

## 模块 3

# 汽车起动系统结构与原理

### 学习目标

- ☞ 认识起动机的作用和结构；
- ☞ 掌握起动机的使用和保养方法；
- ☞ 了解起动系统电路组成元件名称及电路连接关系；
- ☞ 认识起动系统电路元件在实车上的布置；
- ☞ 掌握起动系统电路简单故障的检查方法。

### 学习内容

- ☞ 起动机的作用与结构；
- ☞ 起动机使用注意事项；
- ☞ 起动机拆装和保养方法；
- ☞ 起动系统电路的结构与工作过程；
- ☞ 起动系统电路元件在实车上的认识；
- ☞ 起动系统电路简单故障的检查方法。

## 任务 3.1



# 汽车起动机的结构认识

### 知识点

- ◎ 了解起动机的作用；
- ◎ 认识起动机结构与原理。

### 设疑和引入

一辆桑塔纳轿车,在接通点火开关起动挡时,听不到起动机转动的声音,发动机不能起动,判断是起动机的故障,如何检修?

要使发动机由静止状态过渡到工作状态,必须用外力带动发动机的曲轴,使气缸内吸入(或形成)可燃混合气并燃烧膨胀,工作循环才能自动进行。

曲轴在外力作用下开始转动到发动机开始自动怠速运转的全过程,称为发动机的起动。起动机的作用就是起动发动机,发动机起动之后,起动机便立即停止工作。

要检修汽车起动机的故障,必须要了解起动系统的组成、作用及基本工作过程,还要认识起动机结构和检修方法,并能根据故障现象进行分析,找出故障位置。



车用起动机的构成是怎样的?

