



“十四五”职业教育国家规划教材



“十四五”职业教育江苏省规划教材

“十三五”江苏省高等学校重点教材

高等教育“十五五”系列教材

汽车专业

汽车电气设备构造与维修

(第二版)

主编 王 峰 樊瑞军



彩色印刷
精品资源
移动终端
互动教学
双语特色
即扫即看



以书会友



教学相长



南京大学出版社

内容简介

本书以党的二十大精神为指引,融合汽车领域“1+X”证书标准国际职业资格标准,以工作任务为载体,以理论知识为依托,以实践知识为核心,以拓展知识为延伸,校企合作共同开发。共有七个项目,即汽车电气系统总体认知、电源系统检修、起动系统检修、点火系统检修、照明与信号系统检修、仪表与报警系统检修和舒适电气系统检修。每个项目由项目导入和若干任务构成,每个任务又包含学习目标、相关知识和任务实施环节。

本书全文配置双语彩图,图片清晰美观,内容新颖全面,语言简洁、通俗易懂。同时包含了丰富的学习资源,可通过扫描书中二维码,免费扫码观看。

本书可作为高等职业院校、普通高校以及成人教育汽车类专业教材,或作为双语教学试用教材,也可作为培训机构教学用书、汽车行业技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电气设备构造与维修 / 王峰, 樊瑞军主编.

2 版. -- 南京: 南京大学出版社, 2026. 8. -- ISBN

978-7-305-29862-2

I. U463.603; U472.41

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2025AX2222 号

出版发行 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号

邮 编 210093

书 名 汽车电气设备构造与维修

QICHE DIANQI SHEBEI GOUZAOU YU WEIXIU

主 编 王 峰 樊瑞军

责任编辑 吴 华

编辑热线 025-83596997

照 排 南京开卷文化传媒有限公司

印 刷 南京玉河印刷厂有限公司

开 本 787 mm×1092 mm 1/16 印张 12.25 字数 313 千

版 次 2026 年 8 月第 2 版 2026 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-305-29862-2

定 价 59.80 元

网 址: <http://www.njupco.com>

官方微博: <http://weibo.com/njupco>

微信服务号: NJUYUNSHU

销售咨询热线: (025)83594756

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购

图书销售部门联系调换

前言

汽车产业正向着“智能化、电气化、数字化、共享化”方向发展,对人才的职业能力提出了新的要求。汽车电气设备构造与维修是汽车类专业的核心课程,传统的课程内容已经不符合职业技能标准的需求。

党的二十大报告中指出教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑。要统筹职业教育、高等教育、继续教育协同创新,推进职普融通、产教融合、科教融汇,优化职业教育类型定位。习近平总书记强调,要高度重视技能人才工作,大力弘扬劳模精神、劳动精神、工匠精神,激励更多劳动者特别是青年一代走技能成才、技能报国之路,培养更多高技能人才和大国工匠,为全面建设社会主义现代化国家提供有力人才保障。

在党的二十大精神的指引下,本教材融合汽车领域“1+X”证书标准和国际职业资格标准,形成了课程内容与职业标准对接、教学过程与生产过程对接、技术技能与国际标准对接,特色鲜明的一体化、双语彩图版教材,努力培养造就更多“卓越工程师、大国工匠、高技能人才”。

教材共分七个项目,系统地介绍了汽车电气系统总体认知、电源系统检修、起动系统检修、点火系统检修、照明与信号系统检修、仪表与报警系统检修和舒适电气系统检修。语言简洁,图文并茂,配套有微课视频,注重岗位能力需求,突出产教融合,强化学生职业能力和职业素养的培养,融入思政教育内容,助推学生社会主义核心价值观的养成。为了满足国际化人才培养要求,部分内容采用双语编写,适应了汽车专业双语教学的需要,提升了教材的国际化水平。

编写过程中,得到了南京大学出版社、南京林业大学、江苏理工学院、保时捷(中国)培训学院、中国永达汽车服务控股有限公司、常州市广联丰田汽车销售有限公司的大力



支持与帮助,参考了大量的国内外相关技术资料及网络资源,谨此致谢。

本书由常州机电职业技术学院王峰、樊瑞军任主编,常州工业职业技术学院茅启园,常州机电职业技术学院刘平、岳兴莲任副主编。参加本书编写工作的还有常州机电职业技术学院陈新、张红党、宋敬滨、张凤娇、陈松等。

由于编者水平有限,书中难免有错误和疏忽之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

项目一 汽车电气系统总体认知	1
任务 1 基础汽车电气认知	1
任务 2 认识汽车电气系统	10
项目二 电源系统检修	29
任务 1 蓄电池的结构与检修	29
任务 2 交流发电机的结构与检修	36
任务 3 电源系统电路分析与检修	45
项目三 起动系统检修	51
任务 1 起动机的结构与检修	51
任务 2 起动系统电路分析与检修	65
项目四 点火系统检修	71
任务 1 传统点火系统检修	71
任务 2 微机控制点火系统检修	80
任务 3 点火系统电路分析与检修	87
项目五 照明与信号系统检修	95
任务 1 照明系统检修	95
任务 2 信号系统检修	110



项目六 仪表与报警系统检修.....	125
任务1 汽车仪表系统检修	125
任务2 报警系统检修	134
项目七 舒适电气系统检修.....	140
任务1 车窗刮水与清洗装置检修	140
任务2 电动车窗系统检修	146
任务3 中控门锁系统检修	150
参考文献	157
任务单	159

项目

汽车电气系统总体认知



扫码获取微课视频



项目导入

教育是国之大计、党之大计。培养什么人、怎样培养人、为谁培养人是教育的根本问题。育人的根本在于立德。全面贯彻党的教育方针,落实立德树人根本任务,培养德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人。

对电气系统基础概念的掌握是汽车电气检修的必备知识,知其原理才能学会检修。学会正确使用万用表、试灯等常用检测工具,对常见的基础元器件进行检测,由局部到整体,再由整体到局部的逻辑,即掌握各个元器件的检测才能对整个电路进行判断、检测及排故。

任务1 基础汽车电气认知



学习目标



掌握基础电器元件、欧姆定律等知识,以及在汽车电路中的应用;

掌握继电器、二极管、三极管在汽车电路中的应用;

掌握汽车电路读图的基本方法;

熟练使用工具、仪器检测基础汽车电路;

培养德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人。



相关知识



一、电路基本概念

1. 电流

科学上把单位时间里通过导体任一横截面的电量叫作电流强度,简称电流。电流符号为 I ,单位是安培(A),简称“安”。导体中的自由电荷在电场力的作用下做有规则的定向运动就形成了电流。



汽车电路检测有时也需要检测线路中的电流。比如通过测量休眠电流判断蓄电池是否漏电;通过测量汽车起动电流,分析发动机气缸压力是否正常。电流的检测如图 1-1 所示。

2. 电位

在静电学里,电势(又称为电位)定义为:处于电场中某个位置的单位电荷所具有的电势能。电势只有大小,没有方向,是标量,其数值不具有绝对意义,只具有相对意义。

零点电位点,即选定的计算电位的起点。可选电路中任意一点作参考点,令其电位为零。习惯上,常规定大地的电位为零。也可以是机器的外壳,许多元件的交汇点。

电位与电压(电位差)之间的关系,电路中任何一点的电位等于该点与参考点之间的电压。电路中某点的电位因参考点不同可能有不同的值,两点间的电压与参考点无关,电压是任意两点之间的电位差。

用正、负极概念,无法准确解释我们平常检测到的各种现象,就需要理解电位的概念,以汽车蓄电池为例,两个桩极,一端 12 V,另一端 0 V,那 12 V 的电位,要比 0 V 的电位高,称 12 V 是高电位,0 V 是低电位,负极的电位比正极低。电压的检测如图 1-2 所示。

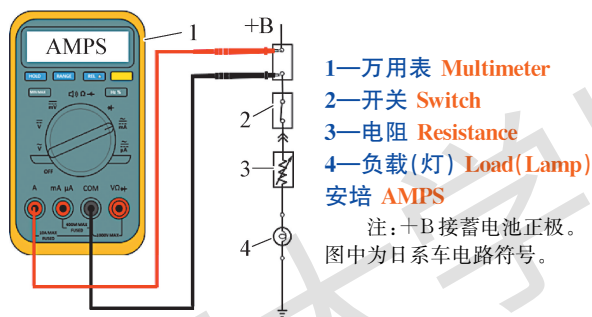


图 1-1 电流的检测

Fig. 1-1 Current detection

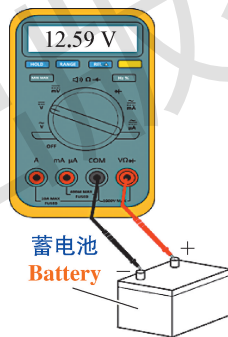


图 1-2 蓄电池电压的检测

Fig. 1-2 Battery voltage detection

3. 电压降

电流在通过用电器或者导体时,都会受到一定的阻力,在一定电位差的作用下,电路克服这种阻力顺利通过用电器,但流过该用电器后,电压下降了,电阻越大,电压下降得就越多,这种在流过用电器(导体)后产生的电压大小的差别就是电压降。

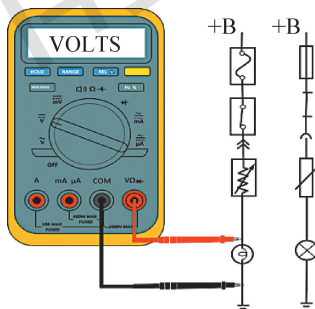


图 1-3 电压降的含义

Fig. 1-3 Voltage drop

注: VOLTS——伏特;图中电路符号——左为日系车,右为德系车。

电路中每一个组成部分都会产生电压降,如图 1-3 所示,该电路中灯产生光和热,所以有最大的电压降,可变电阻器根据调节灯光亮度产生小的电压降,其他元器件(保险丝,导线,线束等)也都会产生很小的电压降。电压降的测量方法如图 1-3 所示。

一般来说在所有电路中,电压损失最大为电源电压的 3%,那么在 12 V 电源的汽车上最大电压降应为 0.36 V,在电路中如果电压降超过 0.40 V,为电路中存在异常,即有高电阻存在。电压降测试法可以应用于任何电路,是电路检测中非常重要的方法。



二、电气基础元件

1. 电阻

(1) 电阻的作用

① 分压、调节电流大小。例如风扇转速的调节、仪表灯光的微调。

② 作为加热元件,最直观的是后窗除雾,如图 1-4 所示。



图 1-4 汽车后窗除雾

Fig. 1-4 Defogging of rear windshield

(2) 电阻的种类

① 固定电阻器,电阻的阻值固定不变。测量方式如图 1-5 所示。

② 可变电阻器,改变滑动端子的位置来改变电阻值,使得电路电压及电流升高或降低,达到控制灯光亮度的效果。灯光调节如图 1-6 所示。

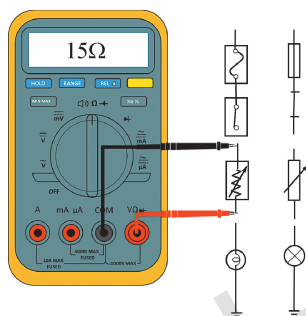


图 1-5 电阻的测量

Fig. 1-5 Resistance detection

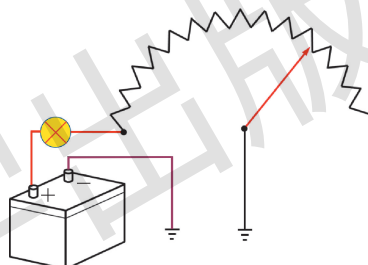


图 1-6 滑动电阻器实现灯光亮度调节

Fig. 1-6 Light tuning by sliding rheostat

③ 分接式电阻器,在电阻的路径上有多个分接点,每个分接点的电阻值不同,如图 1-7 所示。可以实现如空调系统中鼓风机的转速控制。

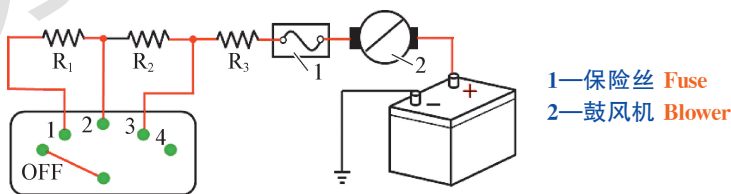


图 1-7 分接式电阻实现鼓风机转速控制

Fig. 1-7 Blower speed regulation by series resistor

④ 电位计,如图 1-8 所示,通过浮子和机械机构的位置移动改变滑动端子位置,改变电阻和电路的电压,即将油位转换为电压信号 V ,反馈给 ECU,并通过仪表盘显示油位。

⑤ 热敏电阻,电阻值随着温度的改变而改变的一种特殊的电阻。通常可以分为正温度系数的热敏电阻 PTC(温度升高阻值增大)和负温度系数(温度升高阻值降低)的热敏电阻 NTC。在汽车中,通常用来检测温度的大多数使用 NTC 电阻。负温度系数的热敏电阻的特性如图 1-9 所示。

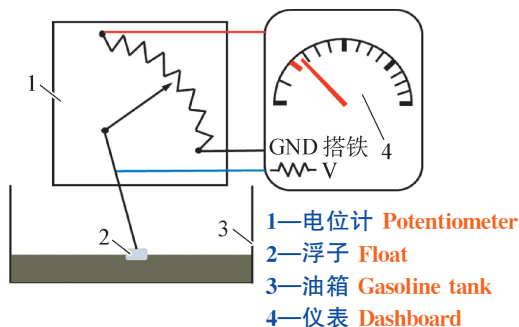


图 1-8 电位计

Fig. 1-8 Potentiometer

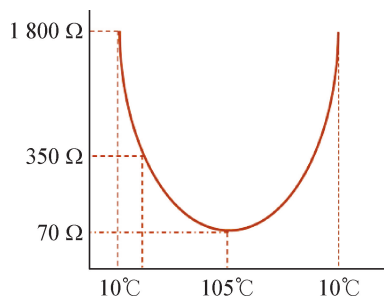


图 1-9 NTC 电阻特性

Fig. 1-9 NTC resistance characteristic

2. 电感器

电感器也称为线圈,如图 1-10 所示,是导线绕成一系列的环。电感的磁场变化特性在汽车上应用广泛,如点火线圈、电磁阀、继电器等。

(1) 电磁铁,在线圈中心包一个铁心,通过电流,即可产生电磁铁的效果,如图 1-11 所示。

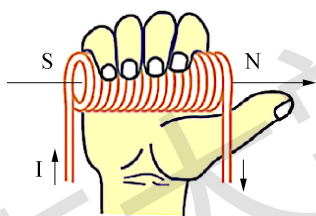


图 1-10 电感

Fig. 1-10 Inductor

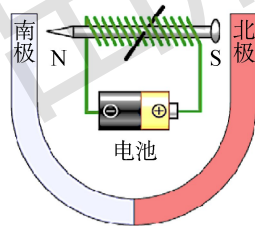
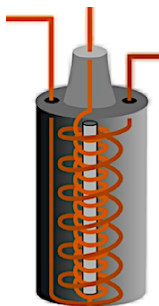


图 1-11 电磁铁

Fig. 1-11 Electromagnet

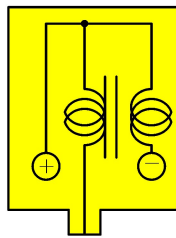
(2) 点火线圈,当一线圈中的电流发生变化时,在临近的另一线圈中产生感应电动势,在次级线圈产生高压电,汽车点火系统中的点火线圈就应用此原理。如图 1-12 所示,点火线圈符号中可以看到线圈和铁心。



(a) 点火线圈



(b) 德系车点火线圈符号



(c) 日系车点火线圈符号

图 1-12 点火线圈

Fig. 1-12 Ignition coil



(3) 继电器

如图 1-13 所示继电器的符号可以看出,继电器就是线圈加开关构成,当线圈通电,控制开关开启或闭合。

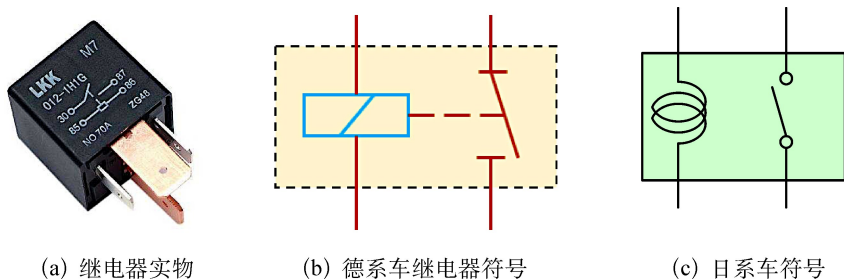


图 1-13 继电器

Fig. 1-13 Relay

继电器的控制电路,如图 1-14 所示。控制电路中继电器的线圈通电,触点被吸合,执行回路中灯泡或电机工作。

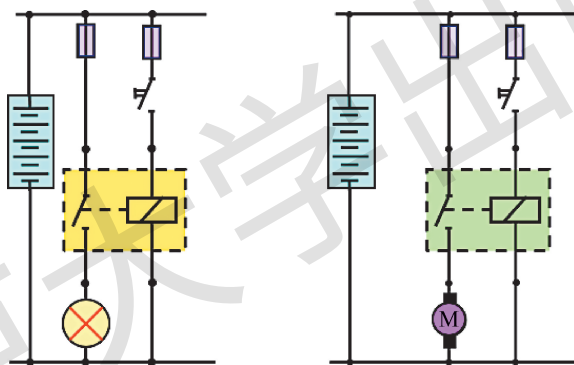


图 1-14 继电器控制电路

Fig. 1-14 Control circuit by relay

汽车上的继电器现在大多由 ECU 控制,如图 1-15 所示,小电流经由开关到 85 和 86 端子接通并通过 ECU 搭铁,继电器线圈工作;线圈产生磁场将触点吸住导通;大电流经由触点流向电灯泡。

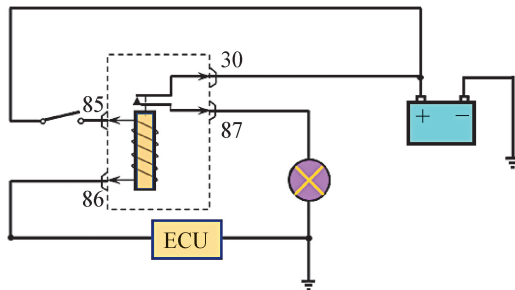


图 1-15 继电器控制灯泡电路

Fig. 1-15 Light control by relay



汽车电路中,常要实现电机正反转,如电动车窗、中控锁电路等,常用的就是利用继电器搭建 H 型电路。如图 1-16 所示,当开关全部断开时,左右两只继电器的 30 与 87a 接通,电路接地,电位相同,形成防止因振动导致的电机自行运动,即电机产生阻尼刹车;当左边开关导通时,左边继电器 30 和 87 导通,电机中电流从左到右,通过右边继电器接地,电机正转;当右边开关导通时,右边继电器 30 和 87 导通,电机中电流从右到左,通过左边继电器接地,电机反转。

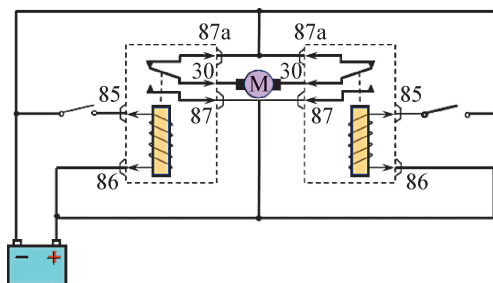


图 1-16 继电器控制电机正反转电路

Fig. 1-16 Relay circuit in the motor positive and reversion

3. 电容

电容的单位是法拉(Farad),简写成 F,1 法拉的定义为:当电容充 1 V 的电压时,电容极板间存满 1 库伦的电量, $1\text{ F}=10^6\text{ }\mu\text{F}$ 。电容在任何电子电路中都有。电容的符号如图 1-17 所示。



固定电容 Fixed capacitor



极性电容 Polar capacitor

图 1-17 电容

Fig. 1-17 Capacitor

通常电容不会单独出现在电路中,而是在一些元器件或 ECU 中,如发电机、发动机控制单元、继电器中。其主要功能是滤波,以及消除自感应电动势,继电器线圈中加装电容器,能有效降低自感应电动势,降低对电子设备的干扰。如图 1-18 所示。

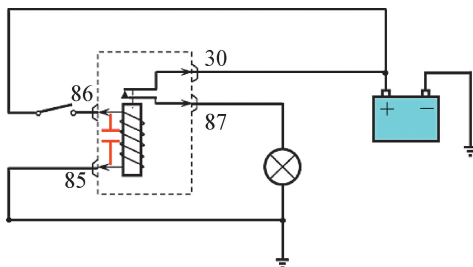


图 1-18 带保护电容的继电器

Fig. 1-18 Relay with capacitor



4. 二极管

二极管是用半导体材料(硅、硒、锗等)制成的一种电子器件。它具有单向导电性能,即给二极管阳极和阴极加上正向电压时,二极管导通;当给阳极和阴极加上反向电压时,二极管截止。二极管除整流作用外,在电子电路中,可实现逻辑控制,在继电器中加装二极管具有消除自感应电动势作用,但注意不能装反。二极管符号如图 1-19 所示。



图 1-19 二极管符号

Fig. 1-19 Symbol of diode

5. 三极管

三极管是半导体基本元器件之一,是电子电路的核心元件。三极管是在一块半导体基片上制作两个相距很近的 PN 结,两个 PN 结把整块半导体分成三部分,中间部分是基区,两侧部分是发射区和集电区,排列方式有 PNP 和 NPN 两种,如图 1-20 所示。三条引线分别称为发射极 E(Emitter)、基极 B (Base)和集电极 C (Collector)。

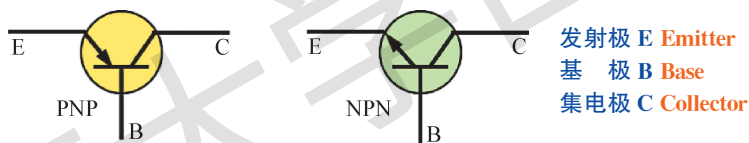


图 1-20 三极管符号

Fig. 1-20 Symbol of triode

三极管控制电流的方向如图 1-21 所示。

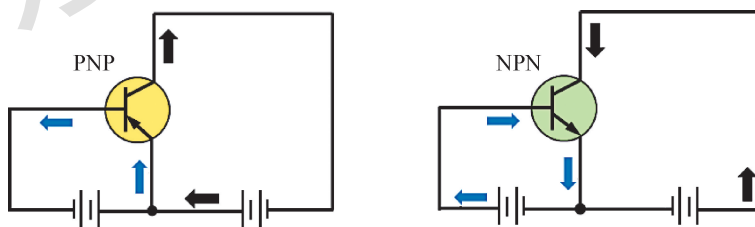


图 1-21 三极管控制电流流向

Fig. 1-21 Triode control current

- (1) 若基极和发射极间无电流,整个三极管不通电;
- (2) 基极和发射极之间的小电流能够控制发射极和集电极间的大电流。

三极管在电路中用途非常广泛,在汽车 ECU 中至少会有数十个三极管在工作,其大多数作为开关控制元器件的负极线路通断。如点火系统中的初级电流控制(如图1-22所示)、继电器线圈控制、喷油器电路控制等。这些三极管现大多数都已集成在 ECU 里面,也有少



数单独设计成一个模块。

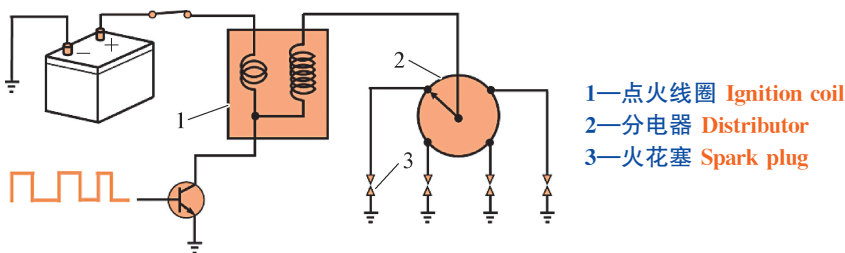


图 1-22 三极管在点火系统中的应用

Fig. 1-22 Application in ignition system

利用三极管来控制发动机喷油嘴的喷油量(时间),如图 1-23 所示。发动机 ECU 向三极管控制电路发送脉冲信号,当方波为 0 V 时,三极管截止,喷油嘴线圈无电流,没有喷油,当方波为 5 V 时,三极管导通使得喷油线圈工作,将油针吸入后喷油,喷油量由三极管导通的时间长短决定。

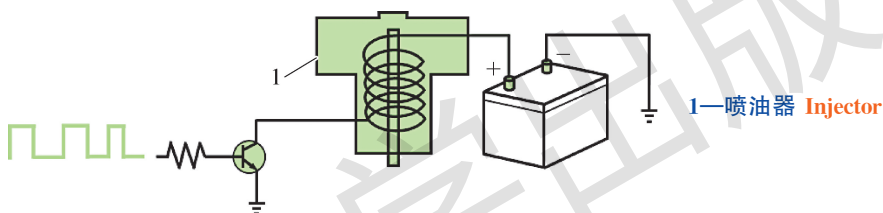


图 1-23 三极管在燃油系统中的应用

Fig. 1-23 Application in fuel system



一、基础电气测试

1. 电路的电压和电流测量

搭建图 1-24 所示电路,将“+”和“-”间的电压设定为 12 V,记录电压表、电流表读数。所需部件:12 V 直流电源,1 个开关,1 个保险丝,连接线若干,100 Ω 、200 Ω 电阻器各 1 个,1 块万用表。

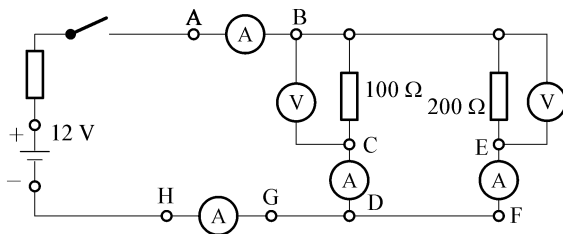


图 1-24 电压和电流的测量

Fig. 1-24 Voltage and current measurement



2. 电压降测量

搭建如图 1-25 所示电路,将“+”和“-”间的电压设定为 12 V,记录不同位置电压表的读数。所需部件:12 V 直流电源,1 个开关,1 个保险丝,连接线若干,1 个 12 V/3 W 灯泡,1 块万用表。

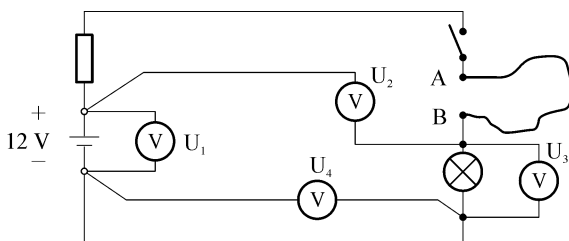


图 1-25 电压降的测量

Fig. 1-25 Voltage drop measurement

3. 五端子继电器转换控制

搭建如图 1-26 所示电路,记录电流表数据。接通电源开关之前,让培训师检查你的电路连接,确保连接正确。所需部件:12 V 直流电源,1 个开关,1 个保险丝,1 个继电器,2 个 12 V 灯泡,连接线若干,1 块万用表。

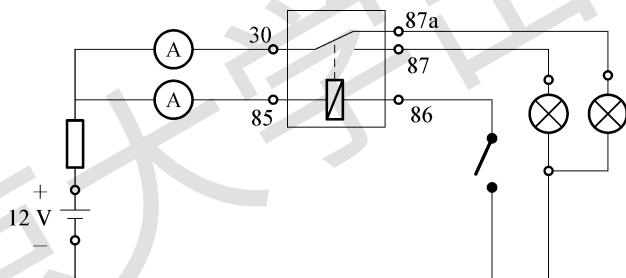


图 1-26 继电器的转换控制

Fig. 1-26 Conversion controlled by relay

4. 三极管功能实验

搭建如图 1-27 所示的电路,记录电流表的读数,并判断该三极管是开关型还是放大

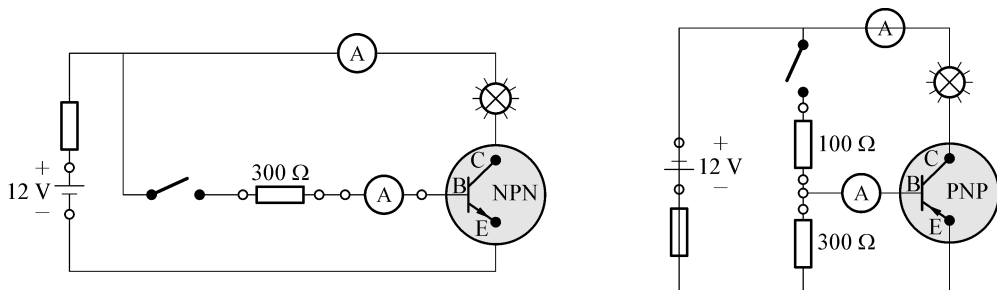


图 1-27 三极管功能测试

Fig. 1-27 Triode function test



型。接通电源开关之前,让培训师检查你的电路连接,确保连接正确。所需部件:12 V 直流电源,1 个开关,1 个保险丝,NPN、PNP 型三极管各 1 个,100 Ω 、300 Ω 电阻器各 1 个,连接线若干,1 个 12 V 灯泡。

二、汽车电气系统测试

使用万用表检测车辆蓄电池休眠电流,如图 1-28 所示。



图 1-28 休眠电流测试

Fig. 1-28 Dormancy current test

(1) 打开车辆的机盖,关闭车上所有用电设备,然后把车门锁起来,如果有遥控的车辆,注意要用遥控把车子锁起来;

(2) 蓄电池负极的搭铁线断开;

(3) 将万用表调到电流挡位,注意使用大量程,一般汽车的量程选择在 10 A,有的万用表可以自动调整量程大小,只要挡位选择正确即可;

(4) 然后把调好的万用表红笔与车身搭铁线相连,黑笔与电瓶负极桩头相连;

(5) 以上操作完成后,等待 30 s,读取万用表上的休眠电流数值,从而判断汽车是否存在漏电故障。现在汽车上的用电设备比较多,电流值小于 50 mA 以下都是正常的,如果大于 50 mA,必须要检查漏电设备。

任务 2 认识汽车电气系统

学习目标

掌握汽车电气系统的组成与特点;
掌握汽车电路的工作状态和检测方法;
掌握汽车电路图读识的方法;
熟练使用工具、仪器测量电路的状态;
培养社会主义核心价值观。

相关知识

一、汽车电气系统的组成与特点

1. 汽车电气系统的组成

汽车电气系统的功能是保证车辆在行驶过程中的可靠性、安全性和舒适性,如图 1-29 所示。汽车电气系统可以分为以下几个部分:

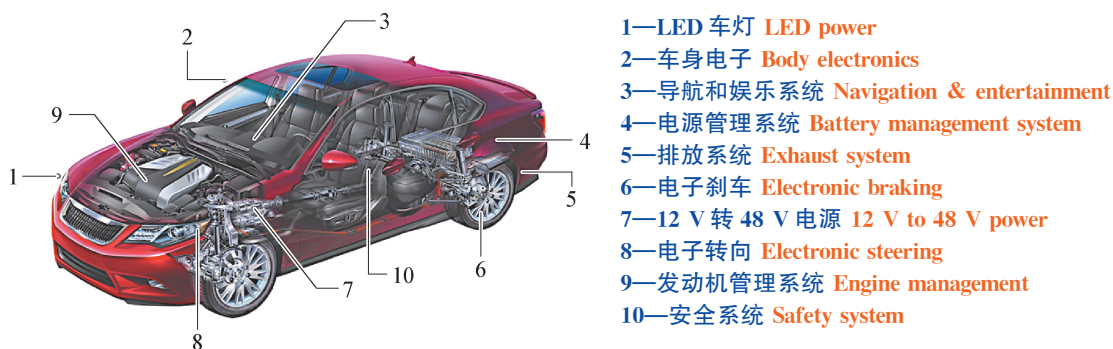


图 1-29 汽车电气系统

Fig. 1-29 Automobile electric system

(1) 电源系统

电源系统包括蓄电池、交流发电机及电压调节器。

(2) 起动系统

起动系统包括起动机、起动继电器等。

(3) 点火系统

现代汽车的点火系统包括点火开关、点火线圈、电控单元(ECU)、传感器、火花塞等。

(4) 照明系统

包括前照灯、雾灯、牌照灯、车内顶灯、仪表板照明灯、行李箱灯等。

(5) 仪表系统

包括转速表、车速表、里程表、燃油、冷却液温度表等。

(6) 信号系统

包括声音信号和灯光信号,制动信号灯、转向信号灯、倒车信号灯以及各种报警指示灯。

(7) 其他辅助电气系统

雨刮及清洗系统、电动车窗、电动座椅、中控门锁、防盗系统、空调系统、驾驶安全系统等。

(8) 配电设备

常用的配电装置有汽车线束、开关、保险丝、继电器、插接器等。

(9) 电子控制系统

常见的有发动机管理系统、防抱死制动系统(ABS)、安全气囊(SRS)、动力转向助力系统(ESP)、自动变速器控制系统等。

2. 汽车电气系统的特点

不同品牌的汽车,布线方式、电器设备数量、控制逻辑等各具特点,但都遵循以下规律。

(1) 低压

汽车用电设备的额定电压有 12 V 和 24 V 两种。汽油车上普遍采用 12 V,重型柴油车多采用 24 V。

但随着汽车电气系统的发展,目前汽油车辆上也有需要用到 48 V,甚至 75 V 以上的电压。

(2) 直流

汽油车的用电设备采用直流电,由蓄电池和硅整流交流发电机提供。



(3) 单线并联

并联是指汽车上的用电设备与蓄电池、发电机并联,且都有各自的控制支路,互不干扰。

单线是指汽车上的用电设备正极采用导线与蓄电池、发电机的正极相连,负极则通过导线或自身壳体与车身、发动机、变速器等金属部分与电源负极相连,形成回路。汽车车身等金属部件作为用电设备的公共负极导线,可以简化线路,便于维修,减轻重量,降低油耗。

