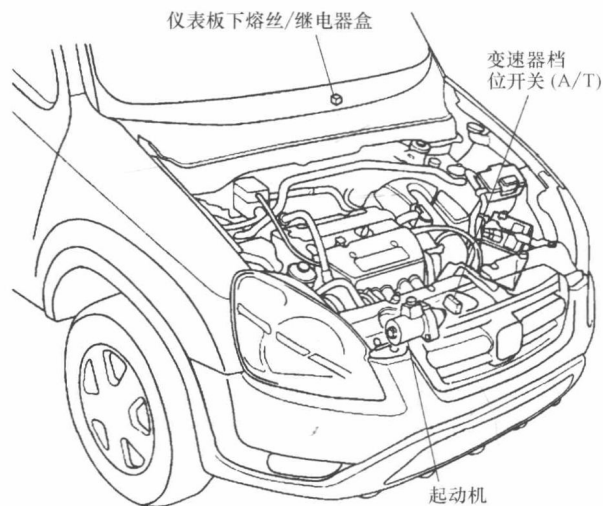


图 2-3 起动机安装位置

汽油机分电器常与配气凸轮、机油泵有着齿轮啮合关系。点火线圈一定离此不远,火花塞则与气缸数相同。柴油机没有高压电路,但必有喷油泵、高压油管、喷油器等。大马力柴油机常有预热塞,安装在各气缸内或进气管内。此外,发动机缸盖或出水管附近必有冷却液温度传感器或冷却液温度过高报警开关、散热器冷却风扇控制开关。在主油道和机油滤清器上常有机油压力表传感器或油压过低警告灯的传感开关。有些汽油机化油器上还装有怠速油道电磁阀。电子控制燃油喷射装置,供油量由分置在各缸进气管的喷油器控制,喷油量的大小、喷油时间的长短则由电子控制单元控制。电子控制单元上则有导线分别连接空气流量传感器、发动机转速传感器、冷却液温度传感器、进气温度传感器、节气门开度传感器等,如图 2-5 所示。有的车型将电子控制单元安装在发动机舱内,如沃尔沃轿车的电子控制单元安装在仪表台下。