车用起动机一般由直流串励式电动机、传动机构和操纵机构三部分组成,如图 3-1 所示。

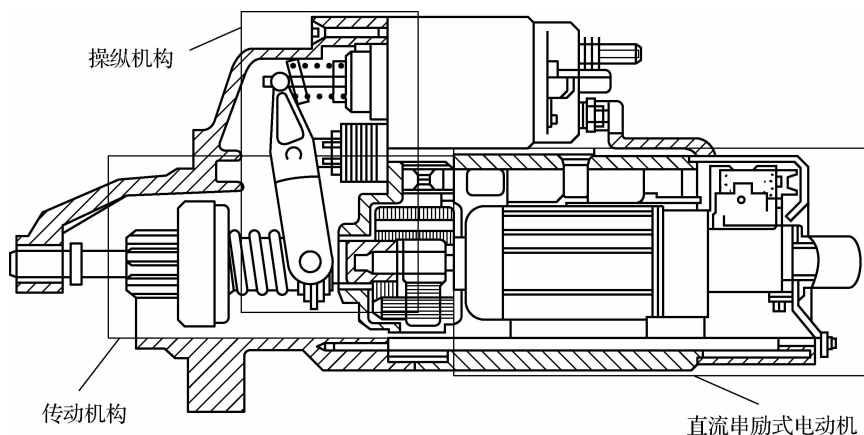


图 3-1 车用起动机的结构

基础知识

？ 起动机各部分的作用和组成是怎么样的？

1. 直流串励式电动机

直流串励式电动机的作用是将蓄电池输入的电能转换为机械能，产生转矩。直流串励式电动机由机壳、磁极、电枢、换向器及电刷等主要部件构成，如图 3-2 所示。

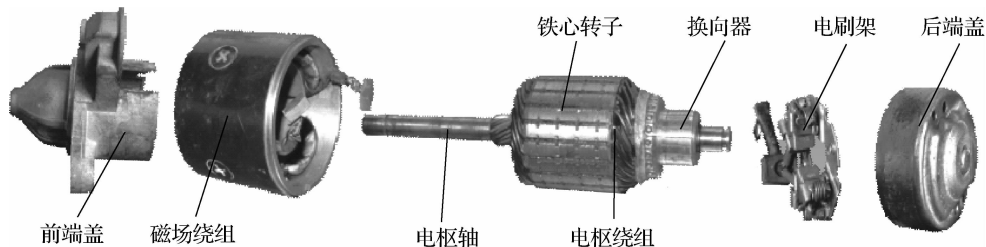


图 3-2 直流串励式电动机构成实物分解图

1) 磁极

磁极的作用是产生磁场，由铁心和磁场绕组组成。铁心用螺钉固定在壳体的内壁上，其上套有磁场绕组。磁极的数目一般为 4 个（两对），4 个磁场绕组的连接方法有两种，一种是四个相互串联；另一种是两串两并，即先将两个串联后再并联，如图 3-3 所示。

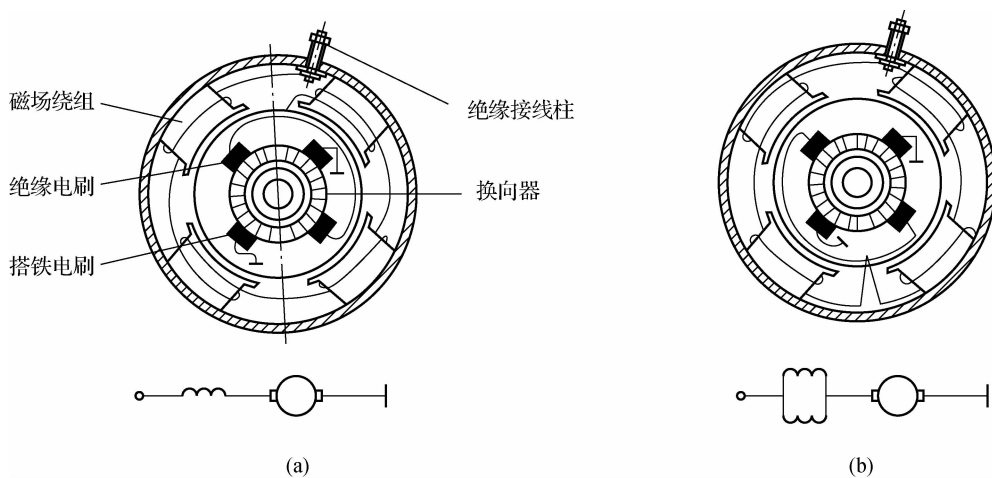


图 3-3 磁场绕组的接法

(a) 4 个绕组相互串联 (b) 两串两并

2) 电枢和换向器

电枢是产生电磁转矩的核心部件，主要由电枢轴、电枢铁心、电枢绕组和换向器组成，如图 3-4 所示。

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。

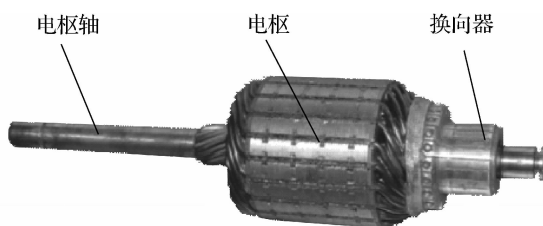


图 3-4 电枢

如图 3-5 所示,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,起动机换向片间云母片的高度一般不能过低。电枢绕组各线圈的端头均焊接在换向片上,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云母片中电流的流向。