(4) 负极搭铁

搭铁是指在单线制的连接方式中,蓄电池的负极通过一根导线连接到车身、发动机、变速器等金属部分,用电设备负极连接到就近的金属部件,从而形成回路的方式。

二、汽车电路的组成

所有的汽车电路都有五个基础组成部分:电源、保护装置、控制装置、负载、导线,如图 1-30 所示。

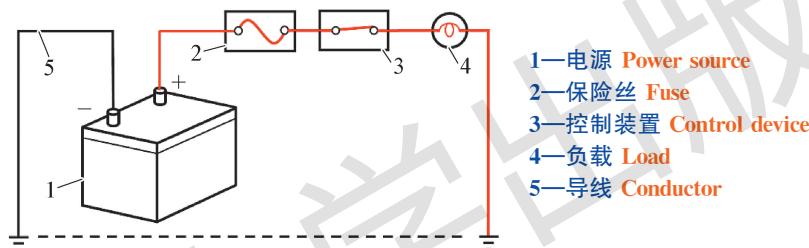


图 1-30 汽车电路的基础组成

Fig. 1-30 Composition of automotive circuit

1. 电源

汽车电路中,电源就是指蓄电池和发电机,负极常称为搭铁或接地。电流回路如图 1-31 所示。

2. 保护装置

电流大会产生过热,容易损坏导线或元器件,甚至发生危险。因此,电路中常常需要安装熔断器,俗称保险丝(如图 1-32 所示)、易熔线或者断路器,来进行过电流保护与过热保护。当回路中电流过大产生较多的热量,温度达到保护装置熔点时,就自动熔断,起到保险的作用。

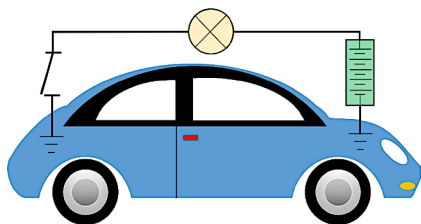


图 1-31 汽车电流回路

Fig. 1-31 Current circuit



图 1-32 汽车保险丝

Fig. 1-32 Fuse



3. 负载

负载就是消耗电能的元器件。所有会消耗电能的电器设备,都称为负载。常见的汽车电路中的负载有:车灯、线圈、电机、汽车空调、汽车音响等。

4. 控制装置

最简单的控制装置就是开关,通过操作开关来控制负载的工作。控制装置不仅仅是控制回路的通与断,比如灯光亮度调节开关就通过控制回路中电流的大小来控制车灯的亮度。常见的汽车控制装置有:继电器,晶体管(二极管、三极管),电子控制单元(ECU)等。

5. 导线与线束

导线有低压导线和高压导线之分,高压线根据耐压等级选用,采用线芯截面积小,但绝缘包层很厚的电线。

低压电路导线主要根据工作电流大小和机械强度选择。随着汽车上使用的电器增多,导线数量增多,为便于安装和检修,采用色线布置,色线分单色和双色线(如图 1-33 所示),双色线主色为基础色(2/3),辅色为环布导线的条色带或螺旋色带(1/3),且标注时主色在前,辅色在后。

线束,在汽车上,为了使线路布局清晰,安装方便和绝缘保护,汽车导线除高压线和蓄电池导线外,都用绝缘材料(如薄聚氯乙烯带)缠绕包扎成束,称为线束,如图 1-34 所示。

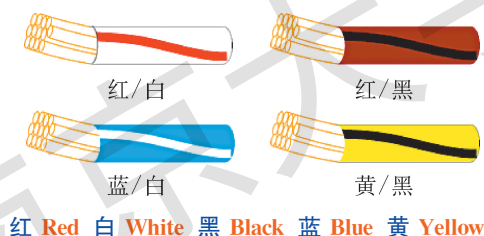


图 1-33 双色导线

Fig. 1-33 Two-color conductor

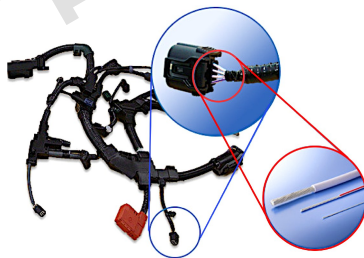


图 1-34 汽车线束

Fig. 1-34 Wire harness

汽车线路的连接常用到插接器,插接器可分以下两类:第一类是连接线束和电器元件;第二类是连接线束与线束。插接器如图 1-35 所示。

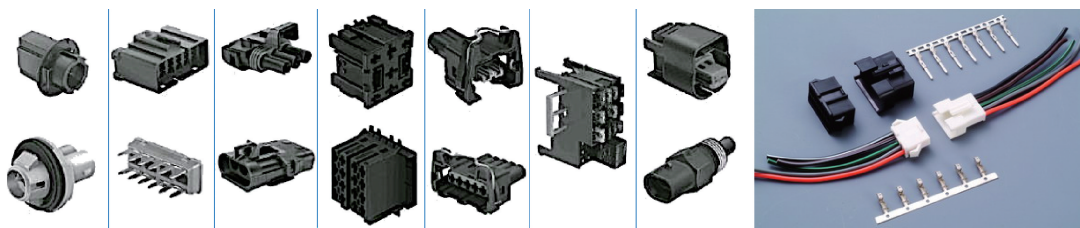


图 1-35 插接器

Fig. 1-35 Connectors



三、汽车电路的识读

不同品牌,不同车型电路图各具特点,但都同样具有上述五个基本组成部分。读懂电路图首先要理解电路的基本原理,其次要掌握汽车各个系统的基本组成和原理。比如空调系统,该系统由哪些元器件组成?这些元器件是如何连接的?如何实现其功能的?(如风扇转动需要由电动机带动,电机需要电源、搭铁、开关等形成回路)。最后根据各厂商的具体电路特点识读电路图。

识读电路图有以下注意要点和技巧:

(1) 分清三类电路:① 电源和搭铁线路,电流由蓄电池经配电盒或保险丝架后,如何到达用电器,用电器如何接地;② 控制线路,控制线路一般由控制单元发出,到各执行器,分清楚执行器的驱动信号线、供电线、搭铁线;③ 信号线路,汽车电路中常见为各种开关输入信号以及传感器的输入信号。

(2) 学会将电路化繁为简,所有线路均可以化简到电路的五个基本部分。

(3) 正确判断电路的串并联关系,搞清楚有无导线共用,搭铁共用等。

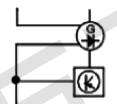
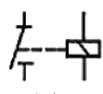
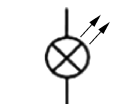
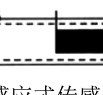
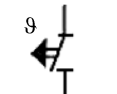
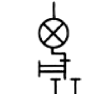
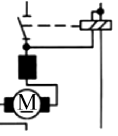
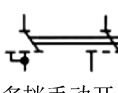
1. 大众车系电路图识读

大众汽车车型较多,电路图的表达方式相同或相近,只要读懂了任一车型的电路图以后,识读大众各类车型的电路图也就容易了。

(1) 大众汽车电路图符号

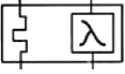
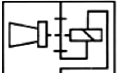
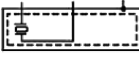
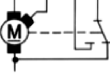
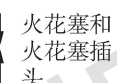
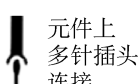
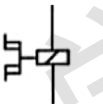
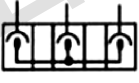
大众汽车电路图符号与实物对照见表 1-1,其中列举了部分元件的实物。

表 1-1 电路图符号与实物对照表
Tab. 1-1 Electrical symbol and material object

电路图符号	实物	电路图符号	实物	电路图符号	实物
 交流发电机		 继电器		 发光二极管	
 压力开关		 感应式传感器		 电阻	
 机械开关		 保险丝		 可变电阻	
 温控开关		 内部照明灯		 起动机	
 电机		 灯泡		 多挡手动开关	



续表

电路图符号	实物	电路图符号	实物	电路图符号	实物
 按键开关		 显示仪表		 氧传感器	
 电子控制器		 电磁阀		 喇叭	
 爆燃传感器		 双速电机		 蓄电池	
 扬声器		 插头连接		 火花塞和火花塞插头	
 点烟器		 元件上多针插头连接		 点火线圈	
 电热丝		 电磁离合器		 接线插座	

(2) 大众汽车元器件字母代号含义

元器件在电路图中是主体,用框图辅以相应的代号表示,通常用字母或字母加数字的组合对元器件进行标注,大众汽车字母代号含义见表 1-2。

表 1-2 大众汽车字母代号含义

Tab. 1-2 Volkswagen letters

字母代号	代号的含义	字母代号	代号的含义	字母代号	代号的含义
A	蓄电池	J	继电器、控制单元	T	插接器
B	起动机	K	指示灯类	U	点烟器、插座类
C	交流发电机	L	雾灯、开关/照明类	V	电动机类
C1	电压调节器	M	车外照明、信号类	W	车内照明类
D	点火开关	N	电磁线圈类	X	牌照灯
E	手动开关	P	火花塞插头	Y	模拟表、数字钟类
F	自动开关	Q	火花塞	Z	加热装置类
G	仪表、传感器类	R	收音机		
H	电喇叭类	S	保险丝类		



(3) 大众汽车电路接线代码说明

在大众汽车电路图中,电路元件的接线点都以接线代码的方式标注出来。这些代码无论在电路的何处出现,相同的代码都代表相同的接点。

图 1-36 中,起动机 B 上有两个接线代码分别为 30 与 50 的接点,而在点火开关 D 上也有代码 30 与 50 的两个接点。这两个元件的代码 30 与 30 之间是相连接的,30 号线表示常电源,直接与蓄电池正极相连接,不受点火开关的控制;代码 50 与 50 之间也是相连接的,50 号线是受点火开关控制的,只有在点火开关位于起动挡时,50 号线才得电并供给负载电路。

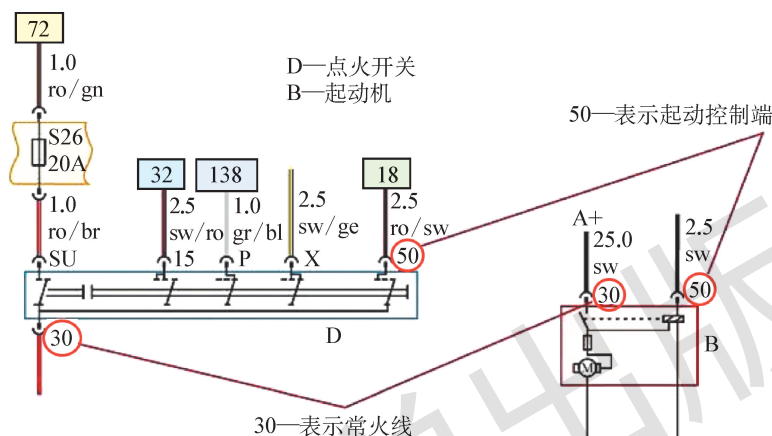


图 1-36 电路接线代码

Fig. 1-36 Wiring code

(4) 保险丝与继电器

大众车系中,保险丝与继电器多采用中央配电盒方式,如捷达、帕萨特、桑塔纳系列轿车等。

如图 1-37 所示,为桑塔纳轿车中央配电盒正面,它几乎集中了全部保险丝,中央配电盒安装在制动踏板上部,保险丝容量用不同的颜色加以区别,全车极少数保险丝设置在蓄电池附近。中央配电盒内也集中了几乎全部继电器。图 1-38 所示为中央配电盒反面,几乎全部主线束均从中央配电盒背面插接后通往各用电器,这样全车线束也都集中在驾驶室的仪表板附近。

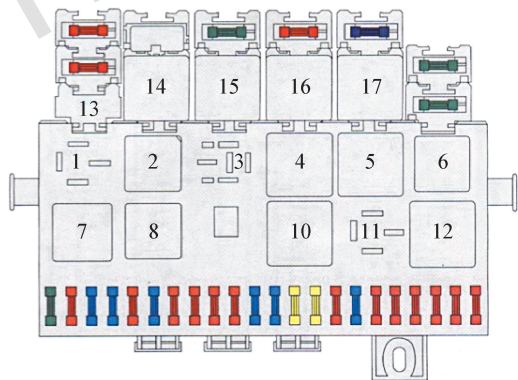


图 1-37 中央配电盒正面

Fig. 1-37 Front side of central distribution box

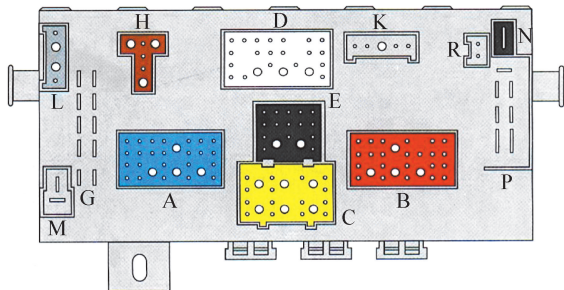


图 1-38 中央配电盒反面

Fig. 1-38 Back side of central distribution box



目前大众车系中,都采用车载电网控制单元 J519 作为中央配电盒。它具有供电端子控制、灯光控制、雨刮控制、转向信号控制、风挡玻璃加热、个性化设置等功能。图 1-39 所示为迈腾轿车的车载电网控制单元 J519。保险丝盒也自成一体,如图 1-40 所示。

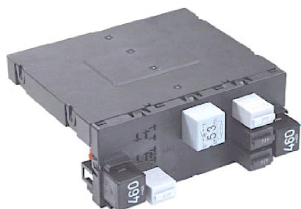


图 1-39 车载电网控制单元
Fig. 1-39 Power management unit

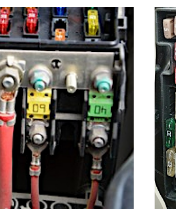


图 1-40 保险丝盒
Fig. 1-40 Fuse box

(5) 电路图中导线的说明

大众汽车电路图表达了两种性质的线路连接方式,即内部连线和外部接线,如图 1-41 所示。

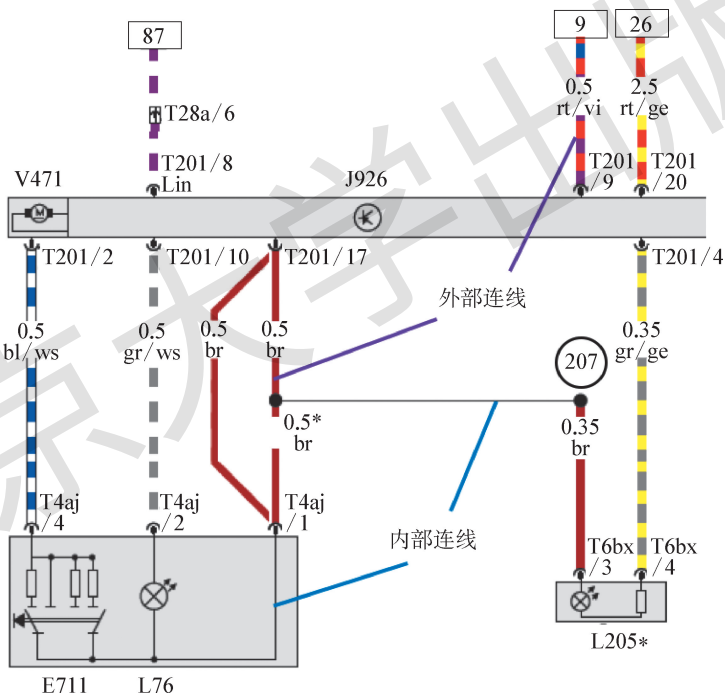


图 1-41 导线的说明
Fig. 1-41 Description of conductors

内部连线,在图中以细线画出,这部分连接是存在的,但线路是不存在的。标示线路只是为了说明这种连接关系,同时使电路图更加容易被理解。

外部接线,在电路中是真实存在的导线,用粗实线画出,每条线上都标注有导线的颜色和截面积。电路导线颜色用字母表示,大众汽车电路导线颜色标码说明见表 1-3。如果导线是双色的,则以两种颜色的字母共同标记,放在前面的是主色,后面的是辅助色,如 sw/ge、gr/ws 等。导线的截面积以数字标示在导线颜色旁边,单位是 mm^2 。



Tab. 1 – 3 Conductor color description of Volkswagen

缩写	颜色	色标	缩写	颜色	色标
sw	黑色		gn	绿色	
br	褐色		bl	蓝色	
ro 或 rt	红色		vi 或 li	紫色	
or	橘黄色		gr	灰色	
rs	粉红色		ws	白色	
ge	黄色				

大众电路图结构如图 1-42 所示。

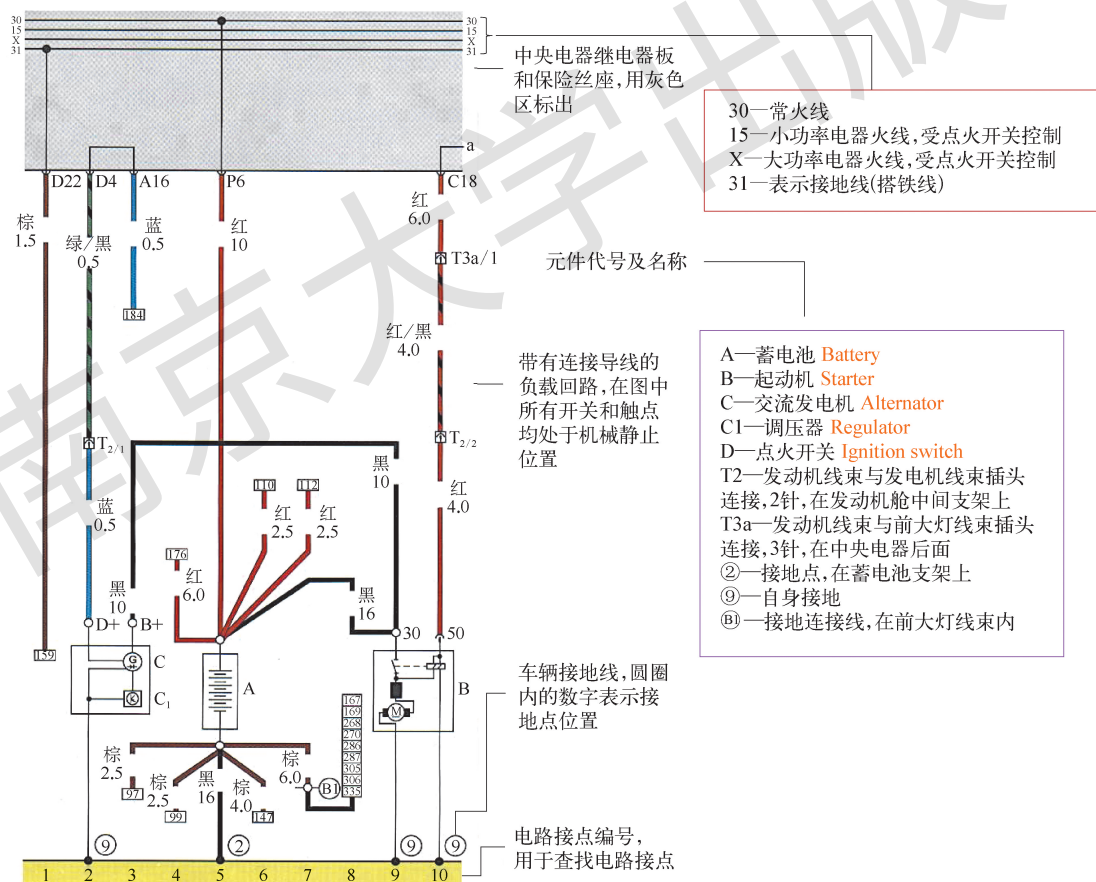


Fig. 1 - 42 **Circuit placement**



② 电路图含义说明

以桑塔纳 2000 喷油器控制电路为例说明大众车系电路图的含义,如图 1-43 所示。图中各部分含义如下:

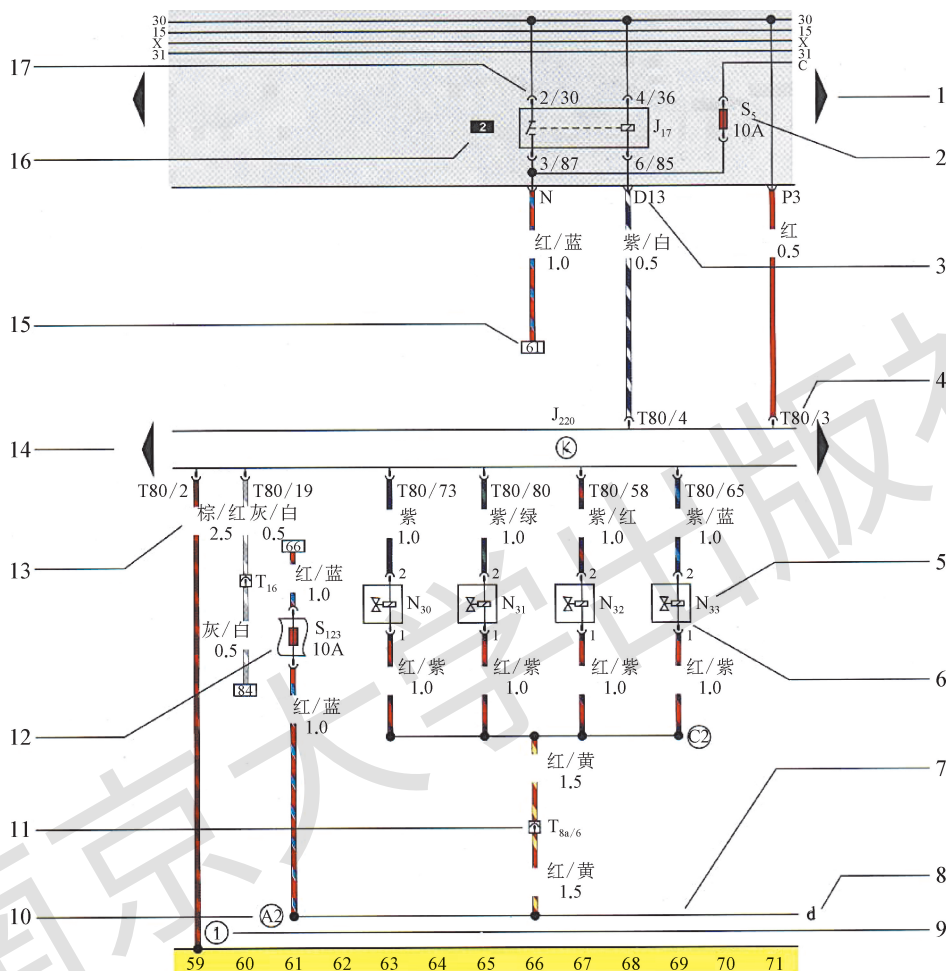


图 1-43 电路图例

Fig. 1-43 Wiring diagram description

- 1——三角箭头:表示下下一页电路图。
- 2——保险丝代号:图中 S5/10 A 表示该保险丝位于保险丝座 5 号位,10 安培。
- 3——继电器板上(中央配电盒)插头连接代号:表示多针或单针连接和导线的位置,例如 D13 表示多针插头连接,D 区域的 13 号针脚。
- 4——接线端子代号:表示电器元件上接线端子数/多针插头连接针脚号码,如 T80/3 表示 80 个接线端子中的第 3 号针脚。
- 5——元件代号:在电路图图注中可以查到元件名称。
- 6——元件的符号:可参见电路图符号说明。
- 7——内部接线(细实线):该接线并不是作为导线设置,而是表示元件或导线束内部的



电路。

8——指示内部接线的去向:字母表示内部接线在下一页电路图中与标有相同字母的接线相连。

9——接地点的代号:在电路图图注中可查到该代号接地点在汽车上的位置。

10——线束内连接线的代号:在图注中可查到该不可拆卸式连接位于哪个导线束内。

11——插头连接:例如 T8a/6 表示 8 针 a 插头第 6 号针脚。

12——附加保险丝符号:例如 S123/10 A 表示在中央配电盒附加继电器板上第 23 号保险丝,10 安培。

13——导线的颜色和截面积(单位: mm^2):见表 1-3 的相关说明。

14——三角箭头:指示元件接续上一页电路图。

15——指示导线的去向:框内的数字指示导线连接到哪个接点编号,如图 1-44 所示。

16——继电器位置编号:表示继电器板上继电器位置编号。

17——继电器板上的继电器或控制器接线代号:该代号表示继电器多针插头的各个针脚,如图 1-45 所示。例如 2/30 中 2 表示继电器板上 2 号继电器的 2 号脚,30 表示继电器/控制器的 30 号端子。

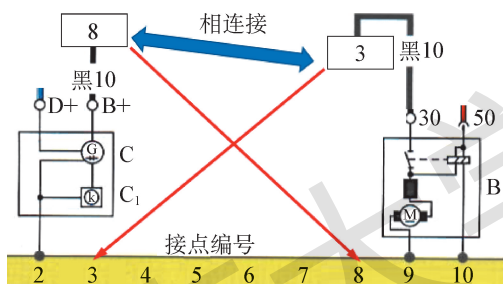


图 1-44 指示码的含义

Fig. 1-44 Indicator code description

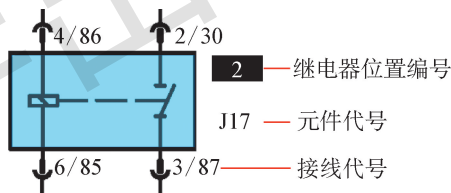


图 1-45 继电器相关含义

Fig. 1-45 Relay description

③ 指示导线读图方法

大众电路图中,某些导线因画图幅面或不交叉原则而未画完整,在断开处会有一个方框,内有数字编码,称为指示代码,以图 1-44 所示为例。其读图方法如下:第一步,遇到指示代码 8 垂直向下,在地址栏中找到接点编号 3;第二步,根据指示代码 8 在地址栏中找到相同的接点编号 8;第三步,在接点编号 8 处垂直向上,找到指示代码 3。指示代码 8 与 3 对应的导线,即为相连接的同一根导线。

2. 日系汽车电路图识读

不同车系电路图表达方式、布局等差异较大,但电路识读的方法大同小异,在读懂了大众车系电路图以后,识读日系车的电路图也就容易了。本书以丰田卡罗拉车型为例分析识读电路方法。

(1) 丰田汽车电路图符号

丰田汽车的电路图符号和术语如图 1-46 所示。

(2) 丰田汽车线路颜色

丰田汽车导线配色如图 1-47 所示。



蓄电池	接地	保险丝 (中等强度电流保险丝)	分接电阻	点火开关
电容器 (冷凝器)	喇叭	熔线 (高电流强度保险丝或熔线)	电阻, 可调的或变阻的	
点烟器	点火线圈	前照灯	传感器(热敏电阻)	刮水器停止开关
断路器	灯	1. 单丝	传感器速度 (舌簧开关型)	变速器
二极管	LED(光电二极管)	2. 双丝	短销	配线 (1) 否 连接
稳压二极管	马达	继电器	电磁线圈	(2) 绞接
光敏二极管	模拟式仪表	1. 常闭	扬声器	手动开关
分配器, IIA	数字仪表	2. 常开	双掷开关	1. 常闭
	燃料	电阻		2. 常开

图 1-46 丰田汽车电路符号

Fig. 1-46 Toyota electrical symbol

B	黑色	BR	棕色	L - Y (蓝色) (黄色) 第一个字母代表线路底色, 第二个字母代表条纹颜色。
G	绿色	GR	灰色	
L	蓝色	LG	淡绿色	
O	橙色	P	粉红	
R	红色	V	蓝紫色	
W	白色	Y	黄色	
SB	天蓝色			

图 1-47 丰田汽车导线的颜色

Fig. 1-47 Colors of Toyota conductors

(3) 丰田汽车电路识读

以卡罗拉制动灯电路为例说明丰田电路图的含义,如图 1-48 所示。

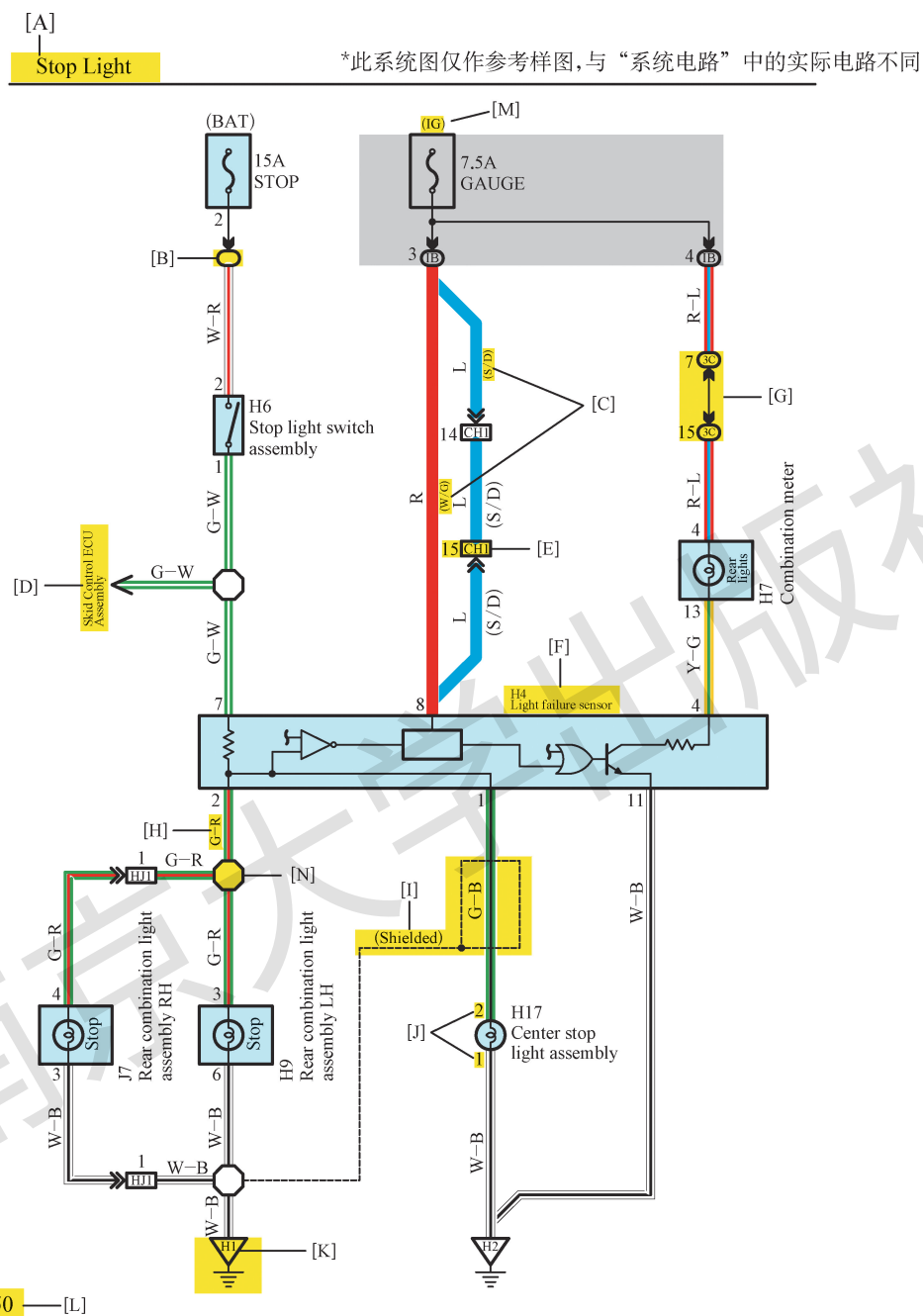


图 1-48 丰田汽车电路图例

Fig. 1-48 Toyota wiring diagram description

[A]——系统名称。

[B]——表示继电器盒,无阴影表示仅显示继电器盒号以区别接线盒。如图 1-49 所示,①表示 1 号继电器盒。

[C]——当车辆型号、发动机类型或规格不同时,用()来表示不同的配线和连接器。



[D]——表示相关系统。

[E]——表示用以连接两根线束的(阳或阴)连接器的代码,如图 1-50 所示。该连接器代码由两个字母和一个数字组成。连接器代码的第一个字符表示指示带阴连接器的线束的字母代码,第二个字符表示带阳连接器的线束的字母代码。第三个字母表示在出现多种相同的线束组合时,用于区分线束组合的系列号(如 CH1 和 CH2)。符号(♂)表示阳端子连接器。连接器代码外侧的数字表示阳连接器或阴连接器的引脚编号。

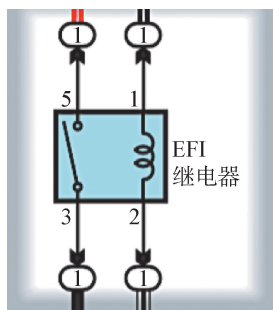


图 1-49 继电器盒

Fig. 1-49 Relay block

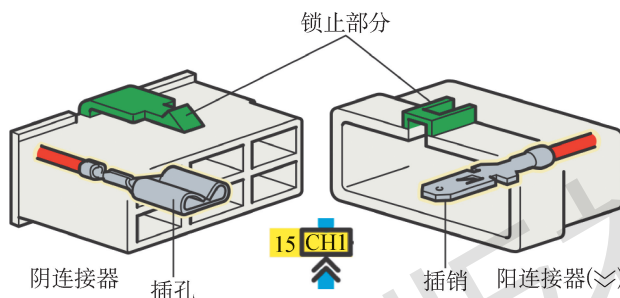
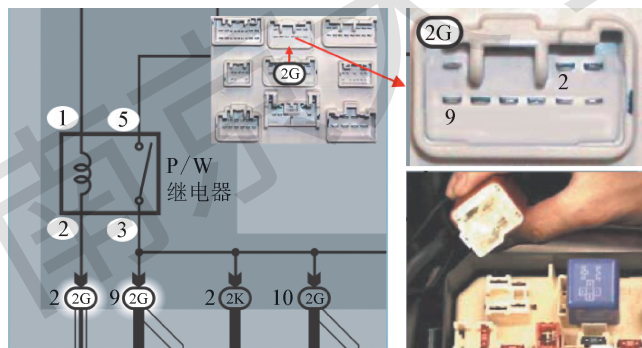


图 1-50 线束连接器

Fig. 1-50 Wire harness connector

[F]——表示零件(所有零件用天蓝色表示)。此代码与零件位置图中所用的代码相同。图 1-48 中 H4 表示零件代码,Light failure sensor 表示零件名称。

[G]——表示接线盒(圈内的数字是接线盒号,旁边为连接器代码)。接线盒用阴影标出,以便将它与其他零件清楚地区别开来。接线盒含义如图 1-51 所示。



1—②G 中 2 表示接线盒号码,字母 G 表示连接器代码;2、9 表示连接器插脚号
2—①②③⑤表示 P/W 继电器插脚号

图 1-51 接线盒含义

Fig. 1-51 Junction block

[H]——表示导线颜色,如图 1-47 所示。

[I]——表示屏蔽电缆。

[J]——表示连接器引脚的编号。读取方式如图 1-52 所示。

[K]——表示搭铁点。该代码由两个字符组成,第一个字符表示线束代码,第二个字符表示在同一线束有多个搭铁点时作区别用的系列号,如图 1-53 所示。

[L]——表示页码。

[M]——表示保险丝通电时的点火开关位置。

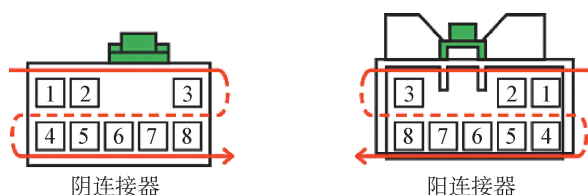


图 1-52 连接器编号

Fig. 1-52 Connector blocks



H—表示线束代码

1、2—表示不同的搭铁点位置

图 1-53 搭铁点编号

Fig. 1-53 Ground points

[N]——表示配线接点,接合点不通过连接器直接与线路相连。例如 $\textcircled{B7}$,B7 表示接点代码。



任务实施

一、大众电路图的拆画

为了弄清某个系统电路的工作原理,常需要从整车电路图中拆出某个需要研究的系统电路,将重点部位进行放大、绘制并加以说明,以便更好地理解电路,分析和检修汽车电路故障。桑塔纳 2000 部分电路如图 1-54 所示。从中拆画的起动电路如图 1-55 所示。