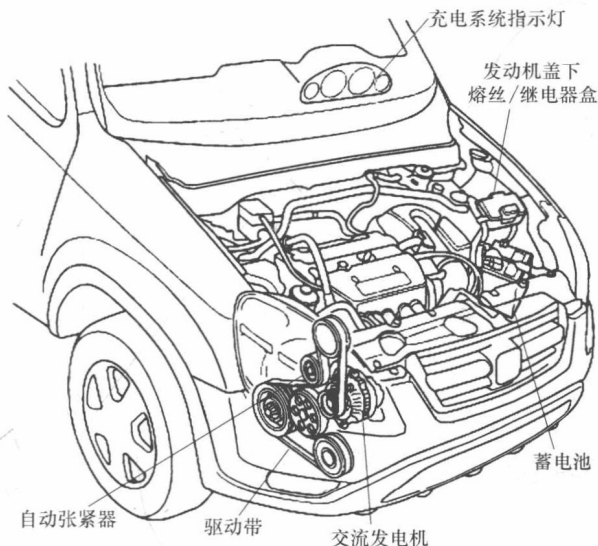


图 2-4 发电机安装位置

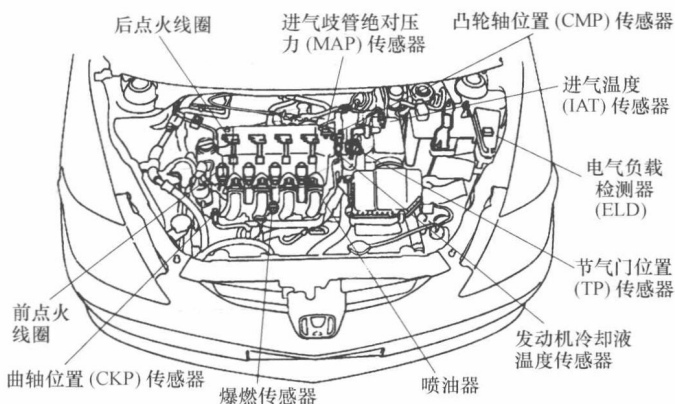


图 2-5 发动机传感器的安装位置

3) 在驾驶室内前围上靠近方向盘的部分集中着监视发动机和车辆技术状态的仪表(如冷却液温度表、燃油表、车速里程表、电流表等)、警告灯(如充电指示灯、机油压力过低警告灯、制动气压过低警告灯、燃油量不足警告灯、冷却液温度过高警告灯等),如图 2-6 所示。在前围上远离方向盘的部分,除了杂物箱而外,常有中央接线盒在此安装,中央接线盒的上平面通常固定着各种继电器和各条支路上的熔断器,这些熔断器,少则几个,多则几十个,熔断器盒盖上常用图形符号或文字符号标识所控制的电器。接线盒中部是几层分别连接各条电路的铜条,接线盒下部或侧面则是各条电缆的接插口。各接插口多用字母加以区分。

现代汽车方向盘立柱,已经成为组合开关的安装基础件,它将众多开关集中在方向盘立柱的周围,不仅使驾驶人操作方便、集中注意力观察路面,而且可以使前围、仪表盘周围的布置简洁、明朗,减少前围下导线集中的根数。一般组合开关上多用不同图形符号表示不同的开关,有的也用文字加以区分。

如图 2-7 所示,常用的组合开关有:转向灯远近光开关(常为扳杆式)、危险警告灯开

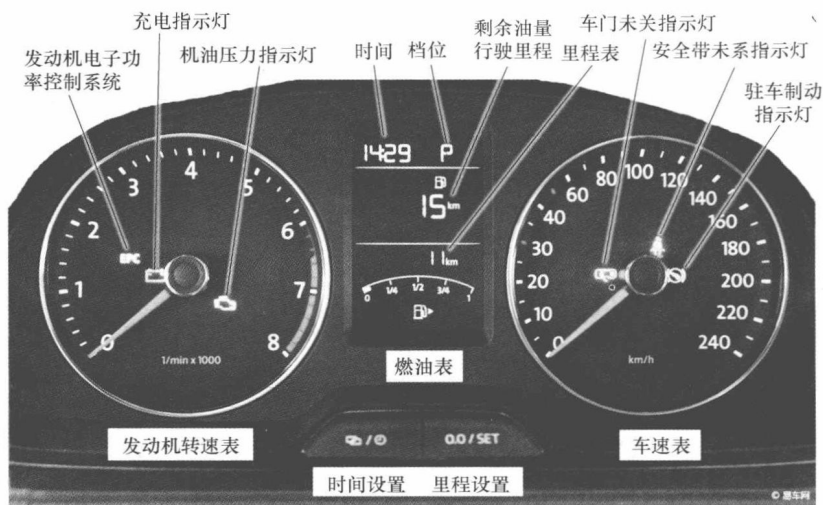


图 2-6 仪表

关（常为按键式或推拉式）、变光开关、超车信号灯开关（常为抬杆自动回位式）、风窗玻璃刮水开关（常为扳杆式或旋钮式）、风窗玻璃洗涤器开关（常为按钮自动回位式）、喇叭按钮（常为方向盘中央的弹块）。

点火开关（图 2-7）有的安装在仪表盘前围上，更多的是安装在方向盘立柱上，有坚固的锁紧机构锁住方向盘立柱，用以防盗。点火开关多为 3~5 档位，三档钥匙开关有 OFF（断）、ON（通）、ST（起动）三档；五档位的钥匙开关通常有 LOCK（锁住方向盘）、Acc [专用附件（如收放机、点烟器）] 档、



图 2-7 汽车前部的电气开关

ON（接通电路时正常工作）档、HAET（预热）档、ST（起动）档。

暖风装置一般安装在驾驶室前围下方，多利用发动机冷却水的热量。制冷用的空调压缩机一般安装在发动机前方用带轮和电磁离合器与曲轴带轮相连接。空调系统的冷凝器则位于冷却水散热器前方。