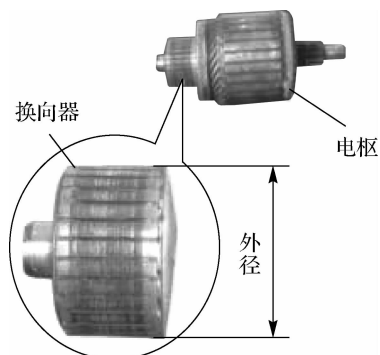


图 3-5 换向器

### 3) 电刷与电刷架

如图 3-6 所示,电刷与电刷架的作用是将电流引入电动机。电刷装在电刷架中,借助弹簧弹力将它压紧在换向器上,电刷弹簧的弹力一般为 11.7~14.7 N。

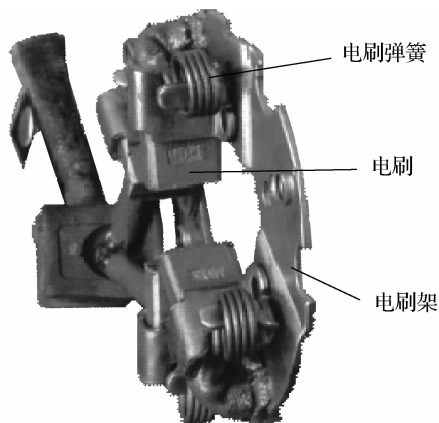


图 3-6 电刷与电刷架

电刷由铜粉与石墨粉压制而成,呈棕红色。电刷架上装有弹性较好的盘形弹簧,用来保

证电刷与换向器有良好的接触。

#### 4) 端盖与机壳

如图 3-7 所示,端盖分为前、后两个。后端盖一般用钢板压制而成,其上装有 4 个电刷架,前端盖用铸铁浇铸而成。它们分别装在机壳的两端,靠两个长螺栓与起动机机壳紧固在一起。

机壳用钢管制成,一端开有窗口,用于观察电刷和换向器,平时用防尘罩盖住。机壳上只有一个电流输入接线柱(与外壳绝缘),并在内部与磁场绕组的一端相连接。

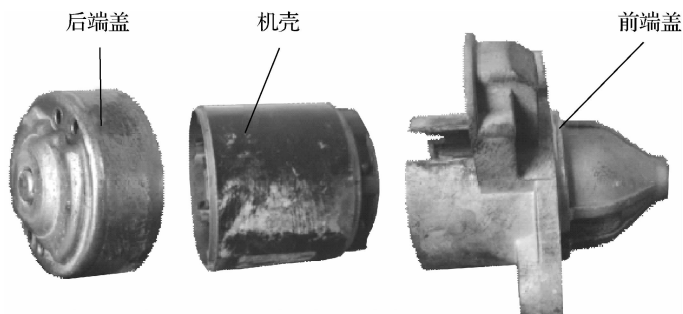


图 3-7 端盖与机壳

## 2. 传动机构

如图 3-8 所示,传动机构的作用是在发动机起动时,将直流电动机的转矩传递给发动机曲轴;在发动机起动后而与飞轮啮合的小齿轮没有及时回位的情况下,保护起动机不被飞轮反拖。传动机构主要由单向离合器、驱动齿轮等组成。