汽车电路识读与拆画方法如下:

(1) 化整为零,分系统、分元件进行分析。按照整车电路系统的功能和工作原理,把整车电气系统划分成若干独立的电路系统,按系统进行分析。

(2) 掌握系统功用、技术参数等。在分析某个电路系统前,要清楚该电路中所包括的各部件的功能和作用、技术参数等。例如电路中的各种自动控制开关在什么条件下闭合或断开。

(3) 掌握回路原则。在阅读和拆画电路图时,应掌握回路原则,即电路中工作电流是由电源正极流出,经用电设备后流回电源负极。

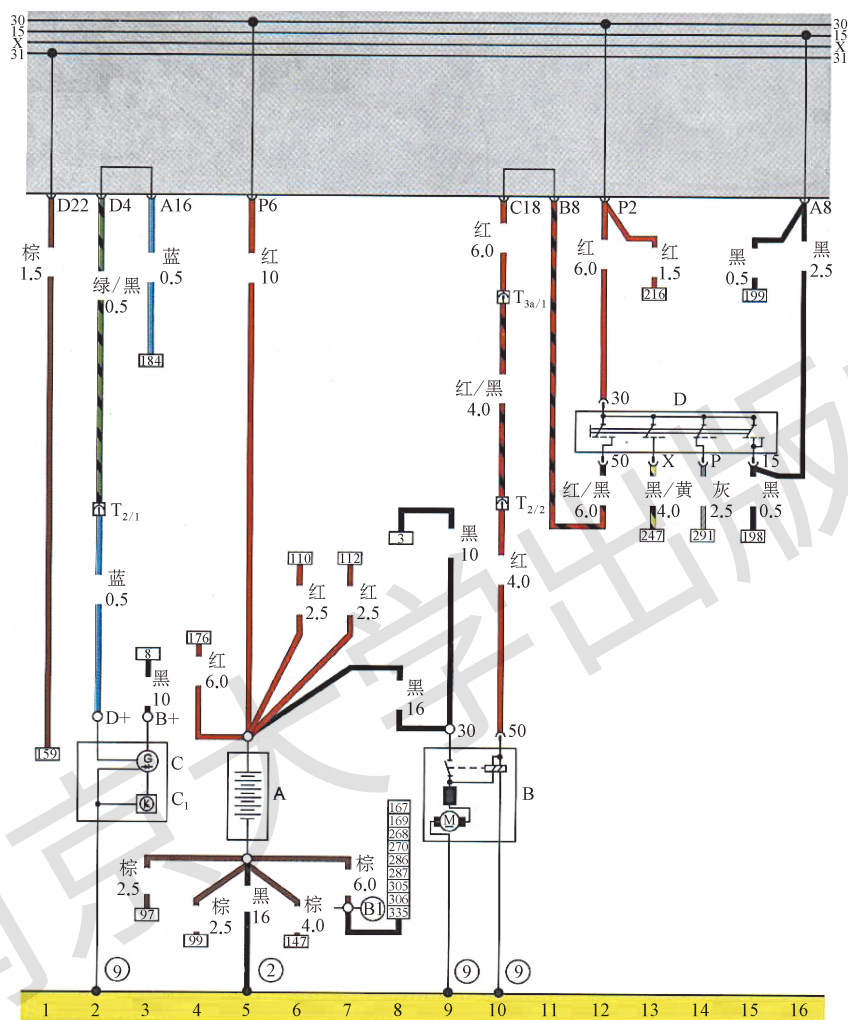
(4) 按操纵开关的功能及不同工作状态来分析电路的工作原理。如点火系供电,点火开关应处于点火挡或起挡。在标准画法的电路图中,开关总是处于零位,即断开状态。

(5) 含线圈、触点的继电器的处理。阅读和拆画电路图时,把含有线圈和触点的继电器看成是由线圈工作的控制电路和触点工作的主电路两部分。主电路中的触点只有在线圈电路中有工作电流流过后才能动作。在电路图中画出的是继电器线圈处于失电状态。

(6) 正确判断接点标记、线型、色码标志等。要正确绘制接点标记、线型和色码标记。

(7) 看懂标题栏及技术说明。

(8) 按上述方法分析完电路后,合理布局,去除与该系统无关的多余部分电路,完成电路拆画。



A—蓄电池

B—起动机

C—交流发电机

C1—调压器

D—点火开关

T2—发动机线束与发电机线束插头连接, 2针, 在发动机舱中间支架上

T3a—发动机线束与前大灯线束插头连接, 3针, 在中央电器后面

②—接地点, 在蓄电池支架上

⑨—自身接地

ⓑ—接地连接线, 在前大灯线束内

图 1-54 桑塔纳 2000 部分电路图

Fig. 1-54 Circuit diagram of Santana 2000

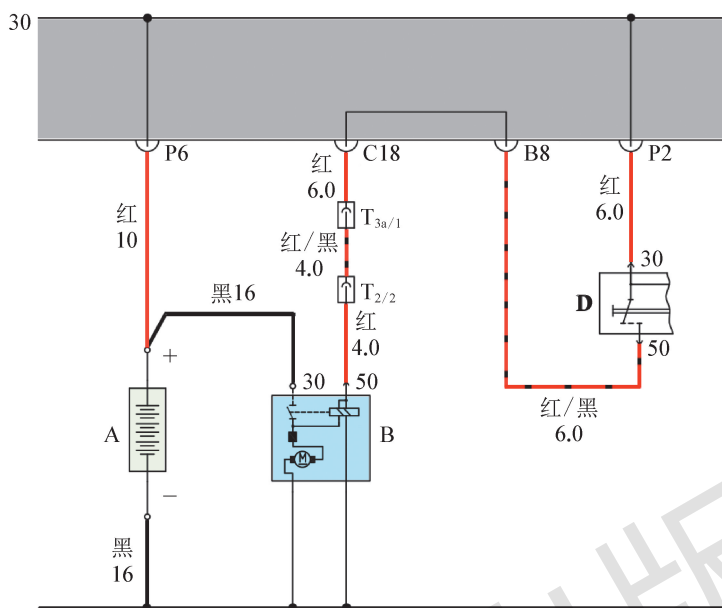


图 1-55 起动电路拆画

Fig. 1-55 Starter system diagram

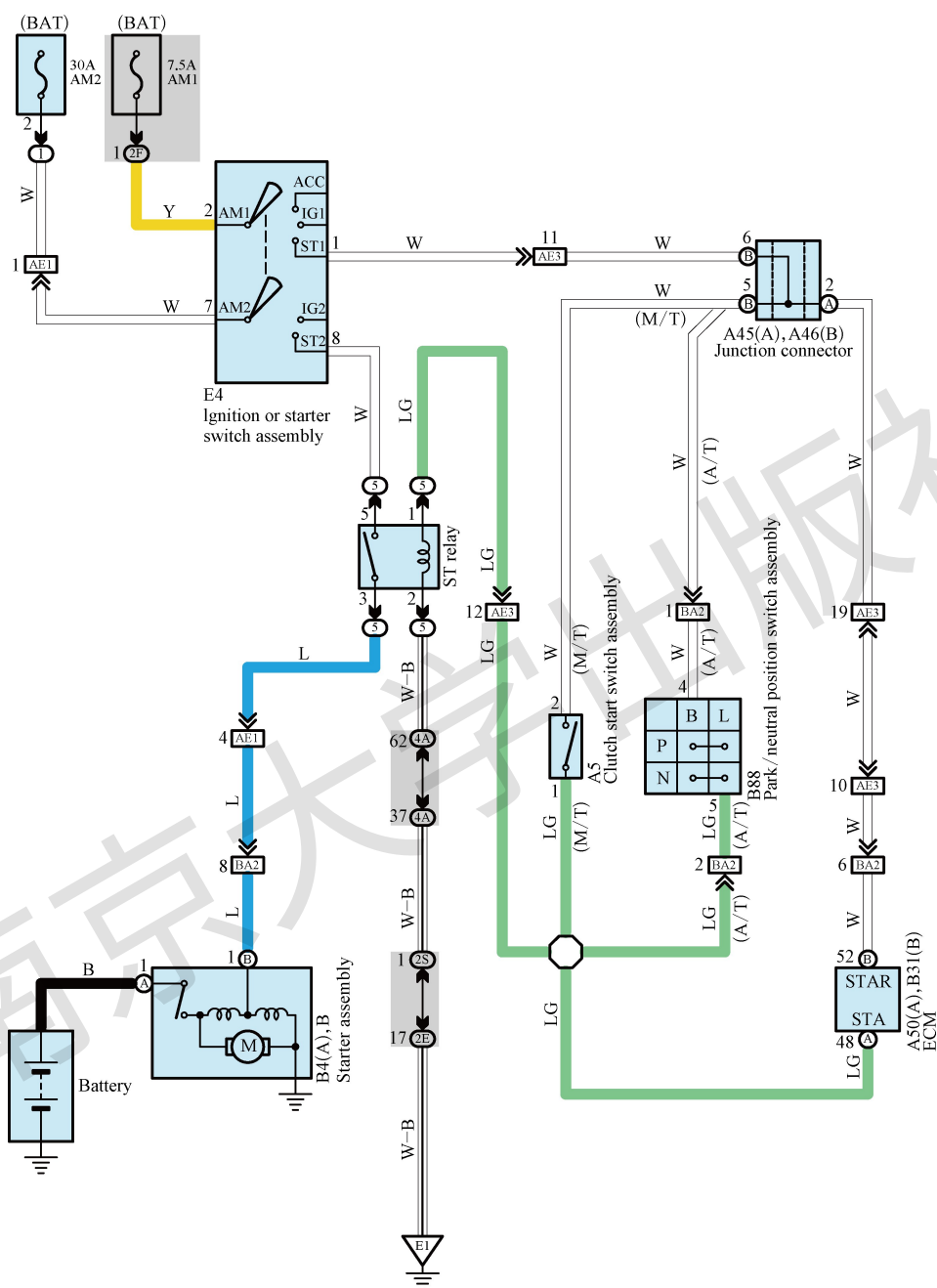
二、丰田卡罗拉起动电路识读

分析起动系统的基本组成和工作原理,思考驾驶汽车时是如何起动的:对于自动挡的车,换挡杆要在P挡或N挡(有些车需要踩住刹车),再用钥匙起动;对于手动挡汽车,在空挡或低挡位,同时踩住离合器才能起动。这就说明汽车要起动,必须要有挡位信号(刹车信号)、离合器开关信号等。再看电路图就能主动去找到这些电路。图1-56所示为卡罗拉非一键起动系统的起动机控制电路。

1. 驻车/空挡开关信号识别

起动机由点火开关控制,发动机控制单元负责识别驻车/空挡开关信号和起动信号。接通点火开关,发动机控制单元通过端子STAR输出12V电压,若换挡杆处于P挡和N挡以外的挡位,驻车/空挡开关断开,发动机控制单元端子STAR上的电压为12V,发动机控制单元依此判定换挡杆位于P挡和N挡以外的挡位;若换挡杆位于P挡或N挡,驻车/空挡开关闭合,发动机控制单元端子STAR、连接器、驻车/空挡开关和起动继电器形成回路,此时发动机控制单元端子STAR内部串联的电阻产生压降,发动机控制单元端子STAR实际得到的电压小于2.7V,即起动继电器得到的供电小于2.7V,发动机控制单元依此判定换挡杆位于P挡或N挡。由此可知,发动机控制单元通过端子STAR上的电压识别换挡杆是否位于P挡或N挡。

发动机控制单元识别的驻车/空挡开关状态通过发动机数据流中的“Neutral position SW signal”(空挡位置开关信号)显示,正常情况下,接通点火开关,当换挡杆位于P挡或N挡时,该项数据为“ON”,否则为“OFF”。



蓄电池 Battery(BAT) 点火(启动)开关总成 Ignition or starter switch assembly 起动继电器 ST relay
 起动机总成 Stater assembly 连接器 Junction connector 离合器启动开关总成 Clutch start switch assembly
 驻车/空挡位置开关总成 Park/neutral position switch assembly 发动机控制单元 ECM

图 1-56 丰田卡罗拉起动系统

Fig. 1-56 Toyota Carola starter system



2. 起动信号监测

当换挡杆位于 P 挡或 N 挡时,将点火开关旋至起动挡(点火开关端子 AM1 与端子 ST1 接通),发动机控制单元端子 STAR 得到 12 V 电压,“Neutral position SW signal”为“OFF”;发动机控制单元端子 STA 也得到 12 V 电压,“Starter signal”(起动信号)为“ON”,起动继电器也得到 12 V 电压,起动继电器吸合,起动机工作。由此可知,发动机控制单元通过端子 STA 监测起动继电器电磁线圈的供电,以判断起动机的工作情况,当发动机控制单元端子 STA 上的电压为 12 V 时,发动机控制单元便认为起动机工作了。

由上述分析可知,发动机控制单元通过端子 STAR 监测驻车/空挡开关状态,通过端子 STA 监测起动信号,“Starter signal”数据只有在起动的过程中才为“ON”,其他时间均为“OFF”;“Neutral position SW signal”数据在接通点火开关时为“ON”,在起动的过程中为“OFF”,起动结束后又为“ON”。

在故障诊断时,可通过查看发动机数据流中的“Starter signal”数据和“Neutral position SW signal”数据快速判断故障点。

3. 起动机控制电路

控制电路一:蓄电池正极(BAT)→7.5 A/AM1 保险丝→点火开关端子 2(AM1)→点火开关端子 1(ST1)→连接器⑥6→连接器⑥5→驻车/空挡开关(离合器起动开关)→起动继电器端子 1→起动继电器端子 2→接地点 E1→蓄电池负极。此时,起动继电器线圈通电,触点闭合,起动继电器端子 5 和 3 导通。

控制电路二:蓄电池正极(BAT)→30 A/AM2 保险丝→点火开关端子 7(AM2)→点火开关端子 8(ST2)→起动继电器端子 5→起动继电器端子 3→起动机⑧1。

4. 起动机主电路

蓄电池正极→起动机①1→电磁开关→直流电机→起动机外壳搭铁→蓄电池负极。



项目导入

我们要坚持教育优先发展、科技自立自强、人才引领驱动,加快建设教育强国、科技强国、人才强国,坚持为党育人、为国育才,全面提高人才自主培养质量,着力造就拔尖创新人才,聚天下英才而用之。

汽车电源系统是由交流发电机、电压调节器、蓄电池等组成。电源系统的作用是供给全车用电设备的电力需要,其中蓄电池主要用于发动机起动时短时间内向起动机及点火系统供电;发动机正常工作时则由发电机向全车用电设备供电,同时剩余的电力向蓄电池充电,保证蓄电池拥有足够的电力;电压调节器在发电机上保证其输出的电压稳定在一定范围内,防止因电压起伏过大而烧毁用电设备。

任务1 蓄电池的结构与检修

学习目标



- 熟悉蓄电池各组成部分的结构;
- 理解蓄电池的工作原理;
- 熟练使用工具、仪器对蓄电池进行检测;
- 了解不同类型蓄电池的特点;
- 培育创新文化,弘扬科学家精神。

相关知识



一、蓄电池的作用

蓄电池是汽车上的两个电源之一,它是一种可逆直流电源,在汽车上与发电机并联,主要作用是:

- (1) 发动机起动时,向起动机和点火系统供电。



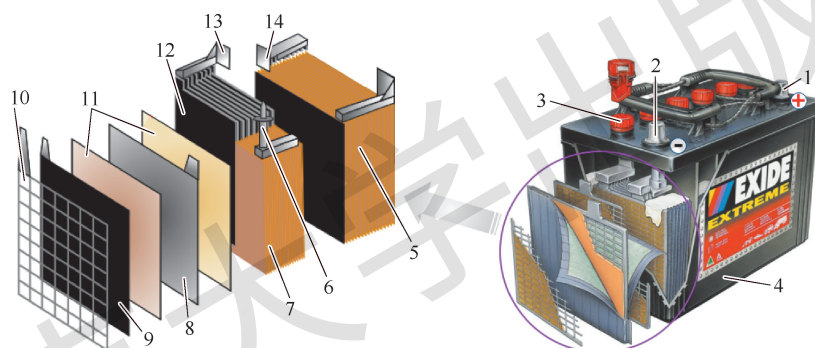
- (2) 发电机不发电或电压较低时,向用电设备供电。
- (3) 当用电设备同时接入较多使得发电机超载时,协助发电机供电。
- (4) 当发电机的端电压高于蓄电池的电动势时,它可将电能转变为化学能储存起来。
- (5) 此外,蓄电池还相当于一个容量很大的电容器,在发电机转速和用电负载发生较大变化时,可保持汽车电网电压相对稳定。蓄电池还可吸收电网中随时出现的瞬间过电压,以保护用电设备尤其是电子元器件不被损坏,这一点对装有大量电子系统的汽车是非常重要的。

二、蓄电池的结构

蓄电池的种类很多,本节只介绍铅酸蓄电池,并简称为蓄电池。蓄电池的核心部分是极板和电解液,蓄电池建立电动势、放电和充电就是通过极板上的活性物质与电解液的电化学反应实现的。

如图 2-1 所示,为 12 V 蓄电池的结构图。它由 6 个单体电池组成。每个单体内均盛装有电解液,插入正、负极板组便成为单体电池。每个单体电池的标称电压为 2 V,将 6 个单体电池串联后便成为一只 12 V 蓄电池总成。

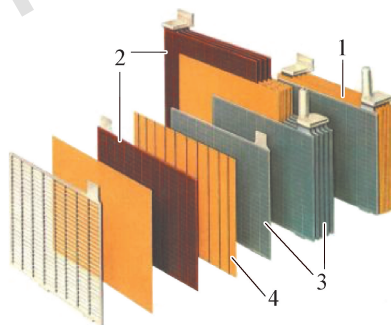
蓄电池主要由极板、隔板、外壳、电解液、极桩等组成。



1—正极桩 Positive 2—负极桩 Negative 3—排气阀 Valve 4—壳体 Container 5—极板组 Plate block
6—负极柱 Negative pole 7—负极板组 Negative plate pack 8—负极板 Negative plate 9—正极板 Positive plate
10—格栅板 Grid plate 11—多孔隔板 Separator 12—正极板组 Positive plate pack
13—正极板联条 Positive cell connection 14—负极板联条 Negative cell connection

图 2-1 蓄电池的结构

Fig. 2-1 Structure of the battery



1—极板组 Plate block 2—正极板 Positive plate
3—负极板 Negative plate 4—隔板 Separator

图 2-2 极板与极板组

Fig. 2-2 Plate & plate block

1. 极板和极板组

极板是蓄电池的核心,分正极板和负极板两种,均由栅架和填充在其上的活性物质构成。蓄电池充、放电过程中,电能和化学能的相互转换是依靠极板上活性物质和电解液的化学反应来实现的。正极板上的活性物质是二氧化铅(PbO_2),呈深棕色。负极板上的活性物质是海绵状纯铅(Pb),呈青灰色。蓄电池极板如图 2-2 所示。

为了增大蓄电池的容量,将多片正极板和负极板各自用横板焊接并联起来,组成正极板

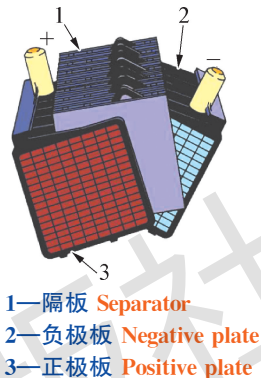


组和负极板组。将正、负极板相互嵌合(中间用隔板隔开)的极板组置于存有电解液的容器中,就构成了单格电池。

每个单格电池的正极板总比负极板少一片,这是为了使每片正极板都置于两片负极板之间,使之两面的放电均匀。因为正极板上的活性物质比较疏松,若单面放电,容易造成极板拱曲而使活性物质脱落。

2. 隔板

正、负极板安装应尽量靠近,以减小蓄电池的外形尺寸。为了避免正、负极板彼此接触而造成短路,正、负极板间用绝缘的隔板隔开。隔板应具有多孔性,以利于电解液渗透。此外,隔板材料还应具有良好的耐酸性和抗氧化性。常用的隔板材料有木质、微孔橡胶、微孔塑料(聚氯乙烯、酚醛树脂)、玻璃纤维等,以微孔塑料隔板使用最为普遍。近年来出现了袋状的微孔塑料隔板,它将正极板紧紧地套在里面,可防止正极板活性物质的脱落。图 2-3 所示为铅蓄电池隔板。



1—隔板 Separator
2—负极板 Negative plate
3—正极板 Positive plate

图 2-3 隔板

Fig. 2-3 Separator

在组装时,隔板有沟槽的一面应朝向正极板,在充、放电时正极板附近的电化学反应比负极板激烈,沟槽能保证电解液上下流通,密度均匀。

3. 壳体

蓄电池的外壳是用来盛放电解液和极板组的,如图 2-4 所示。外壳应耐酸、耐热、耐震。以前外壳多用硬橡胶制成。现在普遍采用聚丙烯塑料外壳。这种壳体不但耐酸、耐热、耐震,而且强度高,壳体壁较薄、重量轻、外形美观。

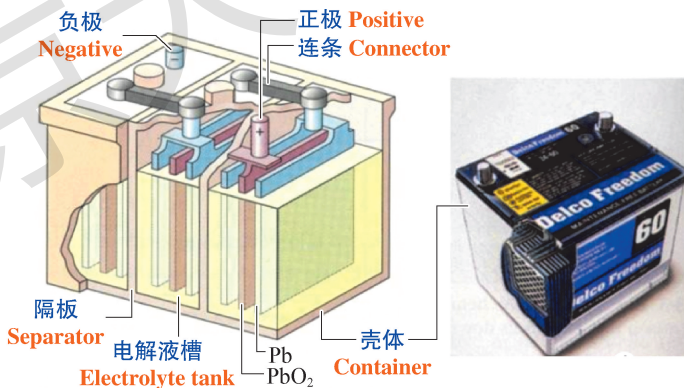


图 2-4 蓄电池壳体结构

Fig. 2-4 Structure of the container

壳体底部的凸筋是用来支持极板组的,并可使脱落的活性物质掉入凹槽中,以免正、负极板短路。若采用袋式隔板,则可取消凸筋以降低壳体高度。

4. 电解液

电解液是蓄电池内部发生化学反应的主要物质,由化学纯净硫酸和蒸馏水按一定的比例配制而成。



电解液的纯度和密度对蓄电池寿命和性能影响极大,如用工业硫酸和非蒸馏水配制,将带进有害物质(如铁、盐酸、锰、硝酸、铜、砷、醋酸及有机化合物等)而引起蓄电池内部自行放电,减少蓄电池容量。电解液密度低,冬季易结冰;电解液密度大,可以减少冬季结冰的危害,同时可使蓄电池电动势增高,但若密度过大,则电解液黏度增加,蓄电池内阻增大,同时将加速隔板、极板的腐蚀而使其使用寿命缩短。电解液的密度一般为 $1.24 \sim 1.31 \text{ g/cm}^3$ 。

三、蓄电池的工作原理

蓄电池是由浸渍在电解液中的正极板[二氧化铅(PbO_2)]和负极板[海绵状纯铅(Pb)]组成,电解液是硫酸(H_2SO_4)的水溶液。当蓄电池和负载接通放电时,正极板上的 PbO_2 和负极板上的 Pb 都变成 PbSO_4 ,电解液中的 H_2SO_4 减少,相对密度下降。充电时按相反的方向变化,正、负极板上的 PbSO_4 分别恢复成原来的 PbO_2 和 Pb ,电解液中的硫酸增加,相对密度变大。

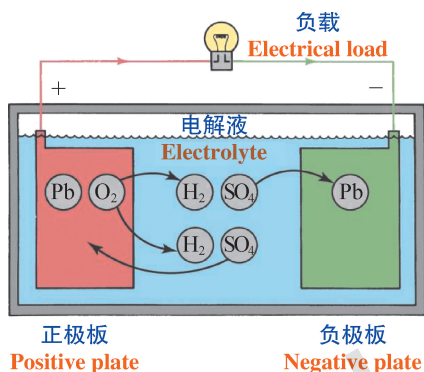


图 2-5 蓄电池放电
Fig. 2-5 Battery discharge

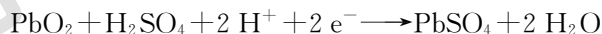
1. 放电过程

铅酸蓄电池放电时,在蓄电池的电位差作用下,负极板上的电子经负载进入正极板形成电流 I ,同时在电池内部进行化学反应,如图 2-5 所示。

负极板:铅原子放出两个电子后,生成的铅离子(Pb^{+2})与电解液中的硫酸根离子(SO_4^{-2})反应,在极板上生成难溶的硫酸铅(PbSO_4)。反应方程式如下:



正极板:铅离子(Pb^{+4})得到来自负极的两个电子(2e^-)后,变成二价铅离子(Pb^{+2})与电解液中的硫酸根离子(SO_4^{-2})反应,在极板上生成难溶的硫酸铅(PbSO_4)。正极板水解出的氧离子(O^{-2})与电解液中的氢离子(H^+)反应,生成稳定物质水。反应方程式如下:



电解液中存在的硫酸根离子(SO_4^{-2})和氢离子(H^+)在电力场的作用下分别移向电池的正、负极,在电池内部形成电流,整个回路形成,蓄电池向外持续放电。

放电时 H_2SO_4 浓度不断下降,正、负极上的硫酸铅(PbSO_4)增加,电池内阻增大(硫酸铅不导电),电解液浓度下降,电池电动势降低。

2. 充电过程

充电时,外接一充电机,使正、负极板在放电后生成的物质恢复成原来的活性物质,并把外界的电能转变为化学能储存起来,如图 2-6 所示。

正极板:在外界电流的作用下,硫酸铅被离解为二价铅离子(Pb^{+2})和硫酸根负离子(SO_4^{-2}),由于外电源

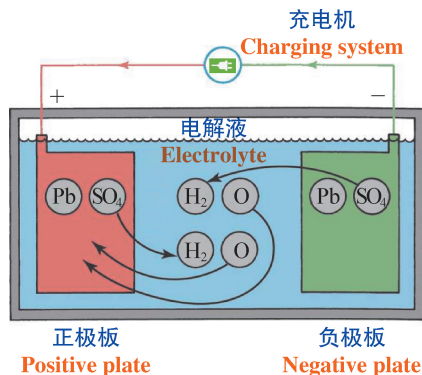
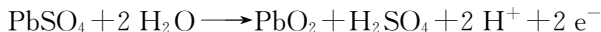


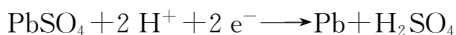
图 2-6 蓄电池充电
Fig. 2-6 Battery charge



不断从正极吸取电子,则正极板附近游离的二价铅离子(Pb^{+2})不断放出两个电子来补充,变成四价铅离子(Pb^{+4}),并继续反应,最终在正极极板上生成二氧化铅(PbO_2)。反应方程式如下:



负极板:在外界电流的作用下,硫酸铅被离解为二价铅离子(Pb^{+2})和硫酸根负离子(SO_4^{-2}),由于负极不断从外电源获得电子,则负极板附近游离的二价铅离子(Pb^{+2})被中和为铅(Pb),并以绒状铅附在负极板上。反应方程式如下:



电解液中,正极不断产生游离的氢离子(H^+)和硫酸根离子(SO_4^{-2}),负极不断产生硫酸根离子(SO_4^{-2}),在电场的作用下,氢离子向负极移动,硫酸根离子向正极移动,形成电流。

充电后期,在外电流的作用下,溶液中还会发生水的电解反应。

四、蓄电池的型号

1. 国家标准蓄电池

以型号为 6-QAW-54a 的蓄电池为例,说明如下:

- (1) 6 表示由 6 个单格电池组成,每个单格电池电压为 2 V,即额定电压为 12 V;
- (2) Q 表示蓄电池的用途,Q 为汽车起动用蓄电池、M 为摩托车用蓄电池、JC 为船舶用蓄电池、HK 为航空用蓄电池、D 表示电动车用蓄电池、F 表示阀控型蓄电池;
- (3) A 和 W 表示蓄电池的类型,A 表示干荷型蓄电池,W 表示免维护型蓄电池,若不标表示普通型蓄电池;
- (4) 54 表示蓄电池的额定容量为 54 A·h(充足电的蓄电池,在常温以 20 h 率放电电流放电 20 h 对外输出的电量);
- (5) a 表示对原产品的第一次改进,名称后加 b 表示第二次改进,依次类推。

注:

- ① 型号后加 D 表示低温起动性能好,如 6-QA-110D。
- ② 型号后加 HD 表示高抗震型。
- ③ 型号后加 DF 表示低温反装,如 6-QA-165DF。

2. 德国 DIN 标准蓄电池

其型号由 5 个数字组成,分为前、后两部分,中间由空格隔开。

- (1) 前 3 个数字表示蓄电池的额定电压和容量,后两个数字表示蓄电池的特殊性能;
- (2) 3 个单格蓄电池首位数字基数为“0”,6 个单格蓄电池首位数字基数为“5”;当额定容量超过 100 A·h 后,每增加 100 A·h,首位数字要加“1”;
- (3) 第二、三位数字表示蓄电池的额定容量的十位数和个位数。如:098 11,额定电压为 6 V、额定容量为 98 A·h;135 12,额定电压为 6 V、额定容量为 135 A·h;554 15MF,额定电压为 12 V、额定容量为 54 A·h、MF 表示免维护型。

3. 美国 BCI 标准蓄电池

按 BCI 标准生产的蓄电池,型号由两组数字组成,中间由“-”隔开。第一组数字表示蓄



电池的组号(外形尺寸);第二组数字表示蓄电池的低温起动电流值。

以型号 58-430 的蓄电池为例:

(1) 58 表示蓄电池尺寸组号。

(2) 430 表示冷起动电流为 430 A。



一、蓄电池的电压测试

1. 静态电压检测

若蓄电池刚充过电或车辆刚行驶过,应接通前照灯远光 30 s,消除“表面充电”现象,然后熄灭前照灯,切断所有负载,用万用表测量蓄电池的开路电压。若测得的电压低于 12 V,说明蓄电池过量放电,需要补充充电;若测得的电压在 12.2~12.5 V 之间,属于部分放电状态;若电压大于 12.5 V,说明蓄电池电量充足。静态电压测量方法如图 2-7 所示。



图 2-7 蓄电池静态电压测量

Fig. 2-7 Voltage test

2. 起动电压检测

(1) 就车检测

将万用表调至电压挡,红、黑表笔连接蓄电池正、负极,起动发动机,观察万用表在起动瞬间的电压值。若电压在 10.6~11.6 V 之间,说明电量充足;若电压在 9.6 V 以上,说明电池性能良好。

(2) 蓄电池检测仪检测

高率放电计检测:将 12 V 高率放电计的两个放电针压在蓄电池正、负极桩上,保持 2~3 s,观察指针的所处的区域。若在绿色区域,说明蓄电池状态良好;若处于黄色区域,蓄电池需要补充充电;若在红色区域,该蓄电池需要修复或更换。

高率放电计的测量是一个模拟发动机起动的大电流放电的过程,因此,每次测量时间不能超过 5 s。高率放电计如图 2-8 所示。

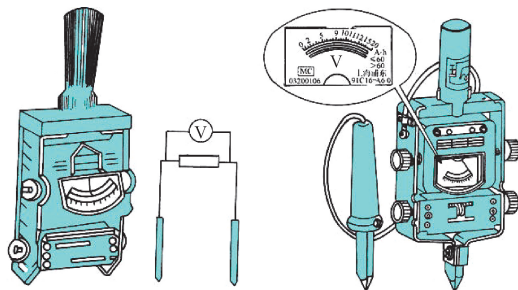


图 2-8 高率放电计

Fig. 2-8 Hight-power discharge meter



蓄电池检测仪检测:将检测仪的红黑测试线分别连接蓄电池正、负极,选择合适的测量模式(有些测试仪具有自动测量功能,无须选择模式),按确认键开始测量。测试完成后,蓄电池的参数将会显示在测试仪的LED面板上,如图2-9所示。

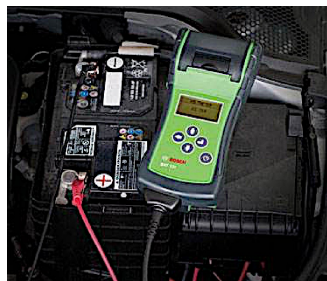


图2-9 蓄电池检测仪测试

Fig. 2-9 Battery tester test

二、电解液密度检测

1. 吸取电解液

捏住密度计的橡胶球,将密度计吸管插入蓄电池加液孔,慢慢松开橡胶球,使电解液吸入玻璃管中,吸入的电解液能够使密度计浮子浮起但不应顶住,如图2-10所示。

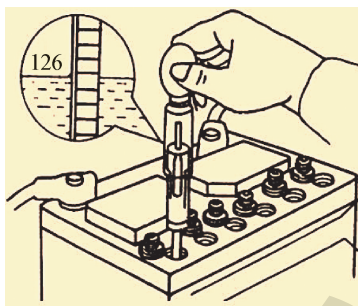


图2-10 吸取电解液

Fig. 2-10 Absorbing electrolyte



图2-11 折射仪

Fig. 2-11 Refractometer

2. 读取电解液密度值

密度计读取:使密度计的浮子浮在玻璃管中央,眼睛与刻度平齐,读出密度值。

折射仪读取:将吸出的电解液滴在折射仪上,从折射仪的观察孔,观察读数,如图2-11所示。

三、蓄电池的充电

充电时应将蓄电池的正、负极与对应的充电机的正、负极相连接。若极性接反,会造成蓄电池的损坏,如图2-12所示。

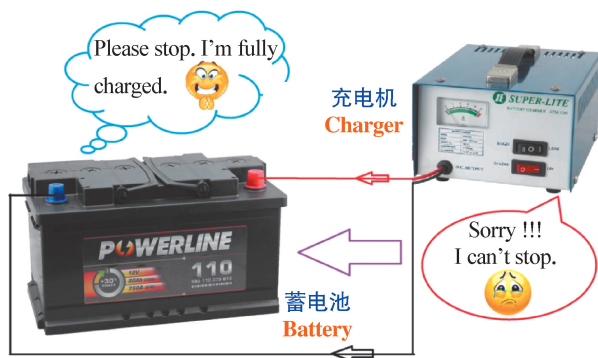


图2-12 蓄电池充电

Fig. 2-12 Battery charge



蓄电池的正、负极桩上一般都分别标有“+”“-”记号,或正极桩上涂红色。如标记模糊不清,可将万用表调至电压挡,红、黑表笔接蓄电池的两极,观察数值前是否有“-”号,以此判断其正、负极。