4) 底盘—车架上的电器一般较少。有些平头汽车的发动机后置，一些电器也就安装到车架中部了。倒车灯开关一般安装在变速器倒档拨叉轴能碰到的地方。车速传感器和重型汽车的变档预选开关多安装在变速器总成上。其他传感器如制动气压过低警告灯传感器，多数安装在贮气筒或制动阀体上，差速锁指示灯传感器、燃油箱油量传感器则多安装在各自总成上。

有的车型采用混合动力驱动电动机和自动变速器、电控悬架（图 2-8），以及防滑差速器、ABS（制动防抱死系统）、ESP（车身稳定控制系统）、EPS（电控动力转向系统）等。

从仪表盘、中央接线盒、转向柱组合开关到汽车后端灯具之间，往往有一条很长的电缆，注意配线安装要牢固、防止拉伸、切割、磨破和油泥沾污。

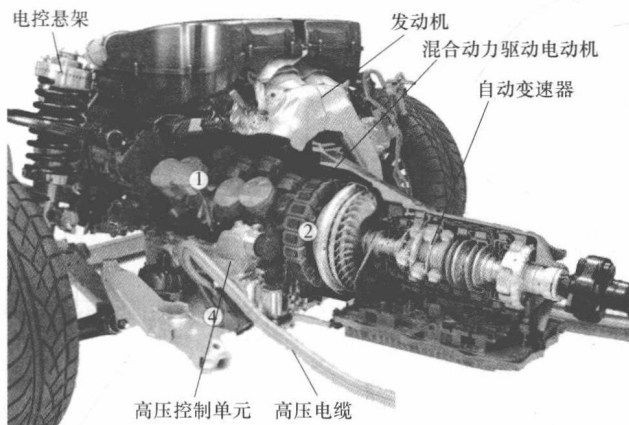


图 2-8 混合动力驱动电动机、自动变速器和电控悬架

蓄电池开关是全车电路的总开关，通常安装在车架顺梁的内侧或蓄电池附近。手动开关，则常处于驾驶人能触及的部位。

第二节 汽车电路图的表达方法

一、汽车电路图的现状与发展趋势

20 世纪 90 年代以来，国内外汽车电气系统电路图发生了巨大变革，电路图的篇幅大大增加，信息量加大，复杂程度大幅提高。就在国内实施电路图简单化与规范化的同时，进口汽车修理手册中的汽车电路图也发生了巨大的变化，这主要体现在以下几方面。

1. 简化表达形式

虽然电缆布线图（图 2-9）在制造电缆时是必不可少的，但在修理手册中以布线图的形式表达全车电路已不多见。这主要是线路复杂程度太高了，在有限的幅面上画出全车电路布线图难度太大，若分散到不同页面上表达又不便于阅读。

2. 用提纲图表达整车电路概貌

提纲图体现了电源的分配关系，多用主要开关（点火开关、灯光控制开关）和主要继电器，以及主要易熔线，其中熔丝为主干，标明各熔丝 FU 的所控制电路与电器。现代伊兰特提纲图如图 2-10 所示。

3. 简化后的局部电路信息量大幅增加

为了便于携带与收藏，汽车电路图也很少用八开以上的版面印刷，多采用 16 开或大 16 开版面，每页只能表示局部电路，但一般修理手册中增加了局部电路中的插接器、每根线在插接器中的位置、多线插接器（尤其是微机插接器）的数字序号及文字符号、接线柱标志、导线颜色、截面积、搭铁地点等。

4. 电路图形符号尚难统一

各国各厂家电路图形符号尚未朝着国际标准（ISO）或欧洲标准（IEC）迅速靠拢，德国的宝马（BWM）公司与奔驰（BENZ）公司电路图的画法与大众、奥迪公司画法存在很大差异。美国与韩国汽车电路图表达形式比较接近，日本汽车电路图简化但十分严格细致，详尽准确。