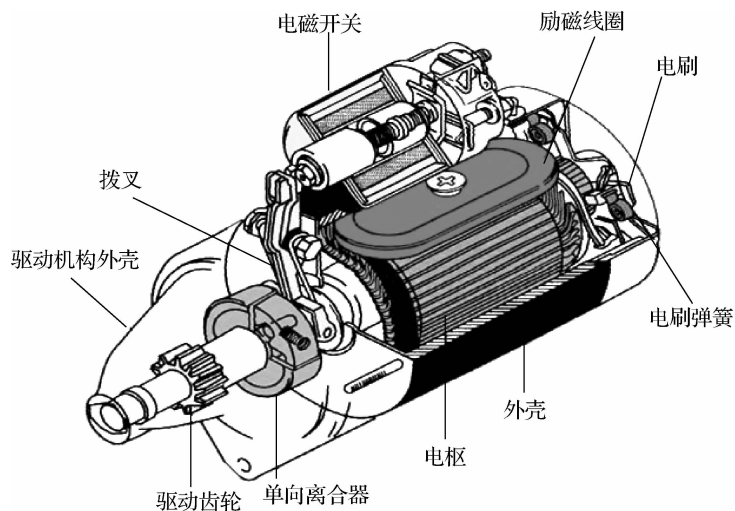


图 3-8 传动机构

## 3. 操纵机构

如图 3-9 所示,操纵机构的作用是通过控制起动电磁开关及杠杆机构(或其他某种装置),来实现起动机传动机构与飞轮齿圈的啮合与分离,并接通和断开电动机与蓄电池之间

的电路。

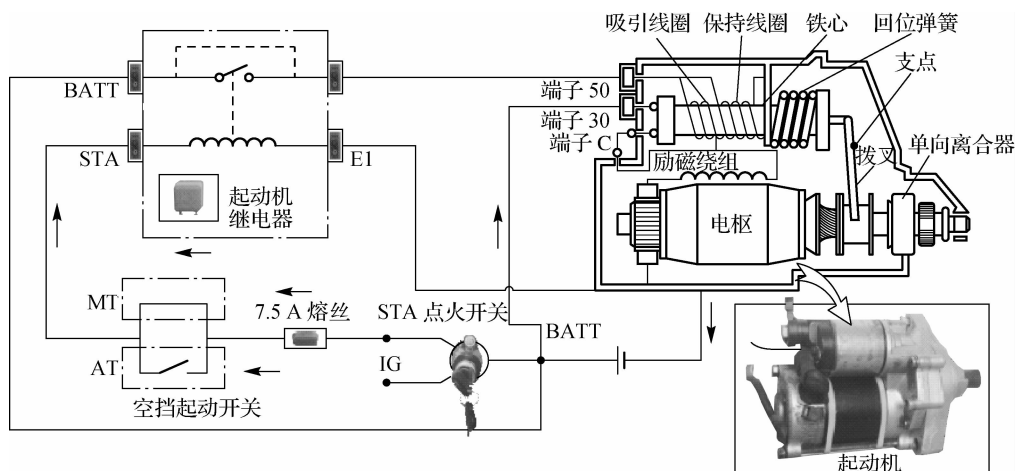


图 3-9 操纵机构

**?** 直流电动机是如何运转的？

直流电动机的工作原理图如图 3-10 所示。电动机工作时，电流通过电刷和换向器流入电枢绕组。如图 3-10(a)所示，换向片 A 与正电刷接触，换向片 B 与负电刷接触，绕组中的电流方向为  $a-b-c-d$ ，根据通电导体在磁场中受电磁力的原理（左手定则），绕组  $ab$  边、 $cd$  边均受到电磁力  $F$  的作用，由此产生逆时针方向的电磁转矩  $M$ ，使电枢转动；当电枢转动至换向片 A 与负电刷接触，换向片 B 与正电刷接触时，电流方向变为  $d-c-b-a$  [换向器适时地改变了电枢绕组中的电流方向，见图 3-10(b)]，但电磁转矩的方向仍保持原向继续转动。

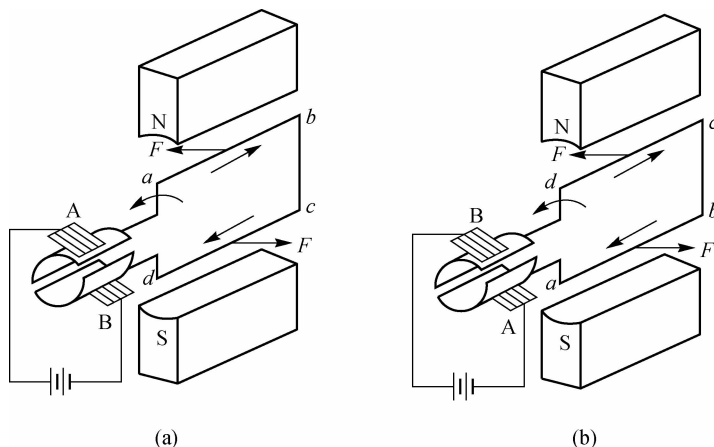


图 3-10 直流电动机的工作原理图

图 3-10 中只列举了电枢绕组中的一匝线圈的工作过程，实际上直流电动机为了产生足够大且转速稳定的电磁力矩，其电枢上绕有很多组线圈，换向器的铜片也随之相应增加。

根据安培定律,可以推导出直流电动机通电后所产生的电磁转矩  $M$  与磁极的磁通量  $\Phi$  及电枢电流  $I_s$  之间的关系为

$$M=C_m I_s \Phi$$

式中,  $C_m$  为电动机的转矩常数,  $C_m = PZ/2\pi a$ , 其中  $P$  为磁极对数,  $Z$  为电枢导线总根数,  $a$  为电枢绕组支路数。