四、免维护蓄电池的观测

免维护蓄电池内部设有内装式密度计,即技术状态指示器,可以根据指示器的颜色判断蓄电池的放电程度,如图 2-13 所示。不同蓄电池,指示器的显示颜色略有不同,每个蓄电池都贴有读取方法。

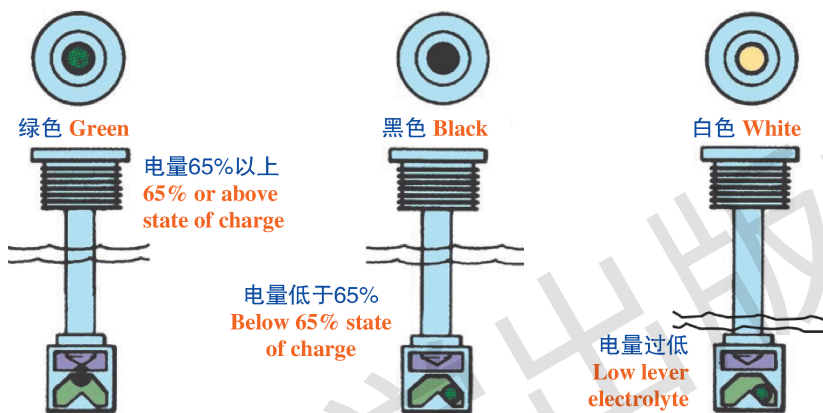


图 2-13 蓄电池电量指示器

Fig. 2-13 Battery charge indicator

任务 2 交流发电机的结构与检修

学习目标

掌握发电机各组成部分的结构;
理解发电机的工作原理;
熟练使用工具、仪器对发电机进行检修;
涵养优良学风,营造创新氛围。

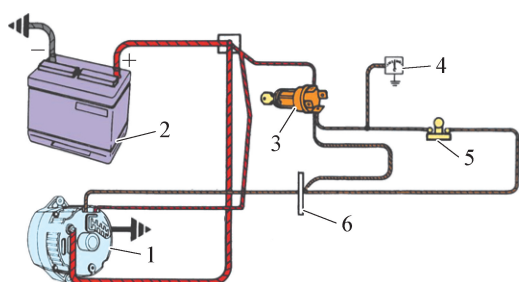
相关知识

一、发电机的作用

发电机是汽车电气系统的主要电源,由汽车发动机驱动,它在正常工作时,对除起



动机以外的所有用电设备供电,并向蓄电池充电以补充蓄电池在使用中所消耗的电能,如图2-14所示。家用轿车的发电机安装在发动机前端,由发动机皮带驱动,如图2-15所示。



1—交流发电机 Alternator 2—蓄电池 Battery
3—点火开关 Ignition switch 4—电压表 Voltmeter
5—指示灯 Warning light 6—连接器 Connector

图 2-14 充电电路

Fig. 2-14 The charging circuit

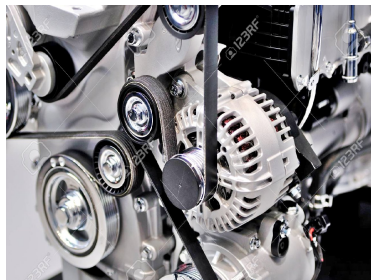


图 2-15 发电机的安装位置

Fig. 2-15 Position of generator

二、交流发电机的结构

普通交流发电机一般由转子、定子、整流器、前后端盖、皮带轮等组成,如图2-16所示。

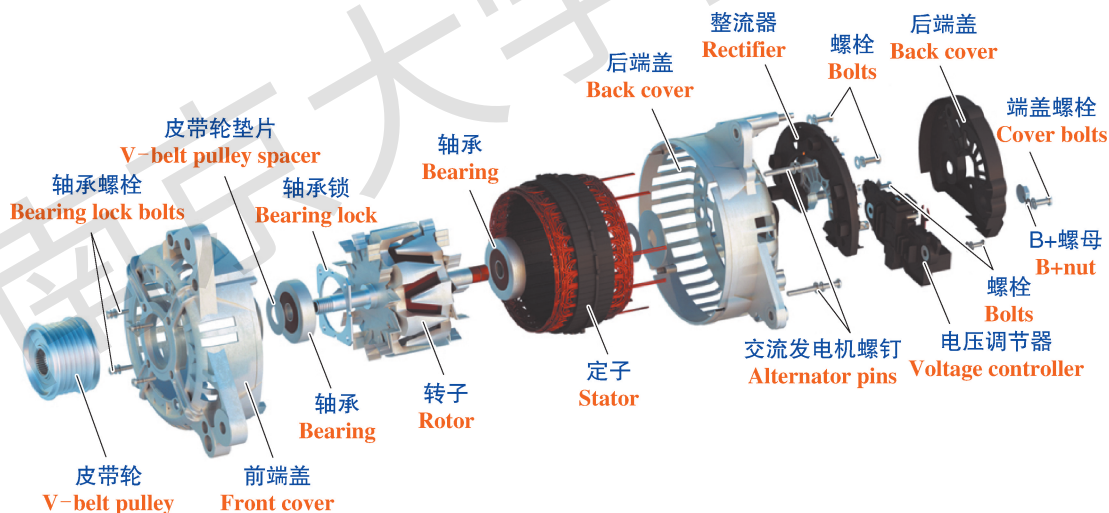


图 2-16 交流发电机结构图

Fig. 2-16 Construction of the alternator

1. 转子

转子的作用是产生磁场。主要由爪极、磁场绕组、集电环(滑环)和转子轴等组成,如图2-17所示。

两块爪极各具有6个鸟嘴形磁极,压装在转子轴上,在爪极的空腔内装有磁轭,其上绕

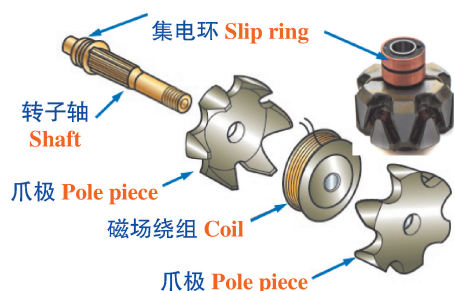


图 2-17 发电机转子

Fig. 2-17 Construction of rotor

有磁场绕组(又称励磁绕组或转子线圈)。磁场绕组的两引出线分别焊在与轴绝缘的两个滑环上,滑环与装在后端盖上的两个电刷接触。当两电刷与直流电源接通时,磁场绕组中便有磁场电流通过,产生轴向磁通,使得一块爪极被磁化为 N 极,另一块爪极为 S 极,从而形成了 6 对相互交错的磁极。

2. 定子

定子又叫电枢,由铁心和三相绕组组成,其功用是产生三相交流电。定子铁心由相互绝缘的内圆带槽的环状硅钢片叠成,定子槽内置有三相电枢绕组。

三相电枢绕组的连接方法有星形接法(亦称 Y 形接法)和三角形接法(亦称 Δ 形接法)两种,如图 2-18 所示。

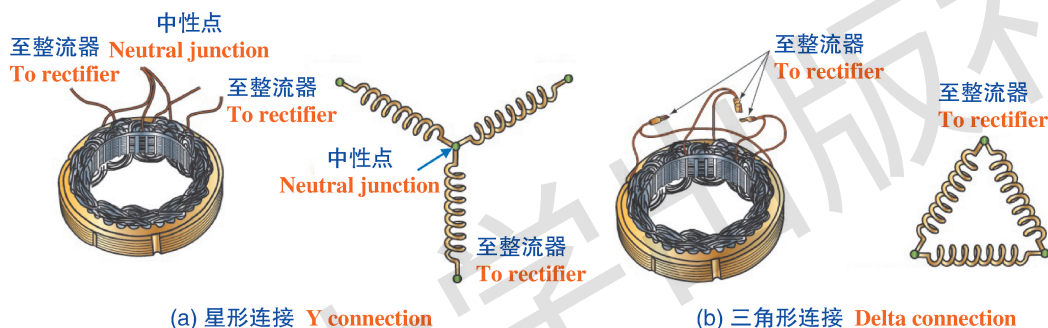


图 2-18 发电机定子

Fig. 2-18 Construction of stator

3. 整流器

整流器的功用是将发电机定子绕组产生的交流电变换为直流电。一般由 6 只整流硅二极管和安装二极管的散热板组成,如图 2-19 所示。整流器由正、负整流板组成,每个板上安装 3 个硅二极管。

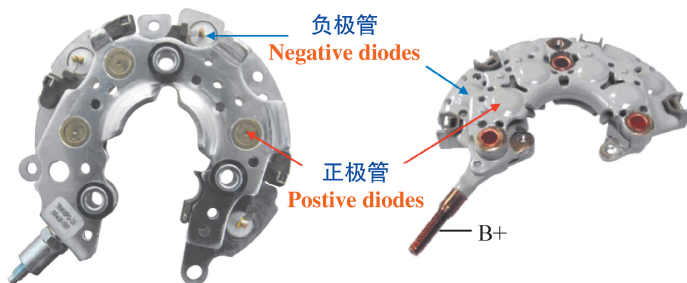


图 2-19 整流器

Fig. 2-19 Rectifier

外壳为负极(与发电机输出端相连),中心引线为正极的二极管,称为正极管;外壳为正极(与发电机壳体相连),中心引线为负极的二极管,称为负极管。



4. 端盖与电刷总成

前后端盖均由铝合金压铸或砂模铸造而成,并具有轻便、散热性能良好的优点。为了提高轴承孔的机械强度,增加其耐磨性,在端盖的轴承座孔内镶有钢套。

电刷总成由两只电刷、电刷弹簧和电刷架组成。电刷装在电刷架的孔内,借电刷弹簧的压力与转子总成上的滑环保持接触。电刷的作用是将电源通过集电环引入转子的励磁绕组。电刷总成与电流流向如图 2-20 所示。

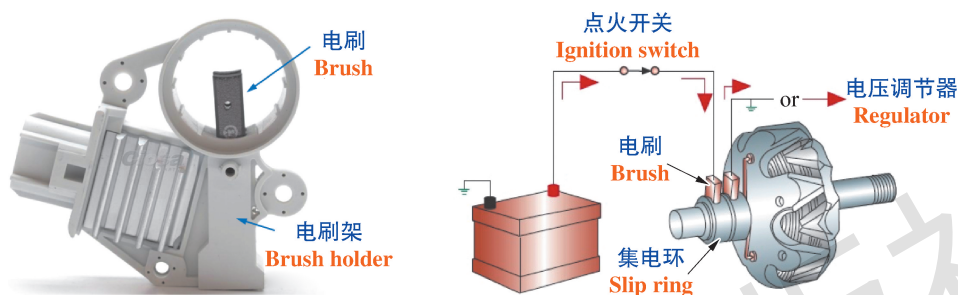


图 2-20 电刷总成

Fig. 2-20 Brush assembly

三、交流发电机的工作原理

发电机的工作原理是基于法拉第电磁感应定律,即因磁通量变化产生感应电动势的现象。例如,闭合电路的一部分导体在磁场里做切割磁感线的运动时,导体中就会产生电流,产生的电流称为感应电流,产生的电动势(电压)称为感应电动势。

交流发电机中,外部电源通过电刷总成向转子线圈提供励磁电流,转子产生磁场,使爪极磁化为 N 极和 S 极,转子转动,磁通交替地在相位差为 120° 的三相定子绕组中变化,因此,三相绕组中便产生三相交流电。发电机的发电原理如图 2-21 所示。

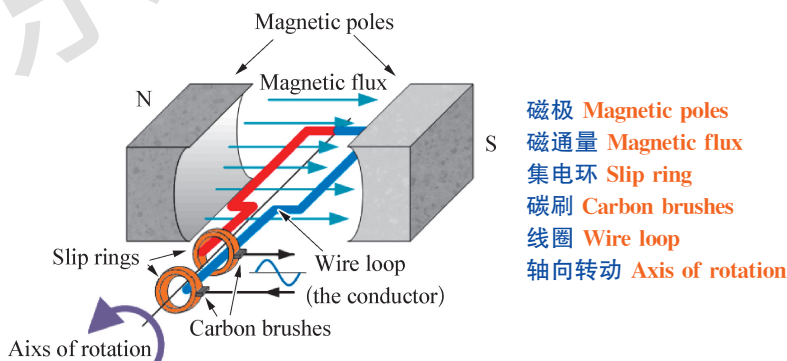


图 2-21 交流发电机发电原理

Fig. 2-21 Electricity generation

四、整流原理

定子绕组中所感应出的交流电,要靠硅二极管组成的整流器改变为直流电。在交流发



电机中,6只硅二极管组成了三相桥式全波整流电路,如图2-22所示。

当发动机起动后,发电机定子三相绕组连续不断地产生交流电动势,输送到整流器二极管,由于二极管具有单向导通性,经过整流器的三相桥式全波整流后输出为直流电压。图2-23所示为交流发电机输出电压整流前后的对比关系。其整流原理是:在任一时刻,相电位最高所对应的正二极管和相电位最低所对应的负二极管导通,构成回路,输出电压。

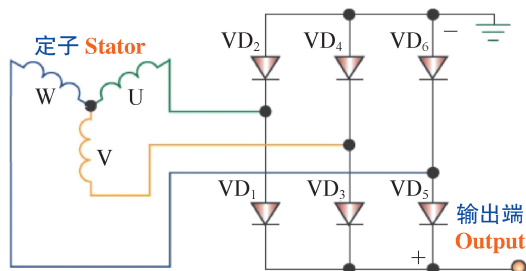


图 2-22 三相桥式整流电路

Fig. 2-22 Three-phase bridge rectifier

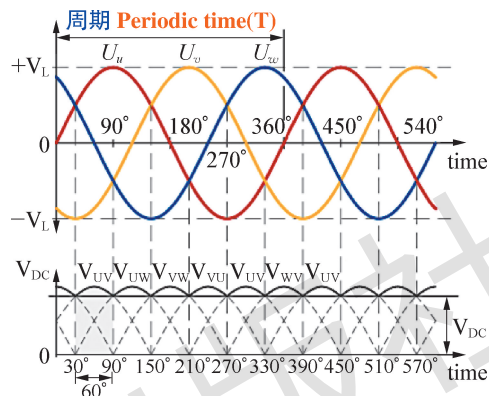


图 2-23 输出电压波形

Fig. 2-23 Output voltage waveform

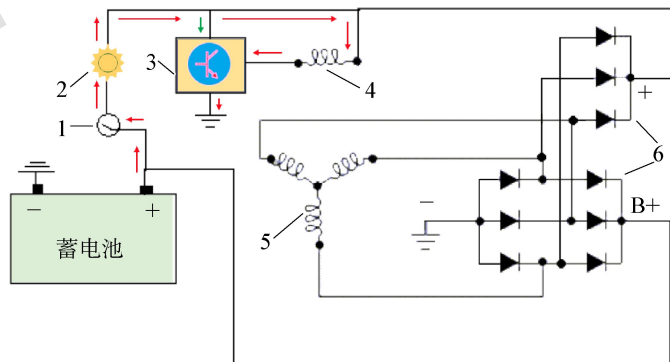
五、交流发电机的励磁

给发电机转子线圈通入电流从而产生磁场,称为励磁。根据发电机的工作原理,非永磁式交流发电机都需要励磁,才能产生磁场而发电。

交流发电机的励磁方式有他励和自励两种。交流发电机的励磁过程是先他励后自励。当发动机达到怠速状态时,发电机的输出电压高出蓄电池 2 V 左右,此时,发电机由他励转为自励。

1. 他励

在发动机未能从静止状态达到怠速运行期间,此时的发电机自身不能发电或发出的电压低于蓄电池电压,需要蓄电池为发电机提供励磁电流。这种由蓄电池提供励磁电流的方式称为他励,电流流向与充电指示灯电路一致,如图 2-24 红色箭头标记所示。



- 1—点火开关 Ignition switch
- 2—充电指示灯 Indicator light
- 3—电压调节器 Voltage regulator
- 4—励磁线圈 Field coils
- 5—定子线圈 Stator coils
- 6—整流器 Rectifier

图 2-24 交流发电机他励电路

Fig. 2-24 Separately excited



此时充电指示灯亮,电流流向为:蓄电池正极→点火开关 1→充电指示灯 2→励磁绕组 4→电压调节器 3→搭铁→蓄电池负极。

2. 自励

随着发动机转速的提高,发电机输出电压升高,当发电机输出电压高于蓄电池电压时,发电机对车辆的负载供电,对蓄电池进行充电,还能对自身的励磁绕组进行供电,这种由自身提供励磁电流的方式称为自励。自励的电流流向如图 2-25 红色箭头标记所示。

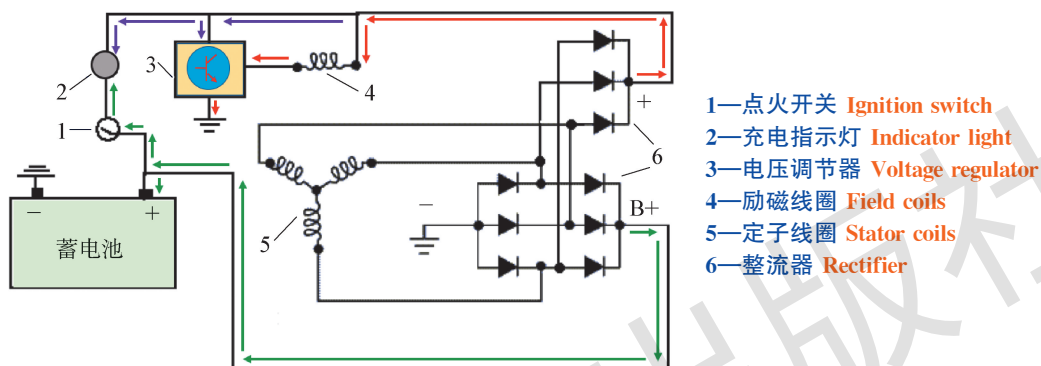


图 2-25 交流发电机自励电路

Fig. 2-25 Self excited

自励电路:发电机输出端+→励磁绕组 4→电压调节器 3→搭铁→蓄电池负极。

充电电路:发电机输出端 B+→蓄电池正极;发电机壳体搭铁→蓄电池负极。

此时充电指示灯两端电位都来自交流发电机,因此电位相等,无电流流过,指示灯熄灭。

六、电压调节器

发电机由发动机驱动旋转,其转速随着发动机转速的变化而变化,转速升高时输出电压也升高,而汽车上的电器设备要求发电机输出电压保持稳定。因此,硅整流发电机必须配用电压调节器使得其输出的直流电压在一定的转速范围内基本保持恒定。

1. 电压调节原理

硅整流发电机输出的直流电压 U 正比于交流发电机的感应电动势 E_φ , 而感应电动势 E_φ 正比于发电机转速与励磁绕组的磁通, 即

$$E_\varphi = C_e \Phi n$$

式中: E_φ ——感应电动势, 单位 V;

C_e ——发电机的结构常数;

Φ ——转子的磁极磁通, 单位 Wb;

n ——发电机的转速, 单位 r/min。

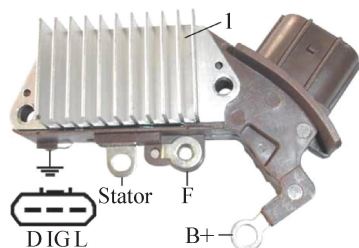
因此, 当发电机转速变化时, 相应地改变励磁绕组的磁通才能达到保持电压恒定的目的, 而励磁绕组磁通的大小取决于发电机励磁电流 I_f 的大小, 故在发电机转速变化时, 只要



自动调节发电机的励磁电流 I_f 便可使发电机输出电压保持恒定。电压调节器就是利用这一原理调节发电机电压的。

2. 电压调节器的结构与工作原理

现在的轿车发电机大多采用集成电路式电压调节器,或电脑控制的电压调节器,都是利用内部三极管的开关特性控制励磁电路通断。图 2-26 所示为集成电路式电压调节器的一种,安装于发电机的内部(又称内装式调节器),减少了外接线,并且冷却效果得到了改善。

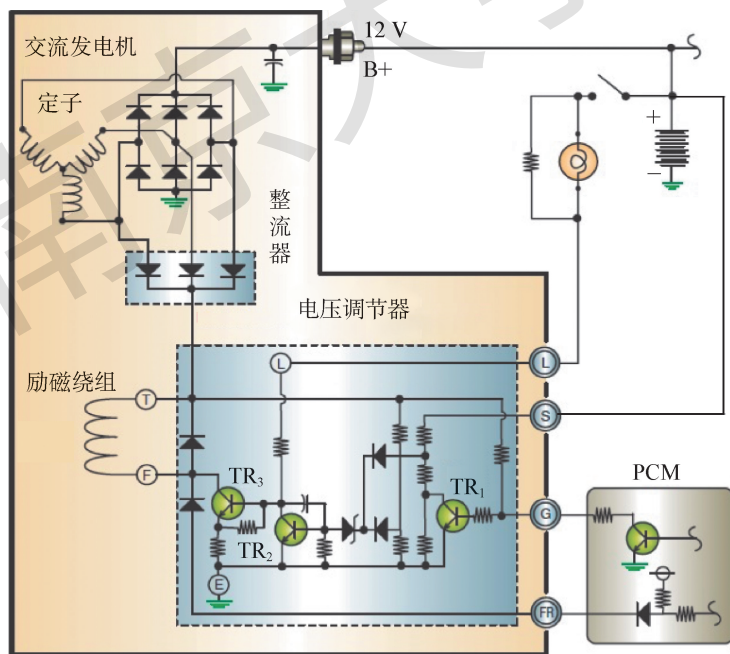


- 1—散热片 Heat sink
- B+端子—连接交流发电机输出端
- F端子—连接励磁绕组
- Stator端子—连接至某一相定子绕组
- D—连接蓄电池,监测蓄电池电压
- IG—连接点火开关
- L—连接充电指示灯

图 2-26 电压调节器

Fig. 2-26 Voltage regulator

电脑控制的电压调节器,由负荷检测器来检测系统总负载,进而把信号发送给发动机电脑,然后由发动机电脑控制发电机电压调节器,适时地接通和断开磁场电路,既能可靠地保证电器系统正常工作,使蓄电池充电充足,又能减轻发动机负荷,提高燃油经济性。图 2-27 所示为一种电脑控制的电压调节器原理图,图中 S 端子即蓄电池负荷监测点。



- 交流发电机 AC generator
- 定子 Stator
- 整流器 Rectifier
- 励磁绕组 Field
- 电压调节器 Voltage regulator

图 2-27 电压调节器示意图

Fig. 2-27 Schematic of voltage regulator



任务实施



一、发电机的就车检测

1. 发电机输出电压检测

发电机就车运行状况检测步骤如下：

(1) 不起动车辆,拔出车钥匙,关闭所有用电设备,用万用表电压挡检测蓄电池电压,电压值应为 12 V 以上,否则需要对蓄电池进行充电,如果电池电量太低,发电机有可能因为励磁能量不足而不能工作,如图 2-28 所示;

(2) 起动车辆,保持发动机转速在 2 000 r/min 以上,以确保发电机处于发电状态;

(3) 再次用万用表检测蓄电池电压,电压值应为 13 V 以上,改变发动机转速,电压值应在 13~14.5 V 之间波动,如果电压保持不变或减少,那么发电机是出现了故障,如图 2-29 所示;

(4) 打开大灯、空调等电器设备,保持发动机转速在 2 000 r/min,电压值应为 13 V 以上。

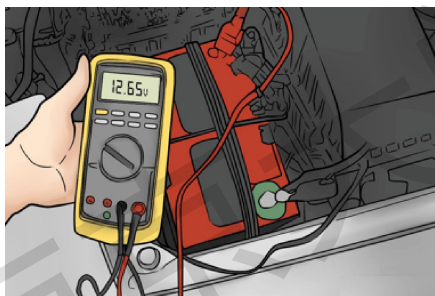


图 2-28 发动机不起动时电压检测

Fig. 2-28 Test the voltage with the engine off



图 2-29 发动机起动机时电压测试

Fig. 2-29 Test the voltage with the engine on

2. 发电机运行状况检测

(1) 发动机运转时注意听发电机的声音。如果轴承有问题,将会听到车前方传来很刺耳的声音,随着众多电器部件使用的功率增加,这种声音将越来越大。

(2) 起动发动机,几分钟后关掉,触摸发电机。如果发电机很烫,那么轴承可能已经磨损或是绝缘的铜绕组被损坏了,这表明发电机很快就会失去作用了。

二、发电机拆解后检测

1. 转子的检测

励磁绕组的短路与断路检测,如图 2-30 所示。用万用表电阻挡检测两滑环之间的电阻,若磁场绕组电阻值符合该发电机的技术参数要求,则说明磁场绕组良好;若电阻小于规定值,说明磁场绕组有短路处;若电阻值为无穷大,则说明磁场绕组断路。



励磁绕组的搭铁测量,如图 2-31 所示,用万用表电阻挡检测转子绕组与转子轴(或铁芯)之间的绝缘情况。若电阻为零,说明有搭铁故障;无穷大为正常状态。

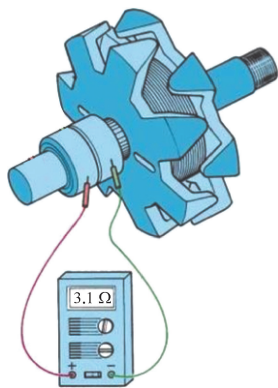


图 2-30 转子的断路与短路测试

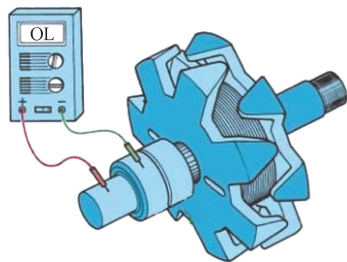


图 2-31 转子的搭铁测试

Fig. 2-30 Open and short test of rotor Fig. 2-31 Check for short to ground of rotor

2. 定子的检测

定子绕组的断路和短路检测,用万用表电阻挡检测定子绕组的三相接线端子,两两端子分别测量,如图 2-32 所示。阻值小于 $1\ \Omega$,表示正常;阻值为无穷大,说明断路;阻值为零,表示存在短路故障。如果有断路或短路故障,则需要更换定子或发电机总成。

定子绕组的搭铁检测,用万用表电阻挡检测定子绕组与定子铁芯之间的电阻,如图 2-33 所示。阻值为无穷大,表示正常;若出现较小的阻值读数,说明绕组存在搭铁故障,需要更换定子或发电机总成。

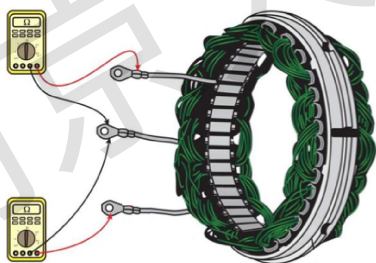


图 2-32 定子的断路与短路测试

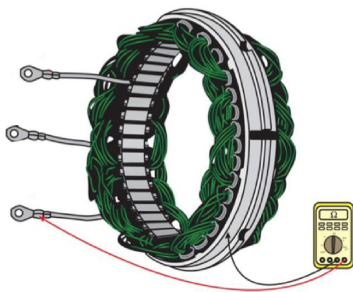


图 2-33 定子的搭铁测试

Fig. 2-32 Open and short test of stator Fig. 2-33 Check for short to ground of stator

3. 整流器的检测

整流器是由二极管组成,测量方法与单个二极管测量方法一致。

正极管的检测,用数字万用表的电阻挡,黑笔接整流器输出端 B,红笔分别接整流器与定子绕组的连接点 P1/P2/P3/P4,均应导通,否则说明该二极管断路;把红、黑表笔连接点调换,电阻应为 $M\Omega$ 级或无穷大,如导通说明该二极管被击穿。测量方法如图 2-34 所示。

负极管的检测,用数字万用表的电阻挡,红笔接整流器外壳上的螺栓孔 E,黑笔分别接整流器与定子绕组的连接点 P1/P2/P3/P4,均应导通,否则说明该二极管断路;把红、黑表笔连接点调换,电阻应为 $M\Omega$ 级或无穷大,如导通说明该二极管被击穿。测量方法如图 2-35 所示。

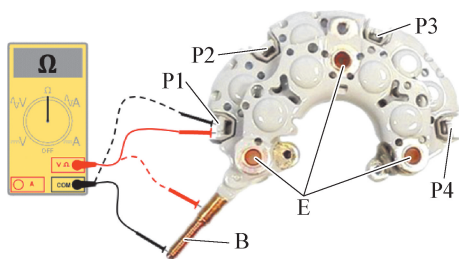


图 2-34 正极管检测

Fig. 2-34 Positive diodes test

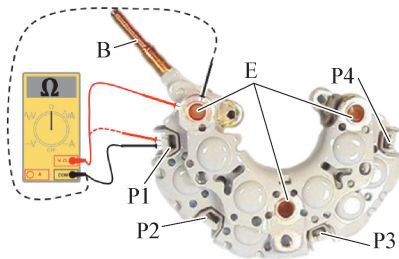
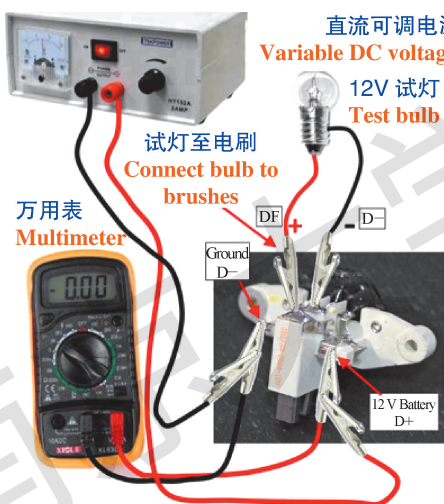


图 2-35 负极管检测

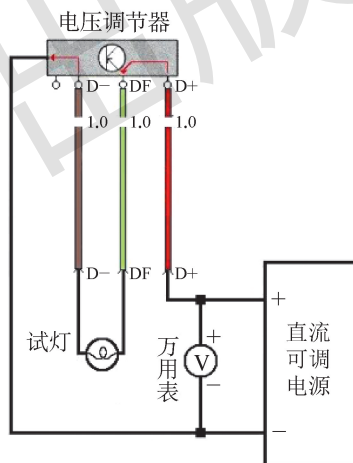
Fig. 2-35 Negative diodes test

三、电压调节器的检测

电压调节器的检测,可以用直流可调电源、试灯等器件模拟励磁电路,当可调电源的电压高于调节器的上限调节电压时,试灯熄灭;当电压逐渐下调,至调节器的下限调节电压时,试灯恢复亮度。若测试的现象与上述不符,则表示电压调节器损坏,需要更换。如图 2-36 所示,图(a)为集成电路式电压调节器实验线路连接方法,图(b)为电子式电压调节器测试电路原理图。



(a) 集成电路式电压调节器实验电路



(b) 电子式电压调节器实验电路

图 2-36 电压调节器测试

Fig. 2-36 Regulator test

任务 3 电源系统电路分析与检修



掌握电源系统电路分析的方法;
掌握发电机的励磁电路原理;

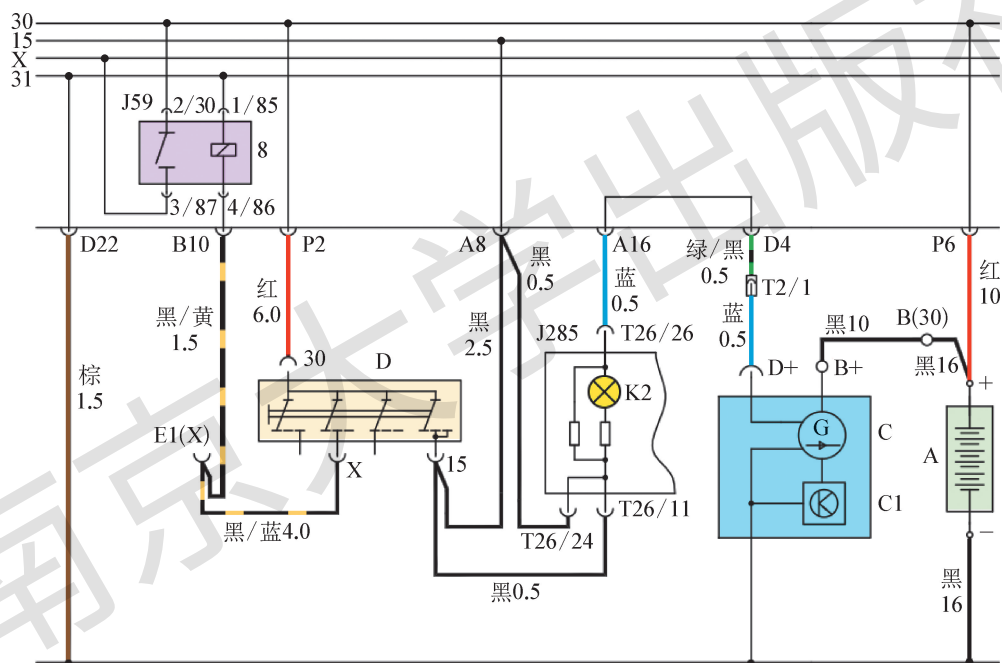


掌握不同车系电源系统电路原理；
熟练使用工具、仪器对电源系统电路进行检修；
培养造就德才兼备的高素质人才。



一、大众汽车电源电路分析

汽车电源电路主要由供电电路、充电指示灯电路(发电机他励电路)和发电机对蓄电池的充电电路三部分组成。以桑塔纳 2000 电源系统为例分析各电路的特点和电流流向,图 2-37 所示为拆画的桑塔纳 2000 电源电路。



A—蓄电池 B(30)—起动机 30 接线端子 C—交流发电机 C1—电压调节器 D—点火开关
E1—灯光开关 J285—组合仪表 K2—充电指示灯 J59—X 接触继电器 T2—线束插头 T26—插接器

图 2-37 桑塔纳 2000 电源电路

Fig. 2-37 Power circuit of Santana 2000

1. 供电电路

中央接线盒 30 供电:蓄电池 A 的正极→中央配电盒 P6 端子→中央配电盒 30。

中央接线盒 15 供电:蓄电池 A 的正极→中央配电盒 P6 端子→中央配电盒 30→中央配电盒 P2 端子→点火开关 D 的 30 端子→点火开关的 15 端子→中央配电盒 A8 端子→中央配电盒 15。

中央接线盒 X 供电:点火开关打到 ON 挡,点火开关 D 的 30 端子→点火开关 D 的 X 端



子→车灯开关 E1→中央配电盒 B10 端子→J59 线圈→中央配电盒 31→中央配电盒 D22 端子→车身搭铁→蓄电池负极;此时卸荷继电器(J59)工作,触点闭合,中央配电盒 30→J59 触点→中央配电盒 X。

2. 充电指示灯电路分析

汽车发动机运转时,电源电路的工作状态是靠充电指示灯来监测。点火开关处于 ON 挡时,仪表中的充电指示灯点亮;点火开关处于 ST 挡时,在起动发动机的瞬间,发电机还未能正常工作,仪表中的充电指示灯依然点亮;当发动机起动后,发电机工作,除了对负载供电,还对蓄电池进行充电,此时充电指示灯熄灭。当充电指示灯出现异常时,说明充电系统发生故障,应该及时诊断并排除。

充电指示灯电路与发电机的他励电路一致,电流流向如下:

蓄电池 A 的正极→中央配电盒 P6 端子→中央配电盒 30→中央配电盒 P2 端子→点火开关 D 的 30 端子→点火开关的 15 端子→J285 和线束的插接器 T26/11 端子→充电指示灯 K2→J285 和线束的插接器 T26/26 端子→中央配电盒 A16 端子→中央配电盒 D4 端子→线束插接器 T2/1→交流发电机 C 的 D+ 端子→内部电刷→交流发电机转子绕组→电压调节器 C1→搭铁→蓄电池负极。此时,电流流经充电指示灯,且构成回路,充电指示灯点亮。

当发电机正常工作以后,发电机 B+ 端子输出电压到点火开关 D 的 30 端子,经由点火开关的 15 端子、插接器 T26/11 端子,加到充电指示灯 K2 的下端;发电机 D+ 端子产生的电压,由中央配电盒的 D4、A16、插接器 T26/26 端子,加到充电指示灯 K2 的上端。此时,充电指示灯 K2 上下两端的电位相等,指示灯熄灭。

3. 充电电路分析

当发动机起动后,发电机正常发电,输出电压高于蓄电池电压,除了对车辆电器设备供电,还对蓄电池进行补充充电。

充电电路分析如下:

交流发电机 C 的 B+ 端子→起动机 B 的 30 端子→蓄电池 A 的正极;

交流发电机的外壳搭铁→蓄电池的负极。

二、丰田汽车电源电路分析

以丰田卡罗拉汽车电源电路为例,如图 2-38 所示。图中带 * 号的数字说明如下:

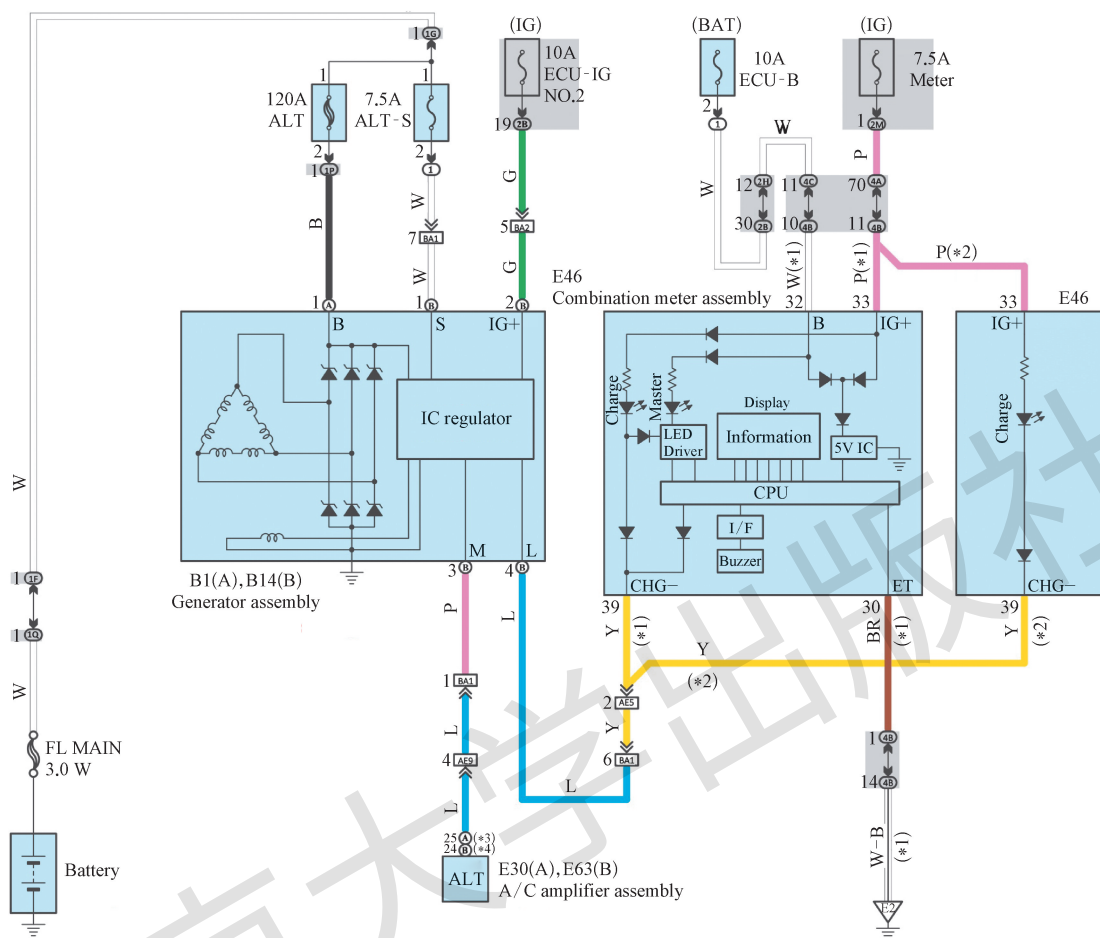
- * 1——表示光感应仪表盘(optitron meter);
- * 2——表示除光感应仪表盘之外的其他类型仪表盘(except optitron meter);
- * 3——表示自动空调(automatic A/C);
- * 4——表示手动空调(manual A/C)。

1. 充电指示灯电路

点火开关(IG)→7.5A/METER 熔断丝→组合仪表 E46 的 33 端子→充电指示灯 Charge→组合仪表 E46 的 39 端子→发电机 B4(L)端子→IC 电压调节器(控制三极管)→发电机外壳搭铁。此电路控制充电指示灯的亮与灭。

2. 电压调节器供电电路

点火开关 IG→10 A/ECU—IG 熔断丝→发电机 B2(IG+) 端子。



发电机总成 Generator assembly 空调放大器总成 A/C amplifier assembly
组合仪表总成 Combination meter assembly 驱动器 LED driver
蜂鸣器 Buzzer 充电指示灯 Charge

图 2-38 丰田卡罗拉电源电路

Fig. 2-38 Power circuit of Toyota Carola

3. 蓄电池端电压检测电路

蓄电池正极→FL/MAIN 熔断丝→7.5A/ALT-S 熔断丝→发电机 B1(S)端子。

4. 充电电路

发电机 A1(B)插接器是交流发电机的输出端,发电机输出端 B→120 A 的 ALT 熔断丝→蓄电池正极;

发电机外壳搭铁→蓄电池负极。



任务实施



一、充电电路电压降检测

电压降测试法虽然可以应用于任何电路,但在汽车修理工作中,最常用的就是对充电电路和起动电路进行测量。实验证明在所有电路中,电压损失最大为充电电路电压,在电路中如果电压降过大,则视电路中存在异常,即有高电阻存在。此时,用电压降测试法诊断故障,有着不可替代的作用。

比如,当蓄电池线束内部大部分铜丝已经断脱,只有几根连接,此时用电阻挡测量该导线阻值时,阻值有可能在正常范围,但这几根纤细的导线将不能承受过大的电流。在起动发动机时断股的导线对电流的阻力会使导线自身快速发热,导致起动机运转无力,导致发动机无法起动,也无法实现发电机对蓄电池的充电。在这种情况下,电阻检测的方法就表现出了它的局限性,因为用万用表的电阻挡测量导线的电阻,不会表现出阻值增加,看似没有问题的测量结果会让技术人员难以直接发现真实状况,无法处理存在的故障隐患。如果利用电压降测试法,在起动发动机时对不同部位进行电压测试,则能准确快捷地找到线路中的故障。

1. 发电机输出端与蓄电池正极之间的电压降测量

如图 2-39 所示,将万用表调至电压挡,红表笔连接发电机电压输出端,万用表的黑表笔连接蓄电池的正极,确保表笔与测试点接触良好,起动发动机记录万用表的读数。如果测量值小于 0.4 V,表示线路正常;若高于 0.4 V,则需要分段测量,找到准确的故障部位。

2. 发电机壳体与蓄电池负极之间的电压降测量

如图 2-40 所示,将万用表调至电压挡,红表笔连接发电机壳体,万用表的黑表笔连接蓄电池的负极,确保表笔与测试点接触良好,起动发动机记录万用表的读数。如果测量值小于 0.2 V,表示线路正常。

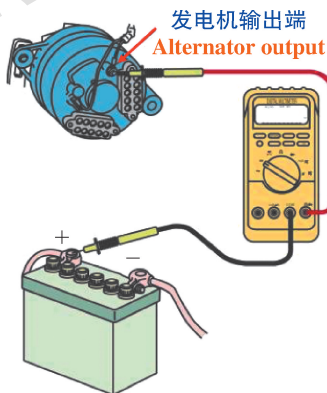


图 2-39 正极电压降测量

Fig. 2-39 Voltage drop test of insulated circuit

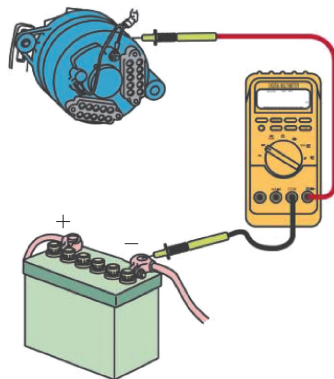


图 2-40 负极电压降测量

Fig. 2-40 Voltage drop test of ground circuit



二、充电电路波形检测

示波器可以测得工作元件的直流、交流等电信号在一段时间内随时间变化的完整波形,可以观测到其工作信号的波动性和故障发生时的细小轻微变化,便于维修人员了解其在一段时间内的工作状态是否正常。

通过测量交流发电机的输出电压和电流,可以正确诊断充电电路故障,可以避免不必要地更换蓄电池、交流发电机和导线等。充电电路波形分析,可以检测任何常见的充电系统中损坏的交流发电机、蓄电池、连线、连接件等。

如图 2-41 所示,为充电电路电压和电流的波形测试。测试方法:示波器通道一的测试线分别连接蓄电池正极(或发电机 B+ 端子)和蓄电池负极;示波器通道二的大量程电流钳夹在发电机对蓄电池的正极充电线路中(注意电流钳的方向);起动发动机并保持在怠速状态;调节示波器显示屏上的功能键,使测得的波形处于最佳观测状态;可以保持、存储和打印测得的波形图。测试的充电电压和电流波形如图 2-42 所示。

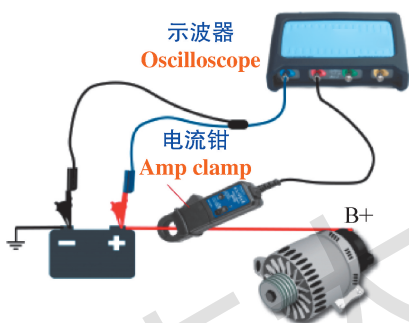


图 2-41 充电电路输出波形测试

Fig. 2-41 Charging circuit performance test

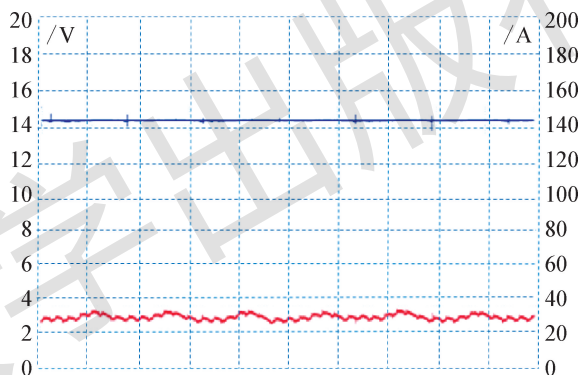


图 2-42 充电电路输出波形

Fig. 2-42 Charging circuit waveform



项目导入

教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑。必须坚持科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力，深入实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略，开辟发展新领域新赛道，不断塑造发展新动能、新优势。

要使发动机由静止状态过渡到工作状态，必须先用外力转动发动机的曲轴，使活塞作往复运动，气缸内的可燃混合气燃烧膨胀做功，推动活塞向下运动使曲轴旋转。发动机才能自行运转，工作循环才能自动进行。因此，曲轴在外力作用下开始转动到发动机开始自动地怠速运转的全过程，称为发动机的起动。完成起动过程所需的装置，称为发动机的起动系统。

任务1 起动机的结构与检修



学习目标



- 掌握起动机各组成部分的结构；
- 理解起动机的工作原理；
- 熟练使用工具、仪器对起动机进行检修；
- 了解不同类型起动机特点；
- 培养爱党报国、敬业奉献、服务人民的素质。



相关知识



一、起动机的作用

起动系统将储存在蓄电池内的电能转换为机械能，要实现这种转换，必须使用起动机。起动机的功用是由直流电动机产生动力，经传动机构带动发动机曲轴转动，从而实现发动机的起动。



起动系统包括以下部件:蓄电池、点火开关(起动开关)、起动机总成、起动继电器等,如图 3-1 所示。

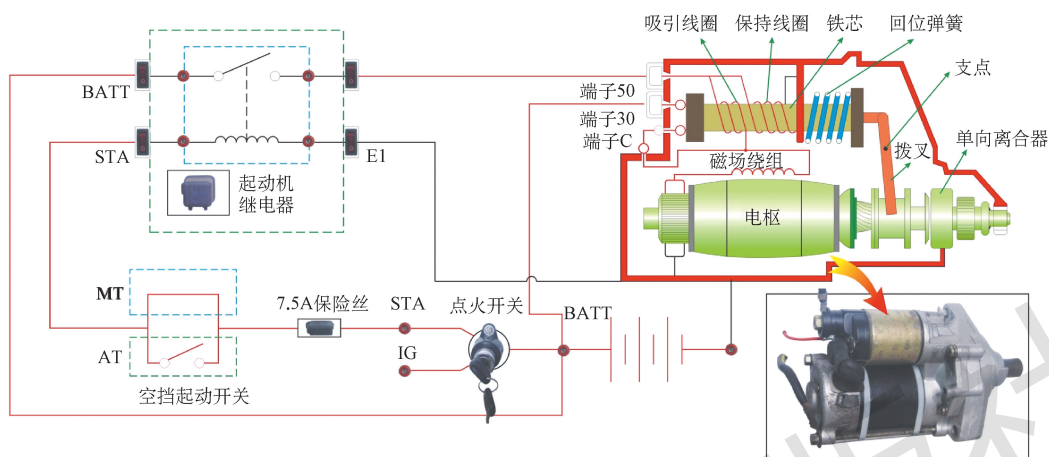


图 3-1 汽车起动系统

Fig. 3-1 Starter system

二、起动机的结构

起动机是由直流电动机产生动力,经传动机构带动发动机曲轴转动,从而实现发动机的起动。直流电动机引入来自蓄电池的电流并且使起动机的驱动齿轮产生机械运动;传动机构将驱动齿轮啮入飞轮齿圈,同时能够在发动机起动后自动脱开;起动机电路的通断则由电磁开关来控制。

汽车用起动机一般由串励直流电动机、传动机构和操纵机构三个部分组成,如图 3-2 所示。

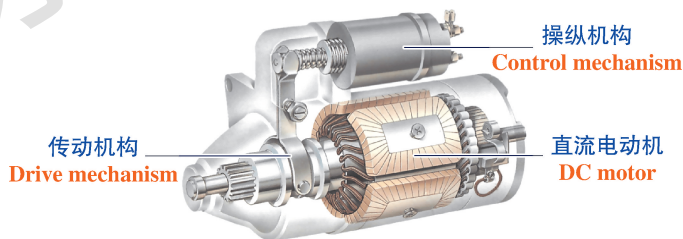


图 3-2 起动机结构图

Fig. 3-2 Component of the starter

如图 3-3 所示,起动机机壳的一端有 4 个检查窗口,中部有一个与壳体绝缘的电流输入接线柱,并在内部与励磁绕组的一端相连。端盖分前、后两个,前端盖由灰铸铁浇铸而成,后端盖由钢板压制而成。前后端盖均压装有青铜石墨轴承套或铁基含油轴承套,外围有 2 个或 4 个组装螺孔。电刷装在后端盖内,前端盖上有拨叉座,盖口有凸缘和安装螺孔,还有拧紧中间轴承板的螺钉孔。

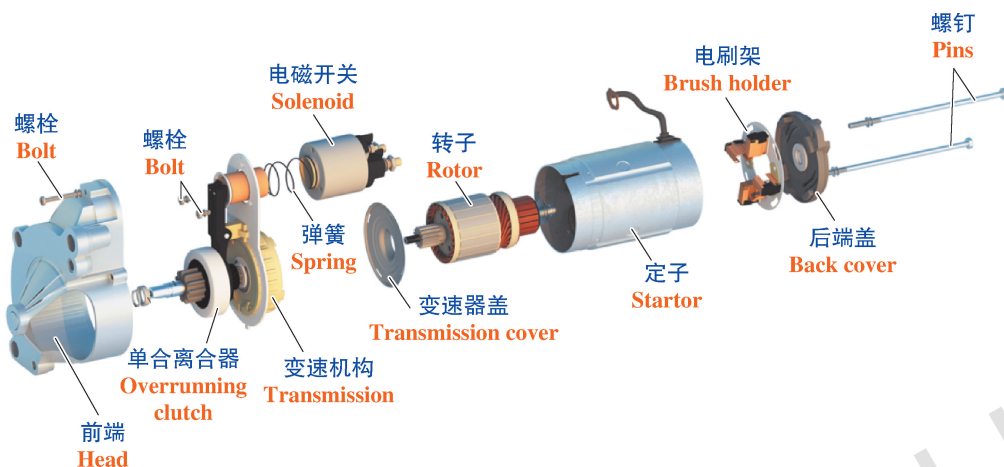


图 3-3 起动机分解图

Fig. 3-3 Decomposition of the starter

1. 直流电动机的结构与原理

(1) 直流电动机的结构

电动机的作用是将蓄电池输入的电能转换为机械能,产生电磁转矩。直流电动机由电枢、磁极、电刷、壳体等主要部件构成,如图 3-4 所示。



图 3-4 直流电动机结构图

Fig. 3-4 Component of DC motor

① 电枢。电枢是直流电动机的旋转部分,包括电枢轴、换向器、电枢铁心、电枢绕组等部分。为了获得足够的转矩,通过电枢绕组的电流一般很大(汽油机为 200~600 A,柴油机可达 1 000 A),因此电枢一般采用较粗的矩形裸铜线绕制而成,如图 3-5 所示。

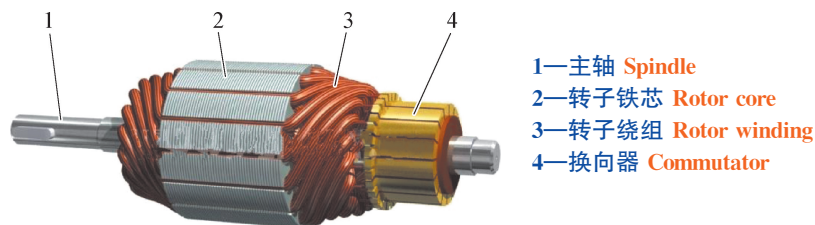


图 3-5 电枢

Fig. 3-5 Armature

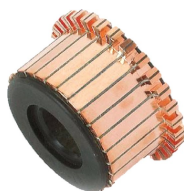
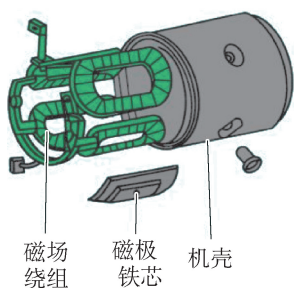


图 3-6 换向器

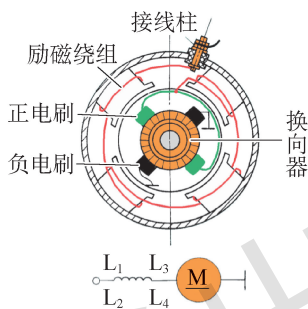
Fig. 3-6 Commutator

换向器由铜质换向片和云母片叠压而成,且云母片的高度略低于铜质换向片的高度,为了避免电刷磨损的粉末落入换向片之间造成短路,起动机换向片间的云母的高度一般不能过低,如图 3-6 所示。电枢绕组各线圈的端头均焊接在换向器片上,通过换向器和电刷将蓄电池的电流传递给电枢绕组,并适时地改变电枢绕组中电流的流向。

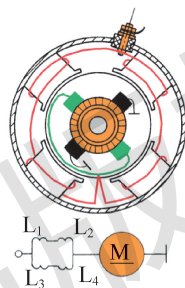
② 磁极。其作用是通入电流后产生一个磁场,它由铁心和磁场绕组构成,并通过螺钉固定在电动机壳体上。为增大电磁转矩,一般采用四个磁极,大功率起动机有时采用六个磁极。磁场绕组也是用粗扁铜线绕制而成,与电枢绕组采用串联方式,如图 3-7 所示。



(a) 磁极绕组结构



(b) 四个绕组串联



(c) 两个绕组串联后再并联

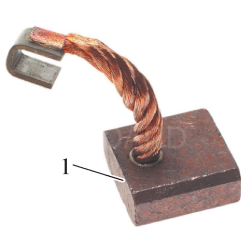
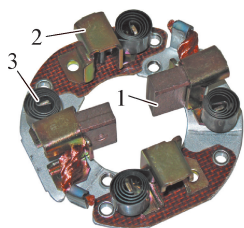
磁场绕组 Excitation winding 磁极铁芯 Pole core 机壳 Stator frame

图 3-7 磁极绕组

Fig. 3-7 Excitation winding

现在轿车也有采用永磁式直流电动机,该直流电动机是采用永久磁铁作磁通源。永磁式直流电动机容易达到无刷无接触运行。但永磁材料由于质硬,很难进行机械加工,因而一般来说永磁式电动机的制造成本比电磁式高。而电磁式比永磁式多了一项激磁损耗。

③ 电刷与电刷架。电刷架一般为框式结构,其中正极刷架与端盖绝缘,负极刷架通过机壳直接搭铁。电刷置于电刷架中,正电刷与励磁绕组的末端相连,负电刷与电刷架搭铁。电刷由铜粉与石墨粉压制而成呈棕红色。电刷与电刷架的结构如图 3-8 所示。



1—电刷 Brush
2—电刷架 Brush holder
3—电刷弹簧 Brush spring

图 3-8 电刷与电刷架

Fig. 3-8 Brush & brush holder

(2) 直流电动机的工作原理

直流电动机的基本工作原理是通电的导体在磁场中会受电磁力作用,电磁力的方向遵



循左手定则。如图 3-9 所示,两片换向片分别与环状线圈的两端连接,电刷一端与两换向器片相接触,另一端分别接蓄电池的正极和负极。在环状线圈中电流的方向交替变化,用左手定则判断可知,环状线圈在电磁力矩作用下按顺时针方向连续转动。这样在电源连续对电动机供电时,其线圈就不停地按同一方向转动。为了增大输出力矩并使运转均匀,实际的电动机中电枢采用多匝线圈,随线圈匝数的增多换向片的数量也要增多。

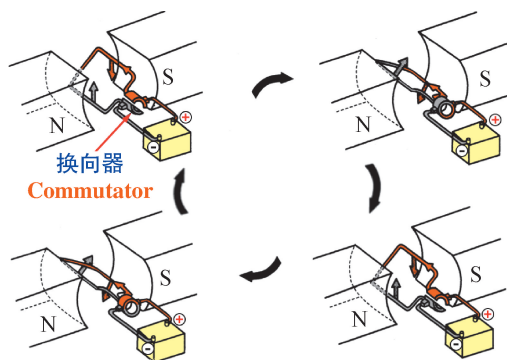


图 3-9 直流电机工作原理

Fig. 3-9 Working principle of DC motor

2. 传动机构

起动机的传动机构由驱动齿轮、单向离合器、拨叉、啮合弹簧等组成,安装在起动机轴的花键部分。

起动时,传动机构使驱动齿轮沿起动机轴花键槽外移与飞轮齿圈啮合,将电动机产生的力矩通过飞轮传递给发动机曲轴,使发动机起动;起动后,飞轮转速提高,将通过驱动齿轮带动电动机轴高速旋转,引起电动机超速。

因此,在发动机起动后,传动机构应使驱动齿轮与电动机脱开,防止电动机超速。

(1) 单向离合器

传动机构中,结构和工作情况比较复杂的是单向离合器,它的作用是传递电动机转矩起动发动机,而在发动机起动后自动打滑,保护起动机电枢不致超速飞车。常用的单向离合器主要有以下几种:

① 滚柱式单向离合器

整个单向离合器总成利用传动导管套在电枢轴的花键上,离合器总成在推动凸缘 7 的作用下,可以在轴上移动,也可以随轴转动,如图 3-10 所示。

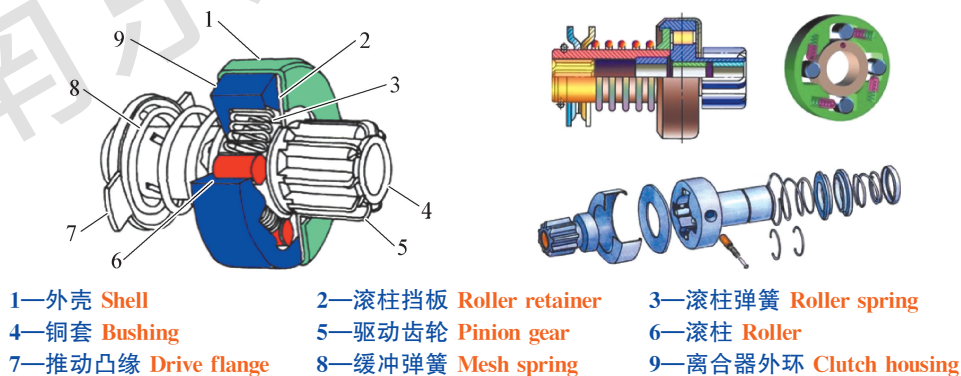


图 3-10 滚柱式单向离合器

Fig. 3-10 Roller type overrunning clutch

发动机起动时,拨叉将离合器总成沿电枢轴花键推出,驱动齿轮 5 与发动机飞轮齿圈啮合,同时起动机通电,转矩由电枢轴传递到离合器外环 9,滚柱弹簧 3 压迫滚柱 6 滚向逐渐收缩的豁口,滚柱楔紧驱动齿轮。这样,驱动齿轮 5 和离合器外环 9 锁定在一起,起动机转矩



传递到发动机飞轮齿圈而起动发动机。

当发动机起动并以自身动力运转时,发动机飞轮齿圈企图拖动驱动齿轮以比起动机电枢轴快得多的速度旋转,在摩擦力的作用下,滚柱滚到楔形槽宽敞的空隙部分。从而释放驱动齿轮,使驱动齿轮轴可以相对于电枢自由打滑。这样转矩就不能从驱动齿轮传到电枢,从而防止了电枢超速飞散的危险。

② 摩擦片式单向离合器

摩擦片式单向离合器多用于柴油发动机使用的功率较大的起动机上。图 3-11 所示为摩擦片式单向离合器的结构。

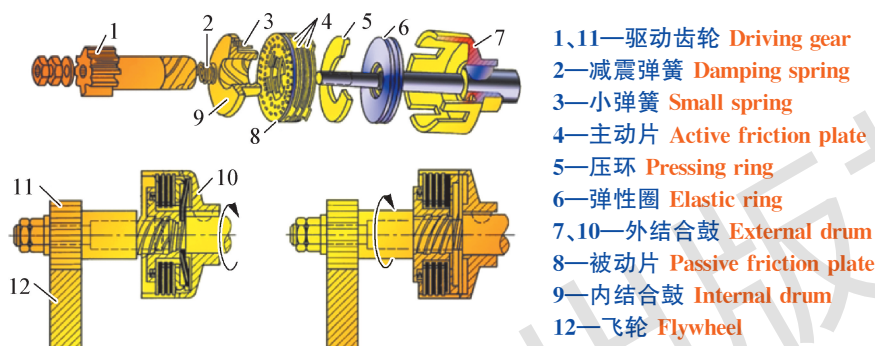


图 3-11 摩擦片式单向离合器

Fig. 3-11 Friction disc type overrunning clutch

发动机起动后内接合鼓开始瞬间是静止的,在惯性力作用下,内接合鼓由于花键套筒的旋转而左移,从而使主、被动摩擦片压紧而传力,电枢转矩最终传给驱动齿轮。发动机起动后,飞轮齿圈的转速高于驱动齿轮,于是内接合鼓又沿传动套筒的螺旋花键右移,使主、被动摩擦片出现间隙而打滑,避免了电枢超速飞散。

摩擦片式离合器可以传递较大转矩,并能在超载时自动打滑,但由于摩擦片易磨损,需经常检查调整,其结构也较复杂。

③ 弹簧式单向离合器

图 3-12 所示为弹簧式单向离合器的结构。起动发动机时,电枢轴带动花键套筒 8 稍有转动,扭力弹簧 5 顺着其螺旋方向将齿轮柄与花键套筒 8 包紧,起动机转矩经扭力弹簧 4 传给驱动齿轮 2 起动发动机。发动机起动后,驱动齿轮转速高于花键套筒,扭力弹簧放松,驱动齿轮与花键套筒松脱打滑,发动机的转矩不能传给电动机电枢。



图 3-12 弹簧式单向离合器

Fig. 3-12 Spring type overrunning clutch

弹簧式单向离合器结构简单,寿命长,成本低。但其轴向尺寸较大,因此主要用在一些



大功率起动机上。

(2) 拨叉

拨叉的作用是使离合器做轴向移动,将驱动齿轮啮入和脱离飞轮齿环。汽车上采用的拨叉一般有机械式拨叉和电磁式拨叉两种(机械式拨叉目前已经被淘汰)。电磁式拨叉结构如图 3-13 所示。

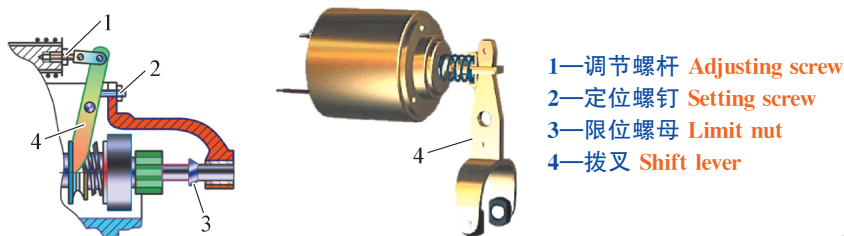


图 3-13 拨叉

Fig. 3-13 Shift lever

这种电磁式拨叉用外壳封装于起动机壳体上,由可动部分和静止部分组成。可动部分包括拨叉和电磁铁心,两者之间用螺杆活动地联接。静止部分包括绕在电磁铁心钢套外的线圈、拨叉轴和回位弹簧。电磁式拨叉的结构紧凑,操作省力又方便,还不受安装位置的限制。

发动机起动时,按下按钮或起动开关,线圈通电产生电磁力将铁心吸入,于是带动拨叉转动,由拨叉头推出离合器,使驱动齿轮啮入飞轮齿环。发动机起动后,只要松开按钮和开关线圈就断电,电磁力消失,在回位弹簧的作用下,铁心退出拨叉返回,拨叉头将打滑工况下的离合器拨回,驱动齿轮脱离飞轮齿环。

3. 操纵机构

目前起动机的操纵机构普遍采用电磁开关式。电磁开关的作用是控制起动机驱动齿轮与飞轮的啮合与分离,以及电动机电路的通断。电磁开关主要由吸拉线圈、保持线圈、活动铁心、接触盘、触点等组成,如图 3-14 所示。



图 3-14 电磁开关结构图

Fig. 3-14 Structure of solenoid switch

以图 3-15 为例说明电磁开关的工作原理。

(1) 接通起动开关,电磁开关通电,其电流路径为:

① 电源→起动机开关→继电器 13 的线圈→搭铁→蓄电池负极,继电器 13 的触点 2、3 闭合。

② 蓄电池 1 正极→继电器触点 2→继电器触点 3→吸拉线圈 4→直流电机磁场绕组和电枢绕组→搭铁→蓄电池负极。

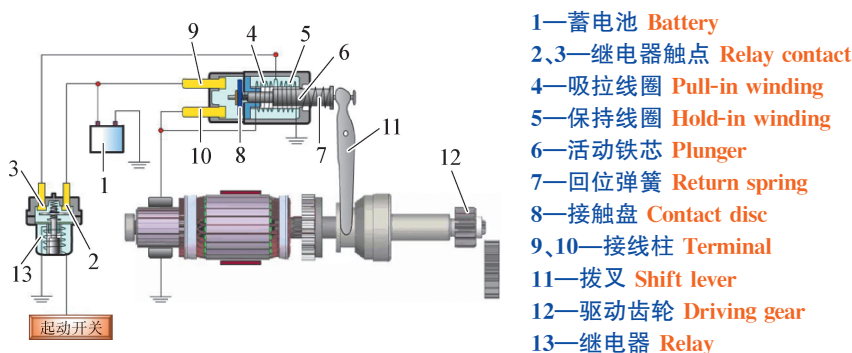


图 3-15 电磁开关控制原理

Fig. 3-15 Principle of solenoid switch

③ 蓄电池 1 正极→继电器触点 2→继电器触点 3→保持线圈 5→搭铁→蓄电池负极。

此时吸拉线圈 4 和保持线圈 5 产生的磁力方向相同,在两线圈磁力的共同作用下,使活动铁心 6 克服弹簧力左移,带动拨叉 11 将驱动齿轮推向飞轮,与此同时,活动铁心将接触盘 8 顶向触点。当驱动齿轮与飞轮啮合时,接触盘 8 将触点 9、10 接通,使起动机通入起动电流,产生正常电磁转矩起动发动机。接触盘接通触点时,吸引线圈被短路,活动铁心靠保持线圈的磁力保持在吸合的位置。

(2) 起动后,在断开起动开关的瞬间,接触盘仍在接触位置,此时电磁开关线圈电流为:

蓄电池 1 正极→接线柱 9→接触盘 8→接线柱 10→吸拉线圈 4→保持线圈 5→搭铁→蓄电池负极。

由于吸拉线圈产生了与保持线圈相反方向的磁通,两线圈磁力互相抵消,活动铁心在弹簧力的作用下回位,使驱动齿轮退出。与此同时,接触盘也回位,切断起动机电路,起动机便停止工作。

三、减速起动机

减速起动机在电枢和驱动齿轮之间装有一级减速齿轮,它的优点是:采用了小型高速低转矩的电动机,使得起动机的体积小、重量轻而便于安装;提高了起动机的起动转矩而有利于发动机的起动;电枢轴较短而不易弯曲。减速齿轮的结构简单、效率高,保证了良好的机械性能。

减速起动机的减速机构有外啮合式、内啮合式和行星齿轮啮合式三种。

1. 外啮合式减速起动机

外啮合式减速起动机的结构如图 3-16 所示。外啮合式减速机构在电枢轴和起动机驱动齿轮之间用惰轮做过渡传动,电磁开关铁心与驱动齿轮同轴,它直接推动驱动齿轮进入啮合,无须拨叉,因此起动机的外形与普通的起动机有较大的差别。外啮合式减速机构的传动中心距较大,受起动机结构的限制,其减速比不能太大,一般在小功率的起动机上应用。

2. 内啮合式减速起动机

图 3-17 所示为内啮合式减速起动机原理图。内啮合式减速机构传动中心距小,可以有较大的减速比,故可适用于较大功率的起动机。内啮合式减速机构的驱动齿轮仍用拨叉拨动进入啮合,因此起动机的外形与普通起动机相似。

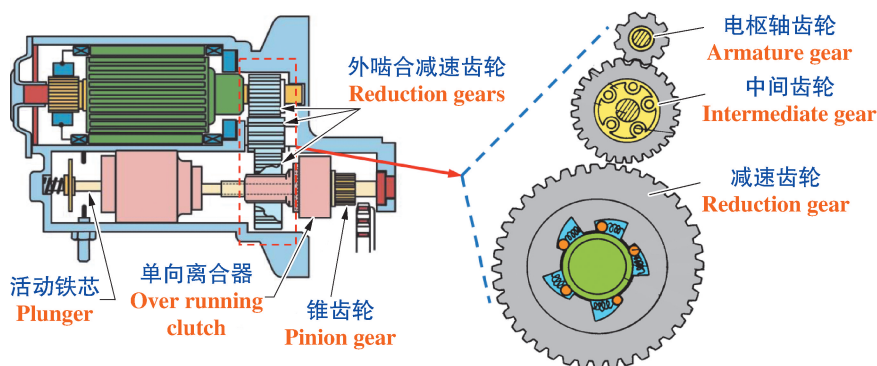


图 3-16 外啮合式减速起动机

Fig. 3-16 External deceleration starter

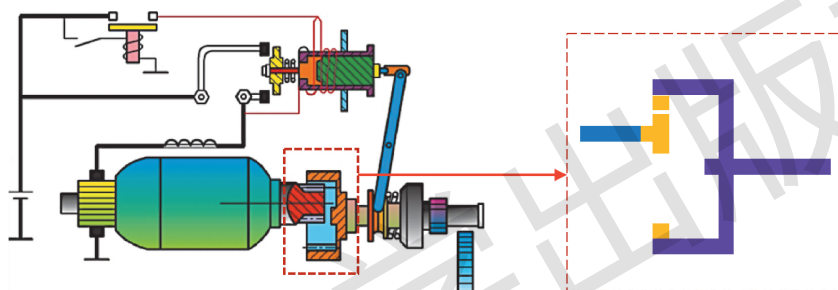


图 3-17 内啮合式减速起动机

Fig. 3-17 Internal deceleration starter

3. 行星齿轮啮合式减速起动机

行星齿轮啮合式起动机一例如图 3-18 所示。行星齿轮传动具有结构紧凑、传动比大、效率高的特点。行星齿轮啮合式起动机由于输出轴与电枢轴同轴、同旋向,电枢轴无径向载荷,可使整机尺寸减小。除了增加行星齿轮减速机构的差别,行星齿轮式减速起动机其他轴向位置上的结构与普通起动机相同,因此配件可以是通用的。

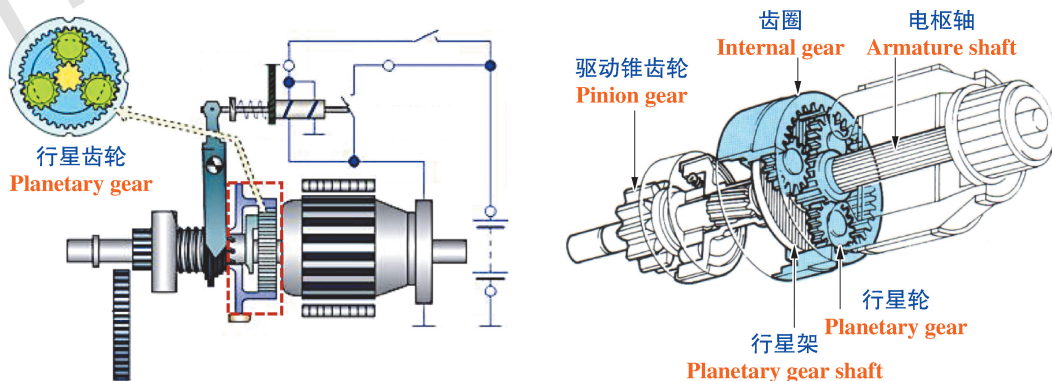


图 3-18 行星齿轮式减速起动机

Fig. 3-18 Planetary gear deceleration starter



四、起动机的使用与维护

为了延长起动机的使用寿命,并保证能迅速、可靠、安全地工作,使用起动机必须注意以下几点:

(1) 起动机的安装:起动机安装面和凸缘止口(径向定位面)与发动机缸体或变速箱的安装面必须有良好的接触,不得有油污和锈蚀,起动机安装中心必须与发动机安装中心一致;安装螺钉固定时,必须同时紧固,切忌先紧固好其中一只,然后再紧固其他,造成安装中心偏移;起动机固定后,不可再用工具强行撬动起动机,以免破坏起动机的安装接触面和对中性。

(2) 线束的连接:电磁开关接线柱的 M10 螺母拧紧力矩一般取 $14.7 \sim 17.7 \text{ N} \cdot \text{m}$,力矩过小会引起线束松动,引起发热,增加电路压降,影响起动性能,甚至造成打火烧蚀。力矩过大则会导致拧断接线柱。

(3) 蓄电池的使用:必须按设计要求选择电瓶,并经常保持电瓶有良好的放电性能。一旦发现电瓶损坏,必须及时更换,否则大电流通过时内阻使线路压降大大增加,影响起动机的输出功率。

(4) 起动机正常工作时间为 $1.5 \sim 2 \text{ s}$,最长工作时间每次不得超过 5 s ,如果大于 5 s 还未发动,必须中断起动,间隔 $20 \sim 30 \text{ s}$ 后再次起动。如 3 次不能正常发动,必须检查线路或发动机是否有故障,排除故障后再可起动。

(5) 起动电路的检查:一般电瓶端电压小于 12 V 时不得强行起动(解释:蓄电池荷电量 100% 时电压在 12.78 V 左右,在理论上要求蓄电池荷电量低于 95% 时不得起动,而此时蓄电池电压在 12.14 V 左右),必须在电瓶重新充电恢复正常电压后才能起动。

(6) 由于起动机一般安装在发动机旁边,有相当高的环境温度,要避免热态下整车泡进水中,引起零部件受损。

(7) 经常检查电路各节点及接插件,如有生锈、腐蚀或松动,应及时排除,以免电路发热,产生过大电路压降,影响起动机正常工作。

(8) 如整车配有中间继电器控制起动机电磁开关,中间继电器主触点电流容量不能小于 50 A ,并保证其工作可靠性(能及时通断),同时继电器的轴向安装方向尽量采取水平放置并与汽车行驶方向垂直,避免汽车行驶振动过程中继电器误接通。

(9) 发动机长时间不工作时,尽量不要将钥匙停留在“ON”位置上,否则就会导致蓄电池的电全部放完。当点火开关钥匙旋转到“START”位置之前,一定要把换挡杆放在空挡位置。

(10) 点火起动时不要踩油门踏板。

(11) 个别车型起动机在使用一段时间后,由于齿轮箱内环境影响,造成电机驱动轴上油污、尘埃结聚,引起驱动齿轮复位迟缓而被飞轮反带产生瞬时响声,但不会影响起动性能。消除此响声的最好办法:将电机拆下,在驱动轴上加少许中性机油清洗污渍后即可恢复(切不可使用汽油清洗)。



任务实施



一、起动机不解体检测

进行起动机的解体之前,最好进行不解体检测,通过不解体的性能检测大致可以找出故障。起动机组装完毕之后也应进行性能检测,以保证起动机正常运行。在进行以下的检测时,应尽快完成,以免烧坏电动机中的线圈。

1. 吸拉线圈性能测试

断开直流电机磁极与电磁开关 C 端子的连接线,将蓄电池正极接电磁开关 50 端子,负极接 C 端子,如图 3-19 所示。驱动齿轮应能伸出,否则表明其功能不正常。

2. 保持线圈性能测试

保持线圈性能测试接线方法如图 3-20 所示,在驱动齿轮移出之后从端子 C 上拆下导线。驱动齿轮仍能保持在伸出位置,否则表明保持线圈损坏或接地不正确。

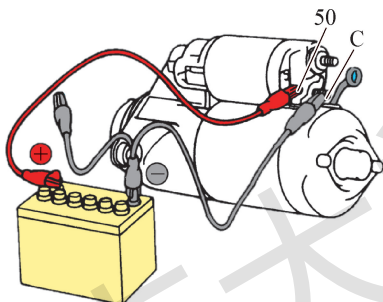


图 3-19 吸拉线圈性能测试

Fig. 3-19 Performance test of pull-in winding

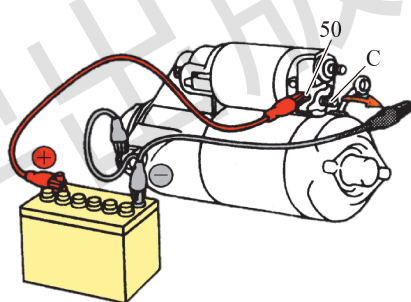


图 3-20 保持线圈性能测试

Fig. 3-20 Performance test of hold-in winding

3. 驱动齿轮复位测试

如图 3-21 所示,拆下蓄电池负极接外壳的接线夹后,驱动齿轮能迅速返回原始位置即为正常。

4. 空载测试

固定起动机,按图 3-22 所示的方法连接导线。通电后起动机应该平稳运转,同时驱动

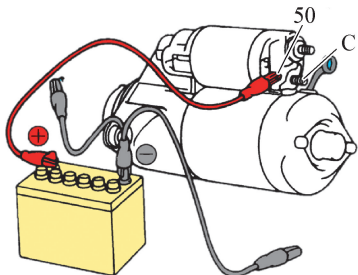


图 3-21 驱动齿轮复位测试

Fig. 3-21 Driving gear reset test

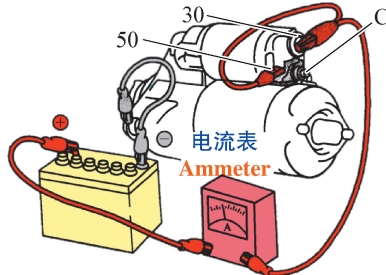


图 3-22 起动机的空载测试

Fig. 3-22 No-load test of starter



齿轮应移出;读取电流表的数值,应符合标准值;断开端子 50 后,起动机应立即停止转动,同时驱动齿轮缩回。

二、起动机的解体检测

1. 直流电动机的检修

(1) 磁场绕组的检测

如图 3-23 所示,用万用表电阻挡检查励磁绕组和定子外壳时,若电阻值为无穷大,则正常;若电阻值为零或很小,则说明有搭铁故障。

如图 3-24 所示用万用表电阻挡检查励磁绕组两电刷之间时,应导通;若不导通,则存在断路故障。

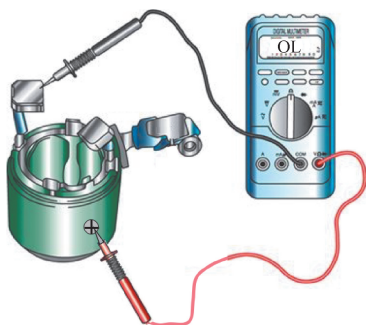


图 3-23 磁场绕组的绝缘检测

Fig. 3-23 Excitation winding insulation test

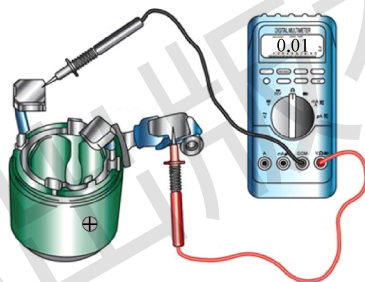


图 3-24 磁场绕组的通断检测

Fig. 3-24 Excitation winding continuity test

(2) 电枢的检测

图 3-25 所示为电枢绕组的绝缘情况检测。将万用表置于电阻挡,表笔分别搭在换向器和铁芯(或电枢轴)上,电阻值应为无穷大;若电阻值为零,则说明存在搭铁故障,应更换。

图 3-26 所示,为电枢绕组通断情况检测。将万用表置于电阻挡,表笔依次、分别搭在换向器相邻的铜片上,电阻值应该一致。

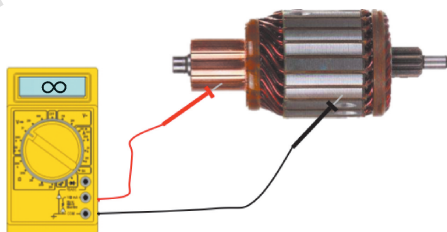


图 3-25 电枢绕组搭铁检测

Fig. 3-25 Rotor winding insulation test

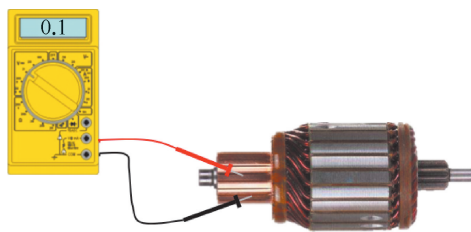


图 3-26 电枢绕组通断检测

Fig. 3-26 Rotor winding continuity test

图 3-27 所示为换向器圆跳动量检测。其失圆(即跳动量)不应超过 0.03 mm,最新的标准为 0.02 mm。



图 3-28 所示,为电枢轴跳动检测。其跳动量不应大于 0.08 mm,否则应进行校正或更换电枢。检查时应和标准值进行比较,若测得的直径小于最小值应更换电枢。

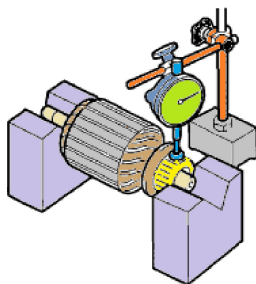


图 3-27 换向器圆跳动检测

Fig. 3-27 Commutator circular run-out test

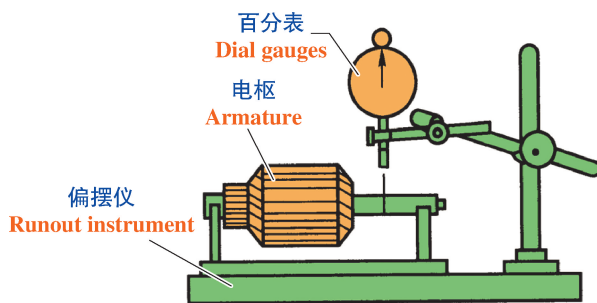


图 3-28 电枢轴跳动量检测

Fig. 3-28 Armature shaft circular run-out test

(3) 电刷总成的检测

电刷的高度应不小于新电刷高度的 $\frac{2}{3}$;电刷与换向器的接触面积应在 75% 以上;电刷在电刷架内应活动自如、无卡滞现象。

用万用表电阻挡测量两个绝缘电刷架 A 与底座之间的电阻值,应为无穷大,否则说明电刷架绝缘部分损坏;用相同的方法检测两个搭铁电刷架 B 与底座之间的电阻值,应小于 $1\ \Omega$,否则说明搭铁不良,如图 3-29 所示。

用弹簧秤检测弹簧的弹力,应为 11.76~14.7 N,如过小应更换,如图 3-30 所示。

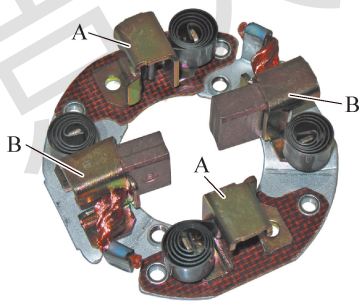


图 3-29 电刷架的检测

Fig. 3-29 Brush holder test

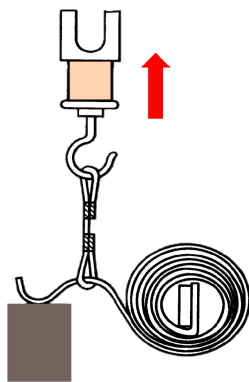


图 3-30 电刷弹簧的检测

Fig. 3-30 Brush spring test

2. 单向离合器的检测

将单向离合器及驱动齿轮总成装到电枢轴上,握住电枢,当转动单向离合器外座圈时,驱动齿轮总成应能沿电枢轴自如滑动,如图 3-31(a)所示。检查小齿轮和花键及飞轮齿圈有无磨损或损坏,在确保驱动齿轮无损坏的情况下,握住外座圈,转动驱动齿轮,应能自由转动;反转时应锁住,否则应更换单向离合器,如图 3-31(b)所示。

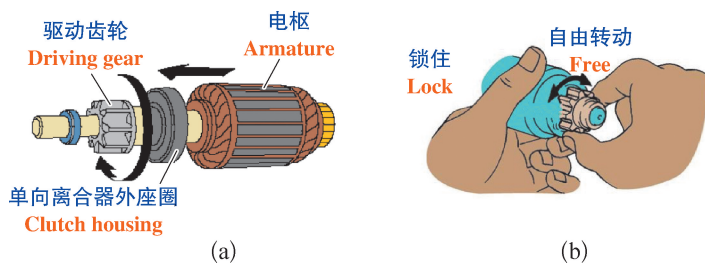


图 3-31 单向离合器检测
Fig. 3-31 Overrunning clutch test

3. 电磁开关的检测

(1) 吸拉线圈的检测

如图 3-32 所示,用万用表的电阻挡,将两表笔分别接电磁开关的 50 接线柱和 C 接线柱,若有电阻值,说明吸拉线圈良好;若电阻值为零,则存在短路故障;若电阻值为无穷大,则存在断路故障。短路或断路都应该更换电磁开关或直接更换起动机总成。

(2) 保持线圈的检测

如图 3-33 所示,用万用表的电阻挡,将两表笔分别接电磁开关的 50 接线柱和壳体,若有电阻值,说明保持线圈良好;若电阻值为零,则存在短路故障;若电阻值为无穷大,则存在断路故障。

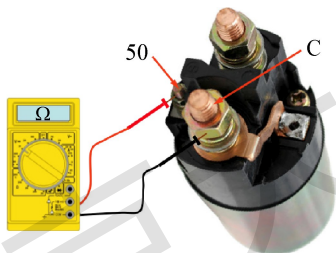


图 3-32 吸拉线圈的检测
Fig. 3-32 Pull-in winding test

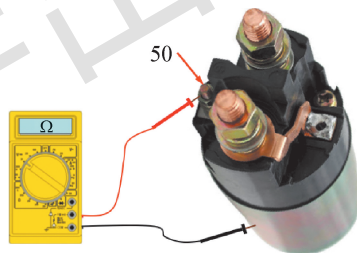


图 3-33 保持线圈的检测
Fig. 3-33 Hold-in winding test

(3) 电磁开关接触盘的检测

如图 3-34 所示,用手将电磁开关的活动铁芯压住,使电磁开关的接触盘向左移动,从而接通 30 接线柱和 C 接线柱。用万用表的电阻挡,将两表笔分别接电磁开关的 30 接线柱和 C 接线柱,若电阻值为零,说明接触良好。

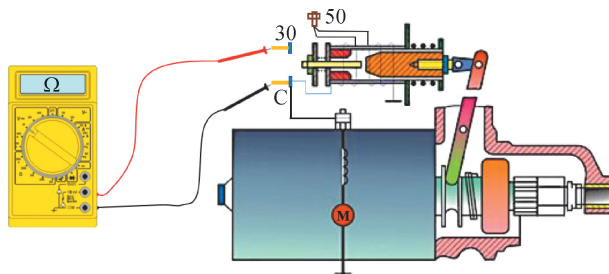


图 3-34 接触盘的检测
Fig. 3-34 Contact disc test



任务2 起动系统电路分析与检修

学习目标



掌握起动系统电路分析的方法；
 熟练拆画起动系统电路图；
 熟练使用工具、对起动系统电路进行检修；
 学会尊重劳动、尊重知识、尊重人才、尊重创造。

相关知识



一、传统起动系统电路分析

传统的起动系统电路有两种形式：一种是不带起动继电器；另一种是带起动继电器。不论带或不带起动继电器，都可将起动电路分为两个部分：一部分是主电路，另一部分为控制电路。主电路是在起动机工作时为起动机励磁线圈和电枢绕组提供电能（流）的电路。控制电路的作用是控制起动机电磁开关动作，一方面使起动主电路接通，另一方面使起动机小齿轮与飞轮啮合，达到使起动机带动发动机飞轮齿圈转动的目的。

1. 不带起动继电器的起动系统

如图 3-35 所示，不带起动继电器的起动系统是通过点火开关直接控制起动机电磁开关工作，由于起动机电磁开关在工作时电流较大，容易使点火开关损坏，所以现在的汽车已很少采用。

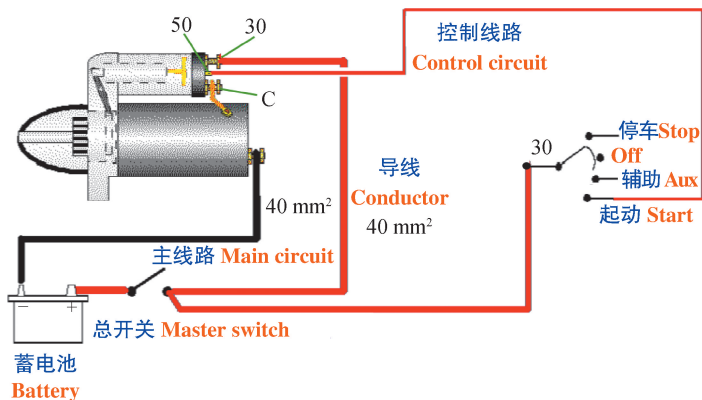


图 3-35 不带继电器的起动系统

Fig. 3-35 No-relay starter system



(1) 控制电路一: 蓄电池正极→电源总开关→点火开关 30 接线柱→点火开关 START 挡→起动机电磁开关 50 接线柱→吸拉线圈→电磁开关 C 接线柱→直流电机磁极绕组→电枢绕组→起动机外壳→搭铁→蓄电池负极。

(2) 控制电路二: 蓄电池正极→电源总开关→点火开关 30 接线柱→点火开关 START 挡→起动机电磁开关 50 接线柱→保持线圈→起动机外壳→搭铁→蓄电池负极。

(3) 主电路: 蓄电池正极→电源总开关→电磁开关 30 接线柱→电磁开关内部接触盘→电磁开关 C 接线柱→直流电机磁极绕组→电枢绕组→起动机外壳→搭铁→蓄电池负极。

2. 带起动继电器的起动系统

带起动继电器的起动控制电路通过控制起动继电器内的电磁线圈, 使继电器内部的常开触点闭合而接通起动电磁开关电路, 使起动电磁开关工作, 如图 3-36 所示。

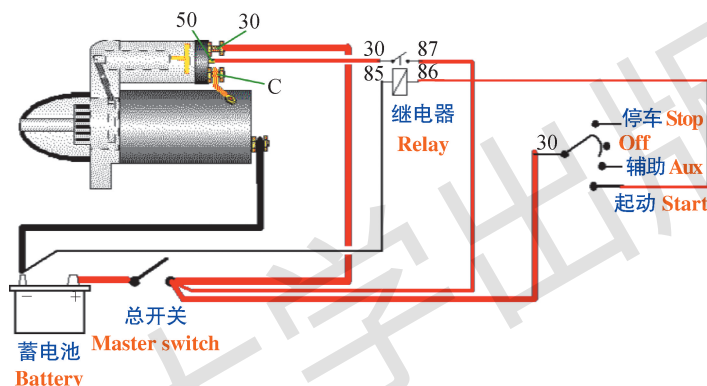


图 3-36 带继电器的起动系统

Fig. 3-36 Single relay starter system

(1) 控制电路一: 蓄电池正极→电源总开关→点火开关 30 接线柱→点火开关 START 挡→起动继电器 86 号端子→继电器线圈→继电器 85 号端子→蓄电池负极。此时, 起动继电器 30 和 87 号端子之间的常开触点吸合。

(2) 控制电路二: 蓄电池正极→电源总开关→起动继电器 87 号端子→吸合的触点→起动继电器 30 号端子→起动机电磁开关 50 接线柱→电磁开关内部吸拉线圈→电磁开关 C 接线柱→直流电机磁极绕组→电枢绕组→起动机外壳→搭铁→蓄电池负极。

蓄电池正极→电源总开关→起动继电器 87 号端子→吸合的触点→起动继电器 30 号端子→起动机电磁开关 50 接线柱→电磁开关内部保持线圈→外壳搭铁→蓄电池负极。

(3) 主电路: 蓄电池正极→电源总开关→电磁开关 30 接线柱→电磁开关内部接触盘→电磁开关 C 接线柱→直流电机磁极绕组→电枢绕组→起动机外壳→搭铁→蓄电池负极。

3. 组合继电器的起动系统

上述两种电路在发动机起动后, 如果不小心将点火开关再转动到起动位置, 起动电路会被接通而造成打齿现象。这是因为发动机工作时, 起动机小齿轮试图与飞轮齿圈啮合, 转速不同而造成的。因此, 有些车辆采用了组合起动继电器, 如图 3-37 所示。

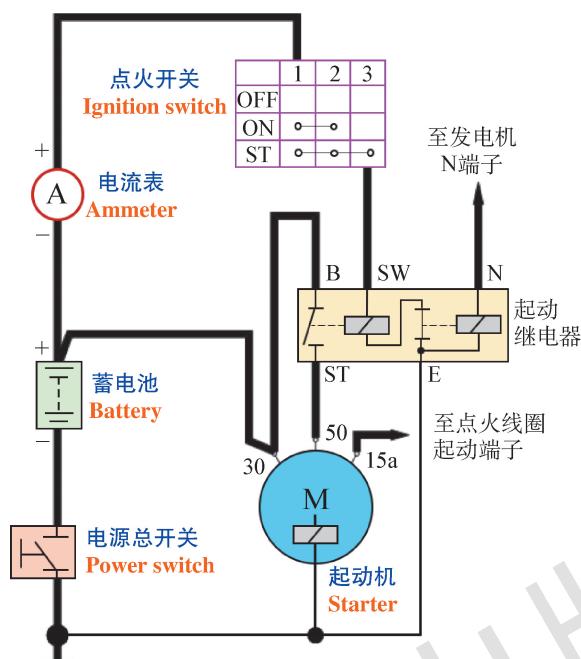


图 3-37 组合继电器的起动系统

Fig. 3-37 Compound relay starter system

二、电脑控制的起动系统电路分析

起动继电器由车身电脑或者发动机电脑等控制,电脑会分析各种起动条件是否满足,如果满足,才会给起动继电器供电,否则不给信号。在维修这类系统时,就要仔细检查起动条件是否满足,或者查阅维修资料,了解具体的起动条件。不同的车,起动条件都略有差异。

以 2012 款迈腾 B7 装配 1.8 升汽油发动机的起动系统为例,电路拆画如图 3-38 所示。当发动机控制单元 J623 接收到挡位信号(P/N)、制动信号 F 和点火开关的 50 信号后,起动机才能工作。电路分析如下:

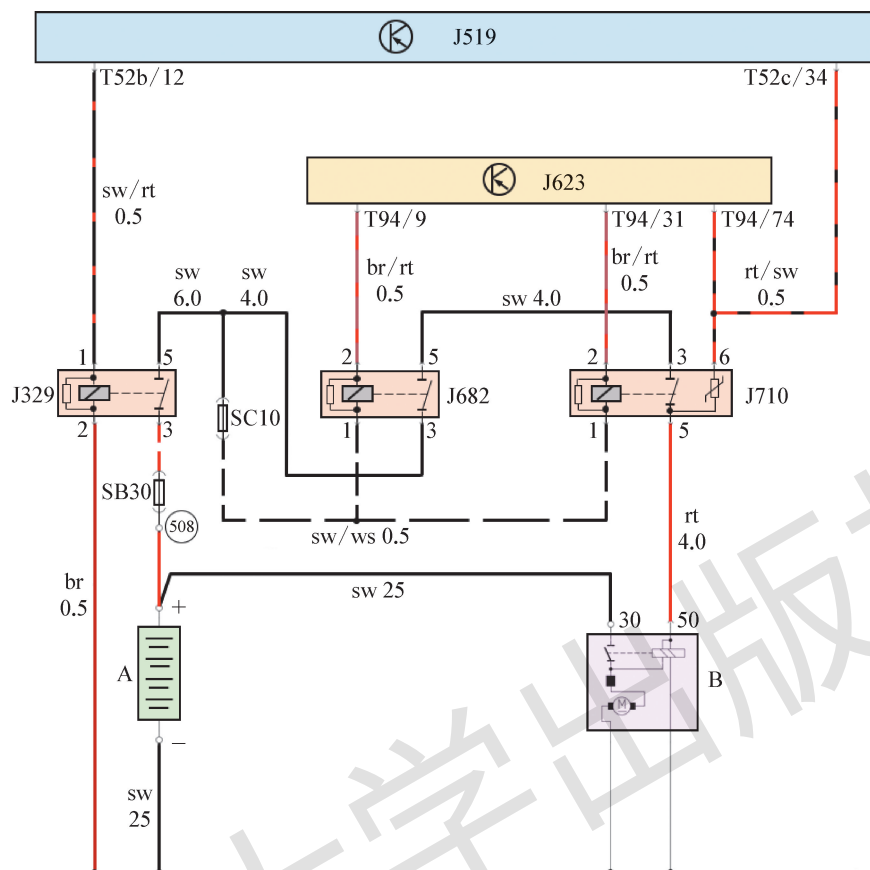
(1) J329 的控制电路:电流经 J519 的 T52b/12 端子→J329 电磁线圈的 1 号端子→J329 电磁线圈的 2 号端子→搭铁,使触点吸合。

(2) J329 的负载电路:蓄电池 A 的正极→SB30 保险丝→J329 的 3 号端子→329 的 5 号端子→分别给 J682 和 J710 供电。

(3) J682 的控制电路:蓄电池 A 的正极→SB30 保险丝→J329 的 3 号端子→329 的 5 号端子→SC10 保险丝→J682 的 1 号端子→J682 的 2 号端子→J623 的 T94/9 号端子→ECU 内部功率三极管控制电路→搭铁。

(4) J682 的负载电路:蓄电池 A 的正极→SB30 保险丝→J329 的 3 号端子→329 的 5 号端子→J682 的 3 号端子→J682 的 5 号端子→J710 的 3 号端子(当触点闭合时)→J710 的 5 号端子→起动机 B 的 50 号端子→通过起动机外壳搭铁。

(5) J710 的控制电路:蓄电池 A 的正极→SB30 保险丝→J329 的 3 号端子→329 的 5 号端子→SC10 保险丝→J710 的 1 号端子→J710 的 2 号端子→J623 的 T94/31 号端子→ECU



J159—车载电网控制单元 J623—发动机控制单元 J329—端子 15 供电继电器
J682—供电继电器 J710—供电继电器 2 A—蓄电池 B—起动马达

图 3-38 ECU 控制的起动系统

Fig. 3-38 ECU control starter system

内部功率三极管控制电路→搭铁。

(6) J710 的反馈信号电路: J710 的 6 号端子→J623 的 T94/74 号端子; J710 的 6 号端子→J519 的 T52c/34 号端子。点火开关处于起动挡位置时, 如反馈信号为 12 V, J623 判定起动系统正常, J519 关闭大功率用电器信号(如: 大灯、音响等); 如反馈信号为 0 V, J623 判定起动系统有故障, 生成相应的故障码。发动机起动后, 点火开关回位至 ON 挡, 此时反馈信号为 0 V, J623 判定起动完成, J519 开启大功率用电器信号。



一、起动继电器的检测

1. 静态检测

可用万用表测电阻的方法检查判断继电器的好坏。拔下继电器, 用万用表电阻挡测量



(85)脚与(86)脚(如:图 3-38 中 J682 的 1、2 号端子)应导通;测量(87)脚与(30)脚(如:J682 的 3、5 号端子)电阻值应为 ∞ 。如检测结果与上述规律不符,说明继电器有问题。

2. 动态检测

如果上述检查无问题,可在(85)与(86)脚间加 12 V 电源,用万用表电阻挡测量(87)脚与(30)脚应导通。如不符合上述规律,或通电后继电器发热,均说明其已损坏。

二、起动电流的波形检测

检测起动电流波形的目的有两个:测量起动电流的大小;分析各气缸的压缩压力是否均衡。

起动电流的大小影响因素很多,包括润滑油黏度、起动机工作条件、起动电路、蓄电池状况和气缸压缩压力等。一般来说,四缸汽油发动机的起动电流大约为 80~200 A。从图 3-39 所示起动瞬间产生的电流波峰可见,起动机带动静止发动机旋转和带动运转的发动机旋转时起动电流差别很大,前者大约是后者的 2~3 倍。

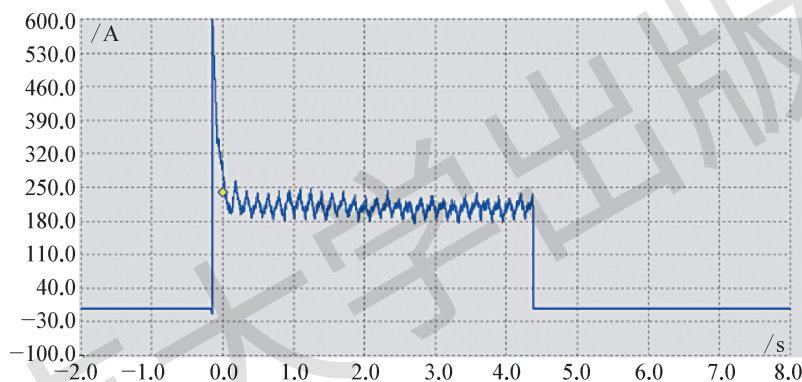


图 3-39 起动电流波形

Fig. 3-39 Start current waveform

起动机带动发动机曲轴旋转所需要的转矩是起动电流的函数,起动电流的变化与气缸压力的变化间存在着对应的关系,而起动转矩又与气缸压力成正比。比较不同气缸在压缩行程所需的起动电流,可以获得气缸压缩压力信息。压缩压力越高,所需要的起动电流就越大,反之亦然。因此,只要不是为了获得各气缸压力的具体数值,而是为了比较各气缸压力是否均衡,完全可以采用通过测量起动过程中起动电流的变化去评价各气缸的密封性。

起动电流波形测试如图 3-40 所示。测试方法:将大量程的电流钳夹在蓄电池正极和起动机 30 端子的起动线路中(注意电流钳的方向);调节示波器显示屏上的功能键,使测得的波形处于最佳观测状态;起动发动机,



图 3-40 起动电流波形测试

Fig. 3-40 Start current waveform test



此时会在示波器显示屏上显示起动电流波形;按下保持键,可以保持、存储和打印测得的波形图。测得的电流波形如图 3-39 所示。

各缸压缩压力测试方法:按图 3-40 所示方式接好测试线路,并调试好示波器的波形观测参数;拔下燃油泵保险丝;将点火钥匙打到起挡,由起动机带动发动机运转;此时,在示波器显示屏上将会出现各缸的起动电流波形,此波形即可反映各缸压缩压力的状况。

项目四

点火系统检修



扫码获取微课视频



项目导入

全面建设社会主义现代化国家,必须坚持中国特色社会主义文化发展道路,增强文化自信,围绕举旗帜、聚民心、育新人、兴文化、展形象,建设社会主义文化强国,发展面向现代化、面向世界、面向未来的,民族的、科学的、大众的社会主义文化,激发全民族文化创新创造活力,增强实现中华民族伟大复兴的精神力量。

汽车的点火系统,能在适当的时机提供足够的电压,使火花塞能产生足以点燃气缸内混合气的火花,让发动机得到最佳的燃烧效率。可以说,汽车的点火系统在汽车的使用中发挥着不可替代的作用。本文主要带领大家来了解汽车点火系统结构、工作原理以及常见的故障及维修办法。

任务1 传统点火系统检修



学习目标



- 掌握传统点火系统各组成部分的结构;
- 理解点火系统高压产生的原理;
- 熟练使用工具拆卸点火系统;
- 熟练使用工具测量点火系统各项参数;
- 弘扬伟大建党精神,成为担当民族复兴大任的时代新人。



相关知识



一、点火系统基础认知

汽油发动机中,气缸内的可燃混合气是采用高压电火花点燃的,故在汽油发动机上设有专门的点火控制装置,即点火系统。



1. 点火系统的作用与分类

(1) 点火系统的作用

将蓄电池或发电机的低压电按照发动机的点火顺序适时产生高压电,使需要点火气缸的火花塞产生电火花,点燃混合气。

(2) 点火系统的分类

汽车发展至今已 150 多年,点火系统也随着科学技术的进步,特别是电子技术的发展而不断地改进和应用。按照点火系统技术改进和应用的不同阶段,通常可以分为传统点火系统(已淘汰)、普通电子点火系统(已淘汰)和微机控制的点火系统(目前广泛使用)三类。

2. 对点火系统的要求

为保证在发动机各种工况和使用条件下都能适时、可靠地点火,点火系统应能满足如下三个基本要求。

(1) 能产生足够高的次级电压

汽油发动机气缸内的可燃混合气是靠火花塞产生电火花点燃的,而击穿火花塞中心电极和侧电极之间的间隙必须有足够高的次级电压。要保证火花塞可靠跳火,次级电压一般在 15 kV 左右,考虑各种不利因素的影响,通常对点火系统的设计能力为 30 kV。

(2) 火花要有足够的能量

要使混合气可靠点燃,必须具有足够的点火能量。发动机正常工作时,混合气接近压缩终了的温度已趋于自燃温度,因此所需的火花能量很小,一般在几毫焦(1~5 mJ);但在发动机起动、怠速及急加速时,由于混合气的温度较低或混合气过浓、过稀等原因,需要较高的火花能量,一般在几十毫焦(50~80 mJ)。电火花持续的时间不少于 500 μ s。

(3) 点火时刻应适应发动机工况

试验表明,在混合气燃烧膨胀过程中,当最高爆发压力出现在上止点后 10° 左右时,发动机输出功率最大。由于混合气在气缸内从开始点火到完全燃烧需要一定的时间(千分之几秒),所以点火不应在气缸压缩行程终了进行,而应适当提前一些。提前的点火时间用发动机曲轴转角来表示,称为点火提前角。点火提前角是指火花塞开始点火,活塞运行到上止点曲轴所转过的角度。

点火提前角的影响因素很多,主要有发动机转速、负荷、温度、爆震等。发动机转速增高,点火提前角增大;发动机负荷增大,点火提前角减小。使发动机获得最佳动力性、经济性和排放性的点火提前角称为最佳点火提前角,点火提前角应能自动调节,以适应发动机的各种工况。

二、触点式传统点火系统

1. 触点式传统点火系统的组成

触点式传统点火系统的组成如图 4-1 所示。它主要由电源、点火开关、点火线圈、分电器和火花塞等组成。

(1) 电源:提供点火系统所需电能。

(2) 点火开关:接通或断开点火系统电源。

(3) 点火线圈:储存点火能量,并将蓄电池电压转变为高电压。传统点火线圈结构如图 4-2 所示。

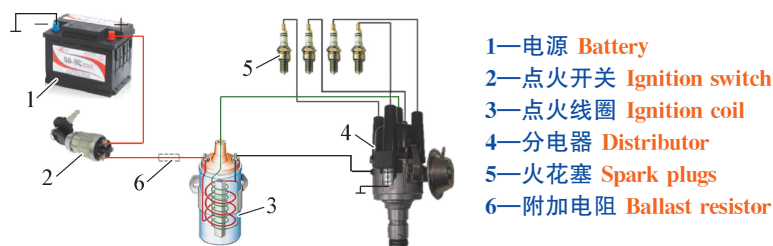


图 4-1 触点式传统点火系统

Fig. 4-1 Break point ignition system

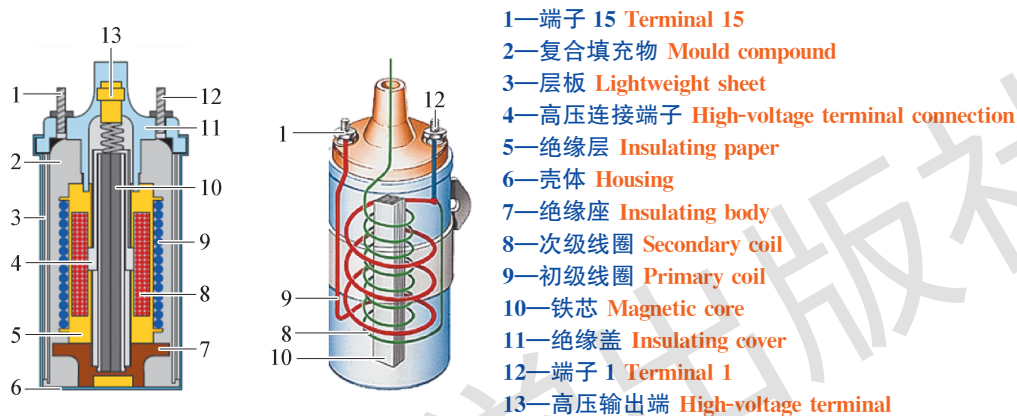


图 4-2 传统点火线圈

Fig. 4-2 Conventional ignition coil

(4) 分电器:由断电器、配电器、电容器和点火提前机构等部分组成。断电器俗称白金触点,其作用是接通或切断点火线圈的初级电路;配电器的作用是将点火线圈产生的高压电按发动机工作顺序输送至相应缸的火花塞;电容器的作用是在断电器工作时起灭弧作用;点火提前机构包括离心提前机构和真空提前机构,离心提前机构的作用是随发动机转速的变化自动调节点火提前角,发动机转速越高,点火提前角相应增大;真空提前机构的作用是随着发动机负荷的大小变化而自动调节点火提前角,在相同的转速下,发动机负荷增大,点火提前角相应减小。分电器结构如图 4-3 所示。

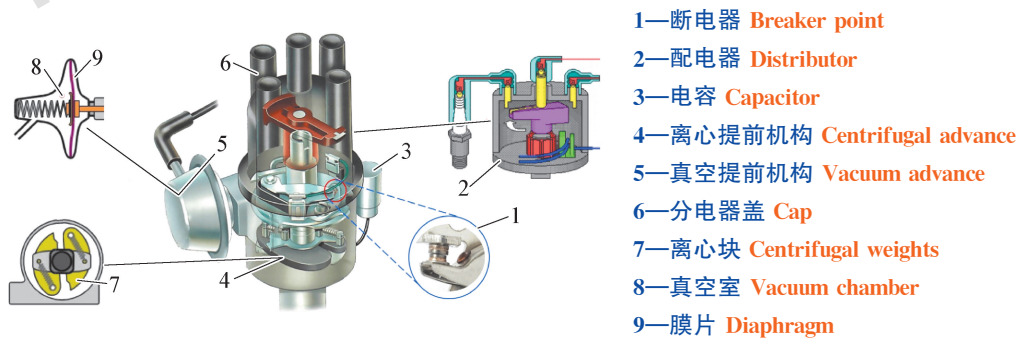


图 4-3 分电器的结构

Fig. 4-3 Structure of distributor

(5) 火花塞:导入高压电,击穿电极间隙,产生电火花,点燃混合气。火花塞的构造如图



4-4 所示。火花塞主要由中心电极、侧电极、钢壳、瓷绝缘体等组成,但其结构形式有多种。中心电极用镍铬合金制成,具有良好的耐高温、耐腐蚀性能。导体玻璃起密封作用。火花塞的间隙多为 $0.6\sim 0.8\text{ mm}$,但当采用电子点火时,间隙可增大至 $1.0\sim 1.2\text{ mm}$ 。

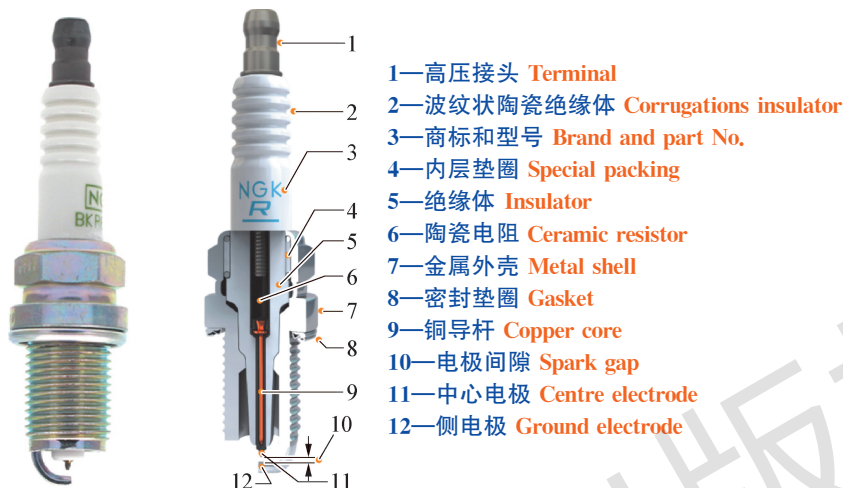


图 4-4 火花塞的结构

Fig. 4-4 Structure of spark plug

火花塞绝缘体上的温度保持在 $500\sim 700^{\circ}\text{C}$ 时,落在绝缘体上的油粒能自行烧掉而又不会引起炽热点火,这个温度称之为火花塞的自洁温度。

火花塞分冷型和热型,热型火花塞适用于压缩比小、转速低、功率小的发动机,因为这些发动机的燃烧室温度较低;冷型火花塞则适用于高压压缩比、高转速、大功率的发动机。

2. 触点式传统点火系统的工作原理

发动机工作时,发动机凸轮轴驱动分电器轴转动,分电器轴带动断电器凸轮轴转动,使断电器触点交替地闭合和打开,因此传统点火系统的工作原理可以分成以下三个阶段进行分析。

(1) 第一阶段:触点闭合,初级电流增长的过程,如图 4-5(a)所示。点火系统的初级电流为:蓄电池正极→点火开关→点火线圈的初级绕组→断电器触点→搭铁。初级电流按指数规律增长,以磁场能的形式储存在点火线圈中。

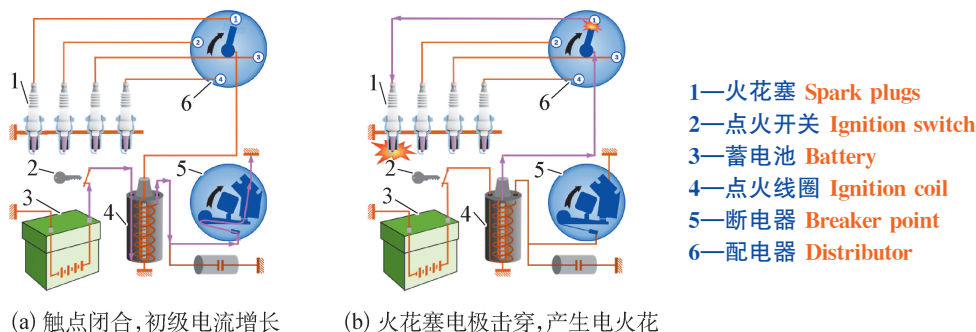


图 4-5 传统点火系统工作过程

Fig. 4-5 Working process of conventional ignition system



(2) 第二阶段:触点断开,次级绕组产生高压的过程。触点打开后,初级电流迅速降为零,磁通也随之迅速减少,此时,由于互感的作用,在次级绕组中产生高达 15~20 kV 的电动势,即次级高压。

(3) 第三阶段:火花塞电极击穿,产生电火花,点燃混合气,如图 4-5(b)所示。次级电流为:次级绕组→配电器→火花塞。此时,次级绕组的高压电击穿火花塞间隙,产生电火花,点燃混合气,使发动机做功。

三、普通电子点火系统

电子点火系统又称为半导体点火系统或晶体管点火系统,它主要由点火控制器、分电器及位于分电器内的点火信号发生器、点火线圈、火花塞等组成,如图 4-6 所示。

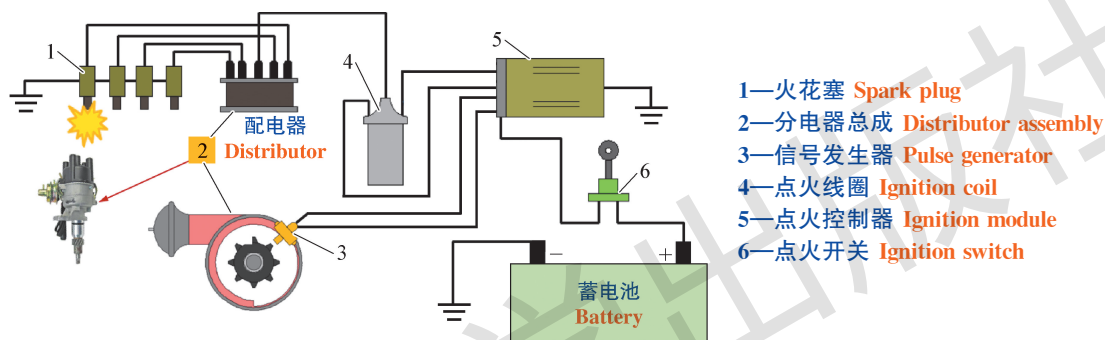


图 4-6 普通电子点火系统

Fig. 4-6 Electronic ignition system

点火控制器和信号发生器组件取代了触点式点火系统中的断电器组件,信号发生器产生点火正时信号,点火控制器根据信号控制点火线圈初级电流的通断。常见的点火信号发生器有磁感应式、霍尔式和光电式。

1. 磁感应式信号发生器

磁感式信号发生器由永久磁铁、感应线圈、铁芯、信号转子等组成,工作原理如图 4-7 所示。

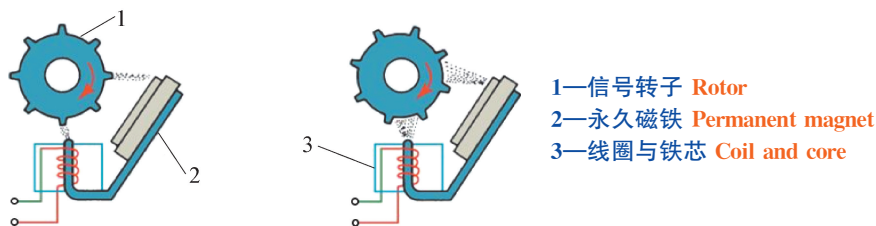


图 4-7 磁感式信号发生器

Fig. 4-7 Magnetic pulse generator

当信号转子转动时,穿过传感线圈的磁通发生变化时,线圈中将产生感应电动势。其中某一凸齿靠近永久磁铁,磁阻减小,通过传感线圈的磁通增加;凸齿与铁心对正时,穿过感应线圈的磁通量最大,变化量为零,此时感应电动势为零;凸齿离开永久磁铁时,磁阻增大,



通过传感线圈的磁通减少,感应电动势反向。感应电动势的大小与磁通变化率成正比。

随着信号转子的不断转动,感应线圈中的磁通量不断改变,在感应线圈的两端感应出交变的电压信号。感应线圈中磁通量和感应电动势变化情况如图 4-8 所示。

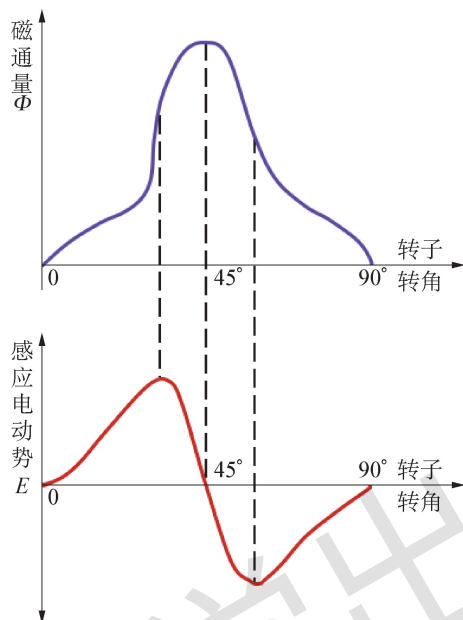


图 4-8 感应线圈中磁通量和感应电动势变化情况

Fig. 4-8 The transformation relations of the magnetic flux and induced electromotive force

2. 霍尔式信号发生器

霍尔式信号发生器是利用霍尔效应制成,装在无触点分电器中,霍尔电压产生的原理如图 4-9 所示。

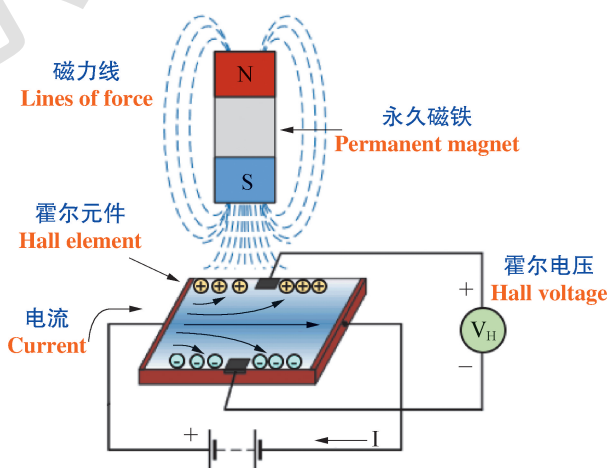


图 4-9 霍尔效应

Fig. 4-9 Hall effect



当电流垂直于外磁场通过半导体时,载流子发生偏转,垂直于电流和磁场的方向会产生一附加电场,从而在半导体的两端产生电势差,这一现象就是霍尔效应,这个电势差也被称为霍尔电压 V_H 。

图 4-10 所示为霍尔信号发生器的结构与原理,主要由霍尔集成电路(内含霍尔元件)、永久磁铁和触发叶轮组成。触发叶轮与分火头制成一体由分电器轴带动,触发叶轮转动,每当叶片进入永久磁铁与霍尔元件之间的空气隙时,磁场便被触发叶轮的叶片旁路而不能作用于霍尔元件上,此时不产生霍尔电压。霍尔式信号发生器产生的霍尔信号经集成电路处理后,输出波形如图 4-10 所示。

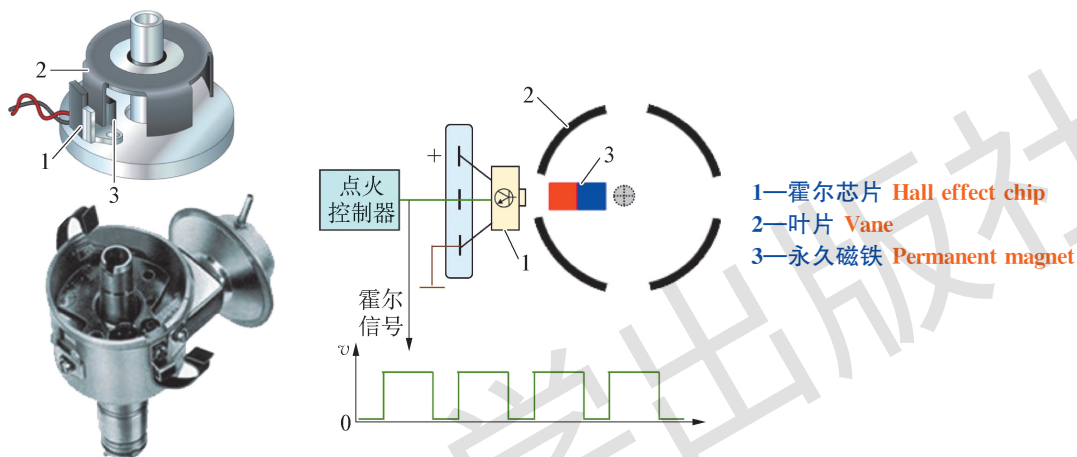


图 4-10 霍尔式信号发生器

Fig. 4-10 Hall pulse generator

3. 光电式信号发生器

光电式信号发生器是利用光电效应制成,以红外线或可见光光束进行触发,主要由光源、光接收器(光敏元件)、遮光盘等组成,如图 4-11 所示。

遮光盘的外缘介于光源与接收器之间,外缘上开有缺口,缺口允许光束通过,实体部分则能挡住光束。当遮光盘随分电器轴转动时,光源发出的光束被遮光盘交替遮挡,使光接收器中的光敏元件交替导通与截止,形成电脉冲信号。

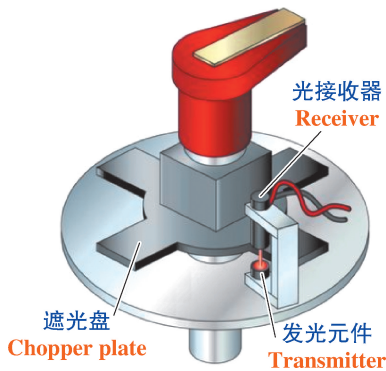


图 4-11 光电式信号发生器

Fig. 4-11 Photoelectric pulse generator

任务实施



一、传统点火系统主要元件的检修

1. 点火线圈的检测

(1) 初级线圈检测,如图 4-12(a)所示。将万用表调至电阻挡,红、黑表笔分别接端子



15 和 1, 将读出的数值与标准值比较, 以此来判断是否有短路和断路。

(2) 次级线圈检测, 如图 4-12(b) 所示。将万用表调至电阻挡, 红、黑表笔分别接端子 1 和 4, 将读出的数值与标准值比较, 以此来判断是否有短路和断路。

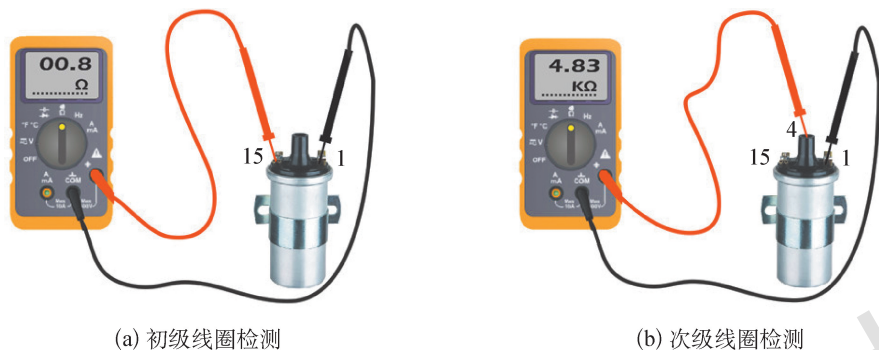


图 4-12 点火线圈的检测

Fig. 4-12 Ignition coil test

(3) 点火线圈的绝缘性检测。用万用表的电阻挡测量点火线圈任一接柱与外壳之间的电阻, 其值应不小于 $50\text{ M}\Omega$, 否则说明点火线圈绝缘不良, 应更换点火线圈。

2. 火花塞的检测

(1) 火花塞的常见故障

火花塞是在高温、高压下工作, 且要受燃油中化学添加剂的腐蚀, 工作环境极为恶劣, 故障率较高。火花塞的常见故障如图 4-13 所示。



图 4-13 火花塞的损坏情况

Fig. 4-13 Status of spark plug

(2) 火花塞的检查

① 直观检查, 查看火花塞的电极和绝缘体外观。正常工作的火花塞绝缘体裙部呈浅棕色或黄褐色, 轻微的积碳和电极烧蚀仍属正常现象。

② 火花塞间隙检查, 用专用量规或厚薄规检查。不同车型间隙值略有差异, 其间隙可从汽车维修手册中查得。传统点火系统火花塞的正常间隙通常为 $0.6\sim 0.8\text{ mm}$ 。



二、传统点火系统波形检测与分析

1. 初级波形检测与分析

传统点火系统初级点火信号是从初级线圈两接线柱或断电器触点两端采集,其波形如图4-14所示。

*ab*段:为点火开关打开,白金触点断开瞬时,点火线圈通电瞬间产生的电压。

*bc*段:为白金触点断开稳定时,初级线圈的电压为蓄电池电压。

*cd*段:为白金触点闭合瞬间,初级线圈的电压振荡衰减。

*de*段:为白金触点闭合稳定时,初级线圈的电压一般为零。

*ea*段:为白金触点闭合将要断开时,初级线圈的电压。

2. 次级波形检测与分析

点火次级波形是从线圈高压总线上采集的。1缸的点火信号,用于判缸。使用鳄鱼夹拾取信号。开启示波器,起动发动机,使发动机转速保持在1500 r/min时,根据仪器检测及提示选取波形,如图4-15所示,横坐标表示时间,纵坐标表示电压。

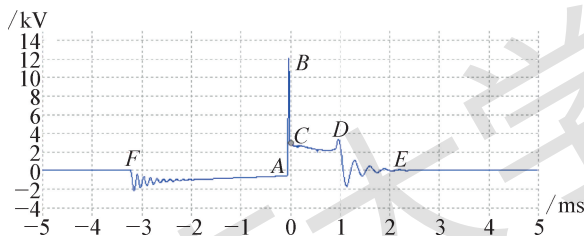


图4-15 次级点火波形

Fig. 4-15 Secondary ignition waveform

*AB*段:断电器触点打开的瞬间,由于初级电流迅速下降,点火线圈内初级线圈的磁场迅速消失,在次级线圈中感应出的高压电动势急剧上升。当次级电压还没有到达最大值时,就将火花塞间隙击穿。击穿火花塞间隙的电压称为击穿电压,即*AB*段,*AB*线也称为点火线。*B*点的高度表明点火系统克服火花塞间隙、分火头间隙、高压导线各电阻并将混合气点燃的实际次级电压。

*BC*段:击穿火花塞间隙后的放电电压。

*CD*段:火花塞间隙击穿后,通过火花塞间隙的电流迅速增加,致使两电极间隙间引起火花放电,火花放电电压比较稳定。*CD*的高度表示火花放电的电压,宽度表示火花放电的持续时间,*CD*线称为火花线。

*DE*段:当保持火花塞间隙持续放电的能量消耗完毕,电火花在*D*点消失,点火线圈和电容器中的残余能量以低频振荡的形式消耗完毕。此时电压变化为连续的低频振荡,波峰一般在4~5个以上,当波峰减少时说明电容漏电或击穿。

*EFA*段:断电器触点闭合,点火线圈初级电路又有电流通过,次级电路导致一个负压。触点闭合后,先是产生二次闭合振荡,然后次级电压由一定负值逐渐变化到零。当至*A*点时,断电器触点又打开,次级电路又产生击穿电压。

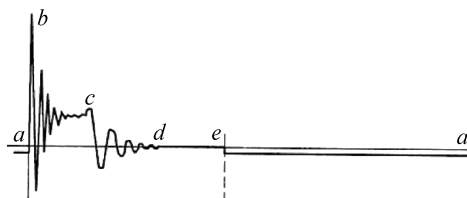


图4-14 初级信号波形

Fig. 4-14 Primary ignition waveform



任务2 微机控制点火系统检修



学习目标



掌握微机控制点火系统各组成部分的结构；
理解微机控制点火系统的控制策略；
熟练使用工具拆卸点火系统；
熟练使用工具测量点火系统各项参数；
深化爱国主义、集体主义、社会主义教育。



相关知识



现代轿车电控发动机广泛采用微机控制点火系统,能够对点火全过程进行控制,其控制内容包括点火提前角控制、通电时间控制和爆震控制,完全满足汽油发动机对点火系统的基本要求,使发动机的动力性、经济性和排放性达到最佳状态。

一、微机控制点火系统的分类

由发动机电脑根据各传感器输入的信息,依照发动机的点火顺序,适时控制各缸火花塞点火。可以分为双缸同时点火和单缸独立点火两种方式。

1. 双缸同时点火

同时点火是指点火线圈每产生一次高电压,都使两个气缸的火花塞同时跳火,即双缸同时点火。次级绕组产生的高压电将直接加在四缸发动机的 1、4 缸或 2、3 缸(六缸发动机的 1、6 缸、2、5 缸或 3、4 缸)火花塞电极上跳火。

点火过程同时发生在两个工作顺序相差 360° 的气缸中。电火花产生时,其中一个气缸的活塞位于压缩上止点附近,对这个气缸是一次有效的点火。对于另一个气缸,其活塞正好位于排气上止点附近,因此是一次无效的点火。

同时点火方式,按配电方式又分为二极管分配式(如图 4-16 所示)和点火线圈分配式(如图 4-17 所示)两种型式。由于二极管分配方式的点火线圈中高压二极管容易击穿损坏,故目前普遍使用点火线圈分配方式进行双缸同时点火控制。点火线圈结构如图 4-18 所示。

2. 单缸独立点火方式

主要由各缸分别独立的点火线圈和点火控制器(如图 4-19 所示)及发动机 ECU 等组成。各缸点火线圈的初级绕组分别由点火器中的一个功率管控制,整个点火系统的工作由 ECU 控制。发动机工作时,发动机 ECU 接收输入的传感器、外部请求信号并与存储器中储存数据相比较分析,并经计算后适时地向点火器输出点火信号,由点火器中的功率管分别接通与切断各缸点火线圈的初级电路。控制原理如图 4-20 所示。

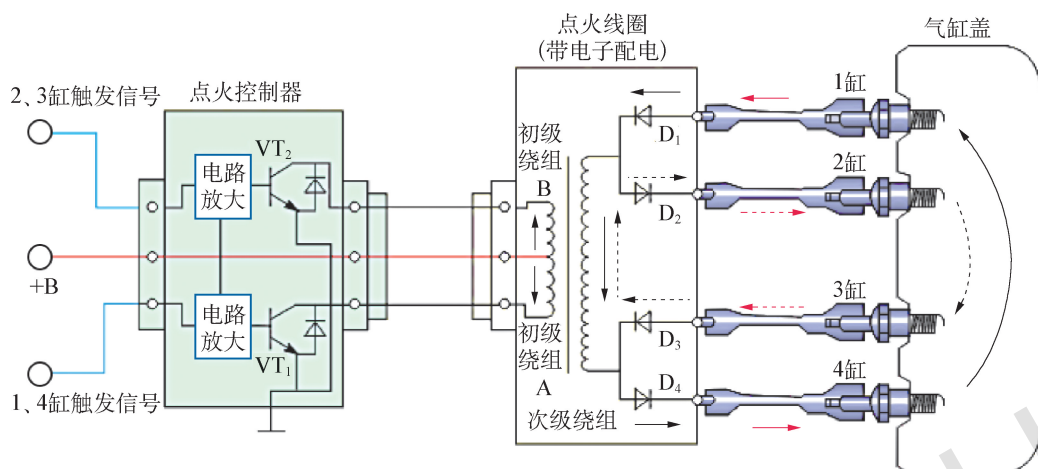


图 4-16 二极管分配式同时点火系统

Fig. 4-16 Four-spark ignition system

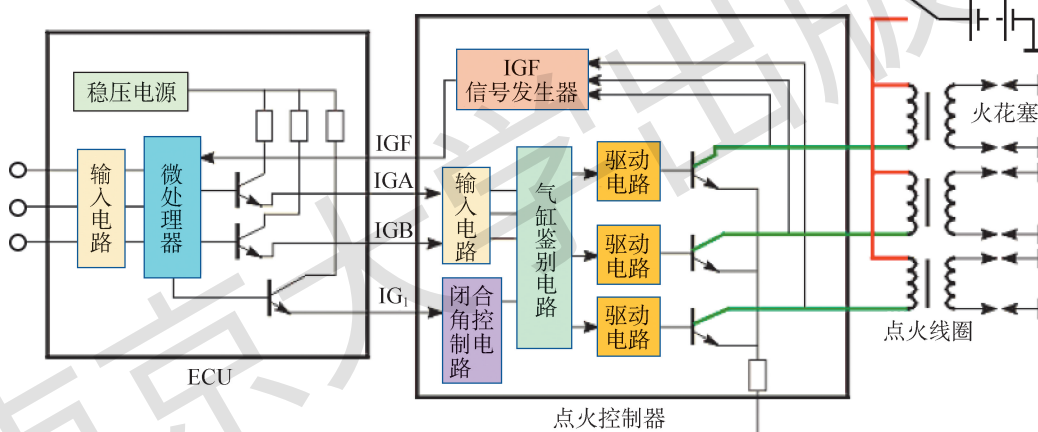
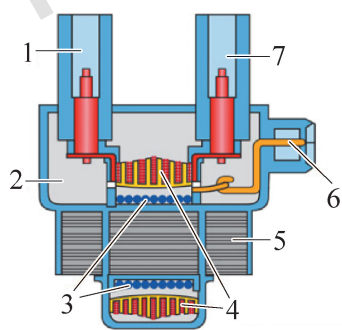


图 4-17 点火线圈分配式同时点火系统

Fig. 4-17 Dual-spark ignition system



- 1、7—高压输出端 High voltage connection
- 2—绝缘体 Insulator
- 3—初级线圈 Primary coil
- 4—次级线圈 Secondary coil
- 5—铁心 Magnetic core
- 6—低压接头 Low voltage connection

图 4-18 点火线圈

Fig. 4-18 Ignition coil

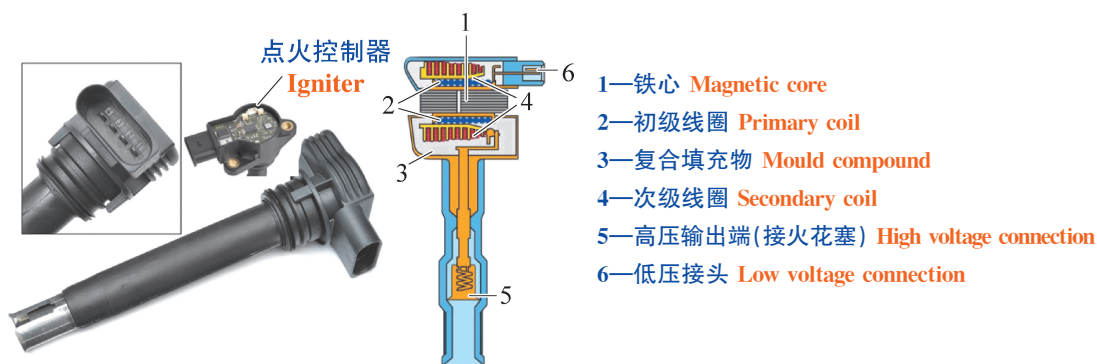


图 4-19 点火控制器

Fig. 4-19 Igniter

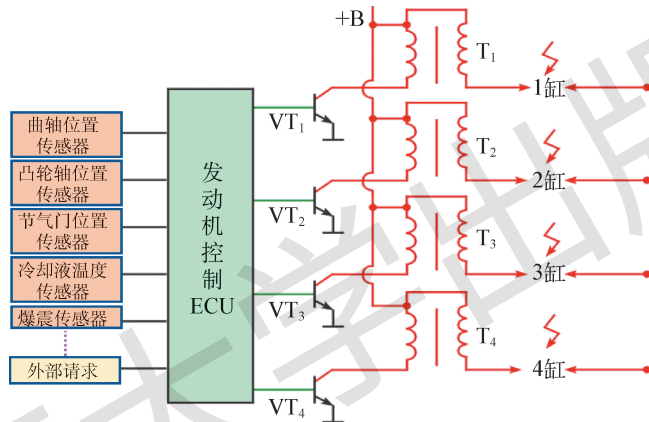


图 4-20 独立点火系统控制原理图

Fig. 4-20 The principle of coil-on-plug system

二、微机控制点火系统的组成和控制原理

1. 微机控制点火系统的组成

微机控制点火系统由传感器、电子控制单元(ECU)、执行器(点火控制器)、点火线圈、火花塞等组成,如图 4-21 所示。

(1) 传感器:传感器用来检测与点火有关的发动机工作状态信息,并将检测结果输入 ECU,作为计算和控制点火时刻的依据。微机控制点火系统的传感器主要有:

① 凸轮轴位置传感器:采集配气凸轮轴的位置信号,并输入 ECU,以便 ECU 识别气缸 1 压缩上止点,从而进行点火时刻控制。

② 曲轴位置传感器:确定曲轴的位置,也就是曲轴的转角以及发动机转速。它通常要配合凸轮轴位置传感器一起来工作,确定点火时刻。

③ 空气流量传感器/进气压力传感器、节气门位置传感器:作为负荷信号,确定基本点火时刻。

④ 冷却液温度、进气温度、开关信号:点火提前角修正信号。

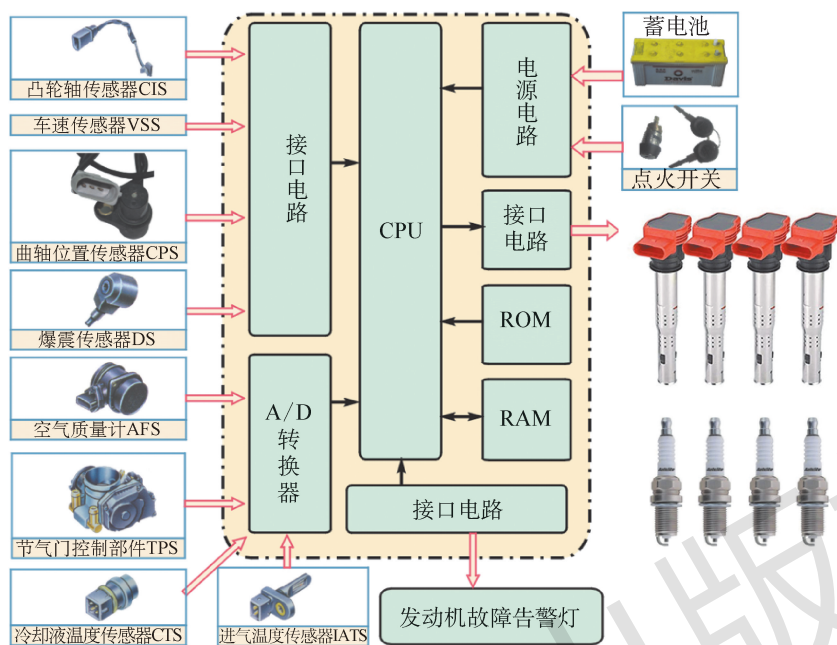


图 4-21 微机控制点火系统的组成

Fig. 4-21 Electronic control ignition system

⑤ 爆震传感器:用来检测发动机抖动度,当发动机产生爆震时用来调整点火提前角,使点火系统形成闭环控制。

(2) 微机控制单元:又称为发动机电脑 ECU(electronic control unit),由微处理器(CPU)、存储器(ROM、RAM)、输入/输出接口(I/O)、模/数转换器(A/D)以及整形、驱动等大规模集成电路组成。对接收到的各种信息进行运算、处理、判断,然后输出指令,对点火系统进行相应的控制。

(3) 点火控制器:又称为点火电子组件、点火器或功率放大器,是微机控制点火系统的功率输出级,它接受 ECU 输出的点火控制信号并进行功率放大,以便驱动点火线圈工作。

2. 控制原理

发动机工作时,CPU 通过传感器把发动机的工况信息采集到随机存储 RAM 中,并不断检测凸轮轴位置传感器信号(即标志位信号),判定是哪一缸即将到达压缩上止点。当接收到标志信号后,CPU 立即开始对曲轴转角信号进行计数,以便控制点火提前角。与此同时,CPU 根据反映发动机工况的转速信号、负荷信号以及与点火提前有关的传感器信号,从只读存储器中查询出相应工况下的最佳点火提前角。在此期间,CPU 一直在对曲轴转角信号进行计数,判断点火时刻是否到来。当曲轴转角等于最佳点火提前角时,CPU 立即向点火控制器发出控制指令,使功率三极管截止,点火线圈初级电流切断,次级绕组产生高压,并按发动机点火顺序分配到各缸火花塞跳火点着可燃混合气。

上述控制过程是指发动机在正常状态下点火时刻的控制过程。当发动机起动、怠速或汽车滑行工况时,设有专门的控制程序和控制方式进行控制。



三、微机控制点火系统的控制内容

1. 点火提前角的确定

微机控制的点火提前角 θ 由初始点提前角 θ_i 、基本点火提前角 θ_b 和修正点火提前角 θ_c 三部分组成,即 $\theta = \theta_i + \theta_b + \theta_c$ 。

初始点火提前角 θ_i : 初始点火提前角又称为固定点火提前角,在发动机起动或转速低于 400 r/min 时的点火提前角。其值大小取决于发动机型号,并由曲轴位置传感器的初始位置决定,一般为上止点前 BTDC 6° ~BTDC 12° 。

基本点火提前角 θ_b : 基本点火提前角是发动机最主要的点火提前角,是设计微机控制点火系统时确定的点火提前角。

综合考虑发动机油耗、扭矩、排放和爆震等因素,对试验结果进行优化处理后,即可获得如图 4-22 所示的以转速和负荷为变量的三维点火特性脉谱图。将脉谱图以数据形式存储在 ECU 的只读存储器 ROM 中,汽车行驶时,微机根据发动机转速信号和负荷信号(由空气流量和节气门位置传感器确定),即可从 ROM 中查询出相应的基本点火提前角来控制点火。

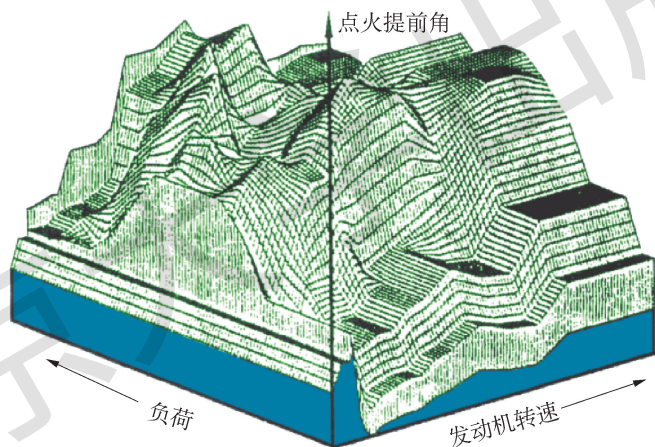


图 4-22 基本点火提前角的三维脉谱图

Fig. 4-22 Three-dimensional map of ignition advance

修正点火提前角 θ_c : 为使实际点火提前角适应发动机的运转情况,以便得到良好的动力性、经济性和排放性能,必须根据相关因素(冷却液温度、进气温度、开关信号等等)适当增大或减小点火提前角,即对点火提前角进行必要的修正,修正点火提前角的项目有多有少,主要有暖机修正、怠速修正。

2. 通电时间的控制

点火系统的通电时间控制又称点火导通角或闭合角控制,是指点火线圈初级电路的功率三极管导通期间,发动机曲轴转过的角度。导通角的控制方法是:ECU 首先根据电源电压高低,在存储器存储的导通时间脉谱图中(如图 4-23 所示)查询选择导通的时间,然后根据发动机转速确定导通角的大小。



3. 爆震控制

爆震传感器感知发动机爆燃情况,将信号(如图 4-24 所示)反馈给控制单元,通过减小点火提前角,防止发动机爆震燃烧,之后又逐步增大点火提前角,如此循环往复,实行点火提前角的闭环控制。

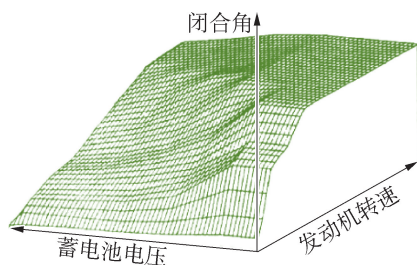


图 4-23 闭合角三维脉谱图
Fig. 4-23 Dwell angle map

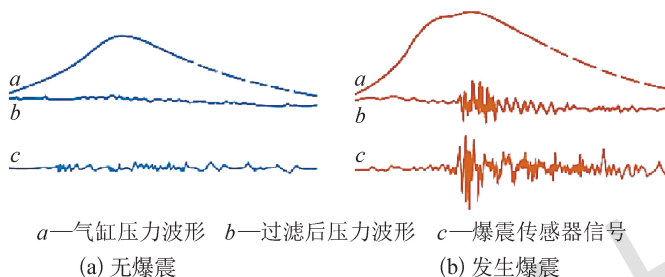


图 4-24 爆震传感器信号波形
Fig. 4-24 Knock sensor signals



一、微机控制点火系统的故障自诊断

微机控制的点火系统具有自诊断功能,所谓自诊断功能是指发动机 ECU 利用自诊断系统,在发动机工作过程中对电控系统中的传感器、执行器的工作状态进行监视,一旦发现某些信号失常,控制单元会发出信号接通故障指示灯,并将故障信息以代码的形式储存起来。故当发动机不能起动或工作异常,怀疑是点火系统故障时,应先利用发动机 ECU 的自诊断功能进行诊断和检查,必要时进行人工诊断。

故障码的读取方法如下:

(1) 关闭点火开关,将故障诊断仪与车辆的诊断接口 OBD(on board diagnostics)连接,OBD 接口一般位于仪表台下方,但车型不同诊断接口位置也有所不同,如图 4-25 所示;

(2) 打开点火开关,起动故障诊断仪,选择车型及需要查找的系统;

(3) 进入系统后,选择故障码读取,注意静态故障码和动态故障码,清除故障码后重新读取,如故障码无法清除表示系统有故障,需要排除。



图 4-25 OBD 接口
Fig. 4-25 OBD interface

二、独立点火系统点火信号波形测试

常见的独立点火系统的点火线圈(如图 4-19 所示)内部带有点火控制器,插接头上有



四个端子,内部电路结构与原理如图 4-26 所示。端子 D 连接 12 V 电源;端子 C 连接发动机 ECU,由 ECU 向点火控制器发送点火指令;端子 B 为点火控制器的搭铁端;端子 A 为初级线圈和次级线圈的共用搭铁端子。

独立点火系统点火信号波形测试如图 4-27 所示。测试方法:根据图 4-26 所示的端子结构,示波器通道一的测试线分别连接点火线圈的 C 端子和搭铁点;起动发动机并保持在怠速状态;调节示波器显示屏上的功能键,使测得的波形处于最佳观测状态;可以保持、存储和打印测得的波形图。测试的点火信号波形如图 4-28 所示。

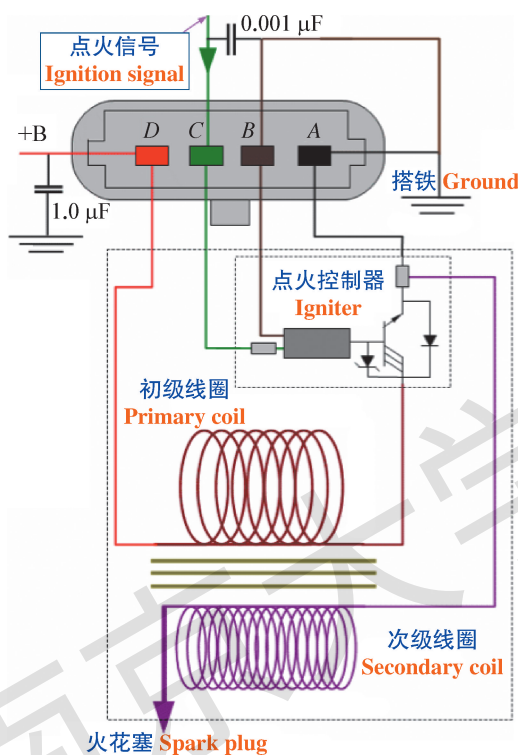


图 4-26 点火线圈电路结构与原理

Fig. 4-26 Structure of ignition coil



图 4-27 点火信号波形测试

Fig. 4-27 Ignition signal waveform test

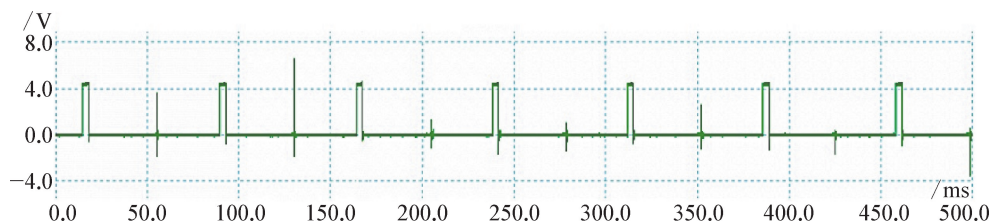


图 4-28 点火信号波形

Fig. 4-28 Ignition trigger signal

学习目标

相关知识

Fig. 4 – 29 Santana ignition system



桑塔纳电子点火系统电路分析的核心是点火控制模块 N41,因此需分析其每个端子导线的来龙去脉和性质。

1 号端子连接点火线圈“1”或“-”极,绿色,由 N41 中的晶体三极管控制初级电流的通断。

2 号端子直接搭铁,棕色。

3 号端子接点火信号发生器 G40 的 1 号端子,棕白,经 N41 的 2 号端子搭铁,也是搭铁线。

4 号端子接点火线圈“15”或“+”极,黑色,是 12 V 电源线。

5 号端子接 G40 的 3 号脚,红黑,是 G40 的电源线。

6 号端子接 G40 的 2 号脚,绿白,是 G40 的信号线。

(1) 初级电流电路:蓄电池 A 的正极→中央接线盒 P6→中央接线盒 P2→点火开关 D 的 30 端子→点火开关 D 的 15 端子→中央接线盒 A8→中央接线盒 D23→点火线圈 15 端子→点火线圈 1 端子→点火控制模块 N41 的 1 号端子→点火控制模块 N41 内部晶体三极管→点火控制模块 N41 的 2 号端子→搭铁→蓄电池 A 的负极。

(2) 初级电路的控制:霍尔式信号发生器 G40 产生的信号由 2 号端子输出→点火控制模块 N41 的 6 号端子→N41 内部晶体三极管控制电路→控制晶体三极管的通断,从而控制初级电路通过,使次级线圈交替产生高压。

二、双缸同时点火系统电路分析

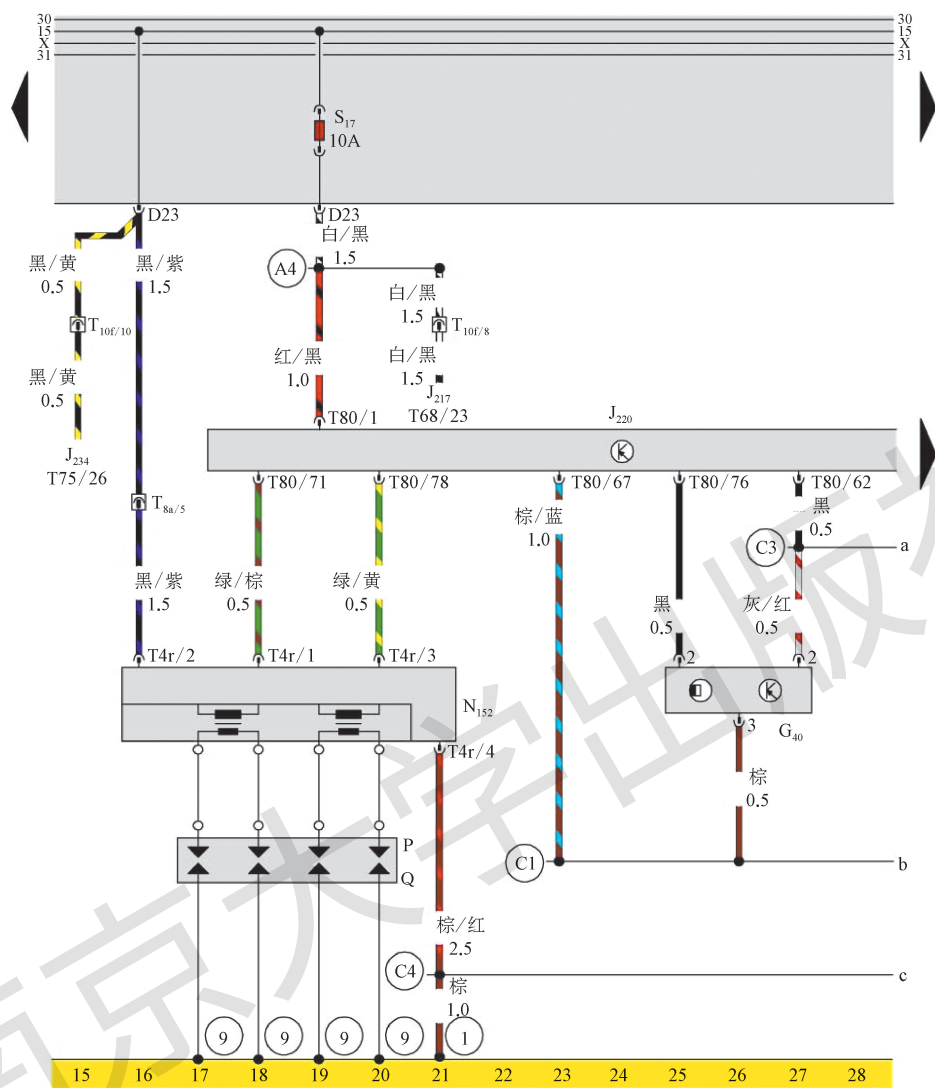
以桑塔纳 2000 GSI 型装备 AJR 发动机的轿车点火系统为例,如图 4-30 所示。采用点火线圈分配同时点火的高压配电方式,点火模块与点火线圈组装在一起;采用了两个爆燃传感器,使爆燃控制能力进一步提高。

点火线圈总成 N152 插接头共有 4 个端子。

T4r/2 为供电端:中央接线盒内部 15 电源端→接线盒 D23 端子→连接器 T8a/5→N152 的 T4r/2 端子→初级线圈→点火模块内部功率三极管→N152 的 T4/4 端子→搭铁。

T4r/1 和 T4r/3 为点火驱动信号接收端,点火信号由发动机控制单元 J220→N152 内部的点火模块→控制内部功率三极管的通断→控制初级线圈的搭铁回路的通断。

T4r/4 为搭铁端子。



G40—霍尔传感器

J220—Motronic 发动机控制单元,在空调进风罩右侧

J217—自动变速箱控制单元,在副驾驶座椅地毯下

J234—安全气囊的控制单元,在中央控制台的前下方

N152—点火线圈

P—火花塞插头

Q—火花塞

S17—发动机控制单元、自动变速箱控制单元保险丝,10 A

T4r—4 针插头,黑色,在点火线圈上

T8a—8 针插头,黑色,在发动机舱中间支架上

T10f—10 针插头,蓝色,在附加继电器板上(1 号位)

T68—68 针插头,黑色,在自动变速箱控制单元上

T75—75 针插头,黄色,在安全气囊控制单元上

T80—80 针插头,黑色,在发动机控制单元上

Ⓐ—正极连接线(30a),在发动机线束内

Ⓒ—接地连接线(传感器接地),在发动机右线束内

Ⓒ—+5 V 连接线,在发动机右线束内

Ⓒ—接地连接线,在发动机右线束内

①—接地点,在发动机控制单元旁车身上

⑨—自身接地

点火线圈 Ignition coil 火花塞 Spark plug

发动机控制单元 Engine control unit 霍尔传感器 Hall sensor(camshaft position sensor)

图 4-30 桑塔纳 2000 点火系统

Fig. 4-30 Santana 2000 ignition system



三、独立点火系统电路分析

1. 大众汽车独立点火系统

以迈腾 B7/1.8T 发动机点火系统为例,图 4-31 所示为迈腾 B7 第二缸点火系统原理图。

发动机正常运转时,发动机控制单元 J623 的 T60/21 端子输出点火驱动信号(PWM 信号)给点火线圈 N127 的 3 号端子,控制点火线圈中功率输出级(大功率三极管)的基(b)极,从而控制三极管(c 极与 e 极)的通断,起到频率开关的作用,而三极管(c 极与 e 极)控制初级线圈的搭铁回路;当三极管导通时,初级线圈中有电流通过,产生磁场,储存磁场能;当三极管截止时,由于互感作用,次级线圈中就产生高压。

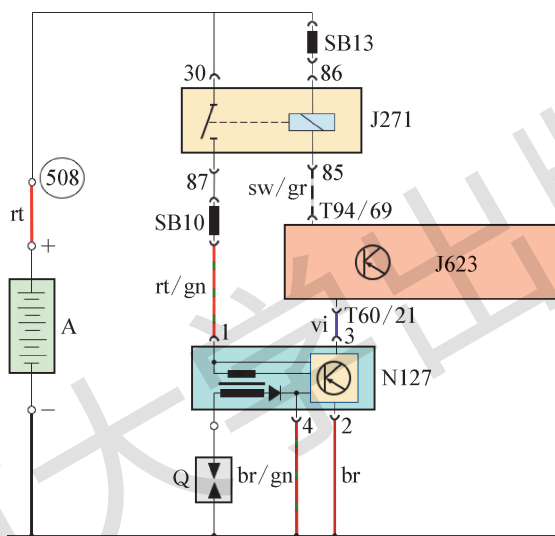


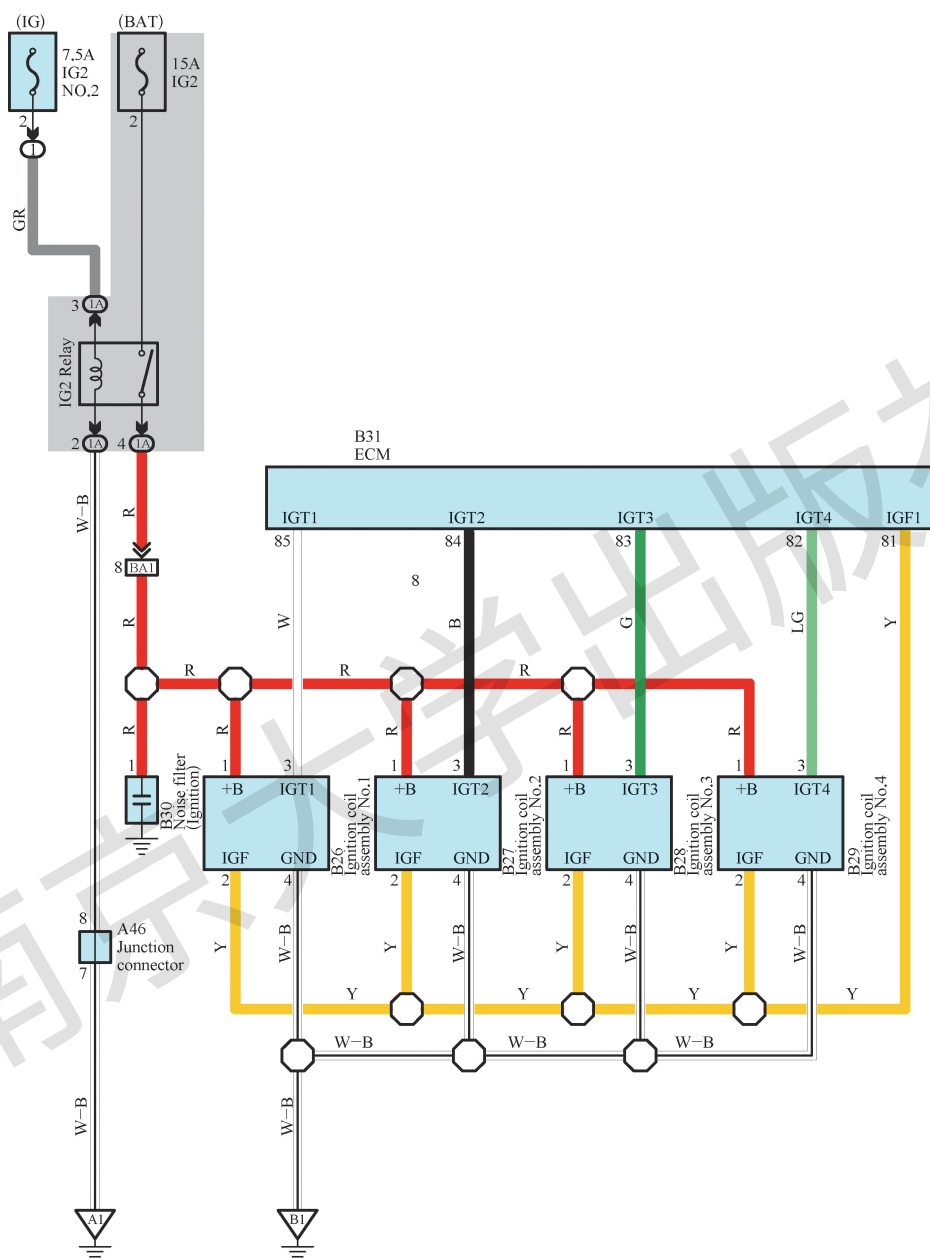
图 4-31 迈腾 B7 第二缸点火电路原理图

Fig. 4-31 Schematic of ignition circuit of Magotan B7

2. 丰田汽车独立点火系统

以丰田卡罗拉汽车点火系统电路为例,如图 4-32 所示。丰田卡罗拉 1.6L GL 轿车是电控单缸独立点火方式,每个气缸由单独的 1 个点火线圈点火,各个次级绕组末端与各缸的火花塞连接,次级绕组中产生的高压电通过火花塞的中央电极到达搭铁电极。

电控点火系统工作原理是:ECM 首先接收到曲轴位置传感器的转速信号和凸轮轴位置传感器的 1 缸上止点位置信号,结合冷却液温度传感器、空气流量计、节气门位置传感器信号,再依据 ECM 系统内储存的点火脉谱图,按发动机的工作顺序在适当的时刻输出点火控制信号 IGT。各缸点火控制器接收到 IGT 信号后,切断点火线圈初级绕组的电流,线圈产生高压电传送到火花塞,使火花塞跳火产生高压电火花,点火成功。同时,点火控制器将相应的点火反馈信号 IGF 传输到 ECM,电脑根据接收到的 IGF 信号确认此气缸点火控制器工作正常。如果点火不成功,发动机缺火次数超过了阈值并有可能导致排放控制系统性能下降时,ECM 将亮起故障灯(MIL)并设置故障代码(DTC)。



继电器 Relay 连接器 Junction connector 电容滤波器 Noise filter
点火线圈总成 Ignition coil assembly 发动机控制单元 ECM

图 4-32 丰田卡罗拉点火系统

Fig. 4-32 Toyota Corolla ignition system



一、独立点火系统检修

独立点火系统检修以迈腾 B7/1.8T 发动机为例,电路如图 4-33 所示。

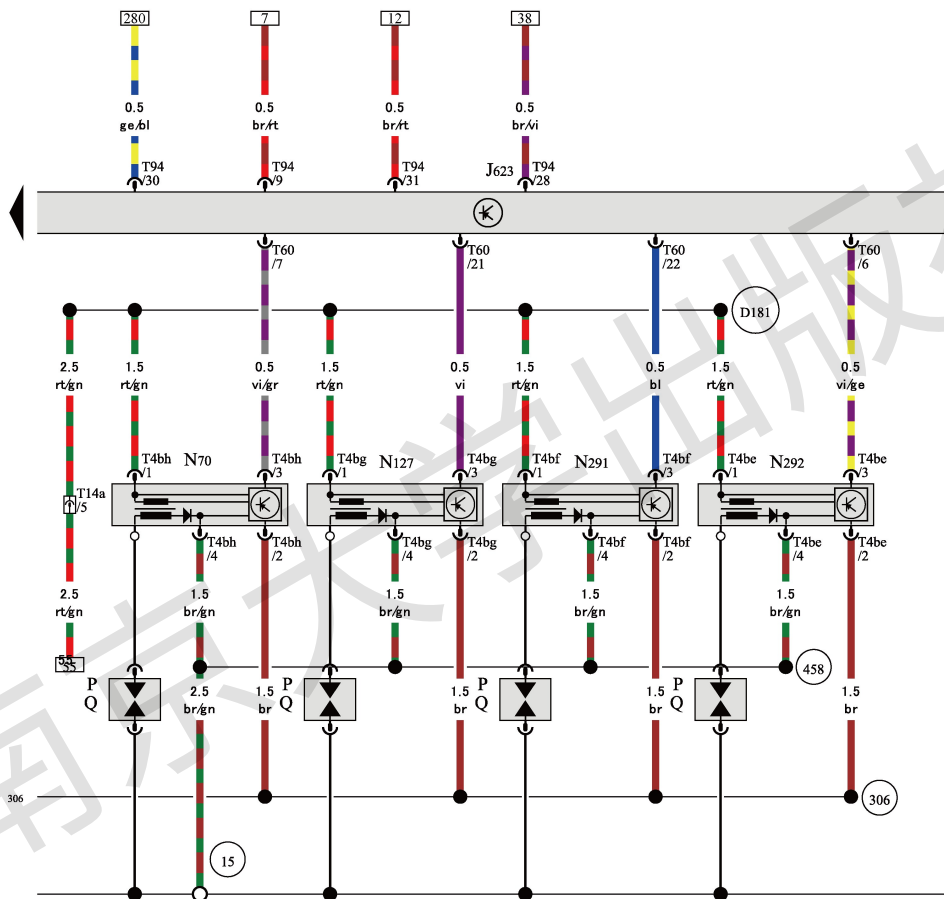


图 4-33 迈腾 B7 点火系统

Fig. 4-33 Ignition system of Magotan B7

1. 点火线圈电路分析

- 1#: 为 12 V 电源线, 来自 J271, 经 SB10;
- 3#: 为点火控制线;
- 4#: 搭铁线;
- 2#: 搭铁线。

2. 线路检测

关闭电源, 拔下点火线圈连接插头, 打开点火开关, 用万用表测线束端 1# 脚与搭铁点之



间的电压,应为 12 V;分别测 2 号脚和 4 号脚与搭铁点之间的电阻,均应小于 1 Ω 。

起动发动机,用示波器测量 3 号端子的信号,应与正常波形相符,如图 4-28 所示。

3. 元件检测

进行跳火试验(非规范操作,有风险,谨慎操作),如图 4-34 所示。若能产生强烈的火花,则点火线圈(含功率输出级)正常,否则说明点火线圈损坏。



图 4-34 独立点火线圈的跳火试验

Fig. 4-34 Spark over test

二、同时点火系统检修

桑塔纳 2000 GSI 型装备 AJR 发动机的轿车点火系统拆画电路如图 4-35 所示。

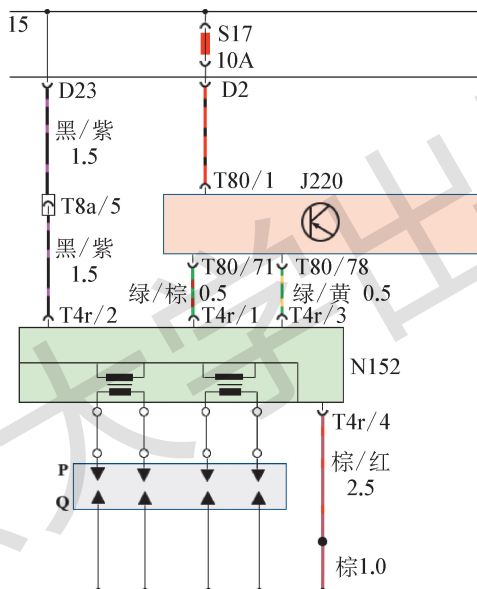


图 4-35 桑塔纳 2000 点火系统拆画

Fig. 4-35 Santana 2000 ignition system

1. 电路分析

N152 的 2 号端子为电源线,电源来自中央接线盒内部 15 号线;

N152 的 1 号端子接 J220 的 T80/71 脚,由 ECU 提供点火信号,控制 1、4 缸点火;

N152 的 3 号端子接 J220 的 T80/78 脚,由 ECU 提供点火信号,控制 2、3 缸点火;

N152 的 4 号端子为搭铁端。

2. 线路检测

拔下点火线圈 N152 的插接器,打开点火开关,测量 2 号端子电压,应为 12 V。

断开蓄电池负极,拔下 ECU 插接器,测量 T4r/1 与 T80/71 之间导线的电阻,T4r/3 与 T80/78 之间导线的电阻,二者均应小于 0.5 Ω ;测 T4r/4 脚与搭铁点之间的电阻,应小于 1 Ω 。



连接线束插头,起动车辆,用示波器测量 T4r/1 和 T4r/3 的波形,应与标准波形相符。

3. 元件检测

拔下点火线圈插接器,分别测量 N152 高压端 1、4 缸和 2、3 缸之间的电阻,即次级绕组,应与标准值相符。

进行跳火试验,若能产生强烈的火花,则点火线圈(含功率输出级)正常,否则说明点火线圈损坏。