上述公式说明,电动机线圈匝数越多、通过线圈的电流越大(线径粗通过的电流大),则电动机产生的转矩越大。这就是起动机都用较粗的铜线(片)绕制的原因。

### 关键术语回顾

直流串励式起动机,传动机构,操纵机构。

## 技能训练 起动机的保养操作

### 技能点

- ◎ 进一步了解起动机的结构;
- ◎ 掌握起动机检测的方法;
- ◎ 掌握起动机的保养操作方法。

### 技能训练准备

设备及工具准备:

起动机若干,汽车用数字万用表若干,常用工具若干等。

学生实习准备:

根据学生的人数,分成 4 组,确定每组的组长。

### 技能训练步骤

#### 1. 集合

教师检查学生穿着工作服情况,点名并宣布实习安全规程。

#### 2. 教师集中讲解

1) 起动机的拆装与结构认识

以常规式起动机为例进行介绍,如图 3-11 所示。

(1) 检查电磁开关的接线柱紧固螺母。从电磁开关处断开引线,如图 3-12 和图 3-13 所示。



图 3-11 常规式起动机



图 3-12 电磁开关接线柱紧固螺母拆卸



图 3-13 螺母拆卸完成

(2)检查电磁开关。拧出将电磁开关固定在驱动机构外壳上的两个螺母,将电磁开关取下,如图 3-14 和图 3-15 所示。



图 3-14 电磁开关紧固螺钉拆卸



图 3-15 电磁开关拆卸完成

(3)检查后端盖。拧出轴承后端盖的两个螺钉,将轴承盖取下,如图 3-16~图 3-19 所示。



图 3-16 轴承后端盖紧固螺钉拆卸(1)



图 3-17 轴承后端盖紧固螺钉拆卸(2)





图 3-18 后端盖紧固螺钉拆卸完成

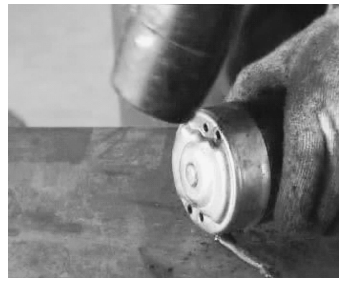


图 3-19 胶锤敲击拆卸

(4) 拆卸电刷架。拧出两个贯穿螺栓，将电刷架拆下，如图 3-20、图 3-21 所示。



图 3-20 电刷架拆卸



图 3-21 拆卸完成

(5) 拆卸起动机电枢及行星齿轮。将励磁线圈架和电枢等一并取下，如图 3-22、图 3-23 所示。



图 3-22 电枢拆卸



图 3-23 行星齿轮拆卸

(6) 拆卸起动机单向离合器总成。用一字旋具轻轻敲入前端止动圈套，撬出弹簧卡环，从电枢轴上拆下拨叉垫片和单向离合器，如图 3-24、图 3-25 所示。



图 3-24 拨叉垫片拆卸



图 3-25 单向离合器总成拆卸完成

(7)按拆解的反顺序装复起动机各零件。装复后应转动灵活,电枢轴的轴向间隙不大于1.00 mm。起动机拆卸分解完成图如图3-26所示。



图3-26 起动机拆卸分解完成

## 2) 起动机正确使用

- (1)起动机每次起动时间不能超过5 s,若起动失败,应15 s后再起动。
- (2)发动机起动后,必须切断控制电路。
- (3)每行驶3 000 km要清洁电刷,行驶5 000 km(或根据需要)应更换电刷。
- (4)每年对起动机进行一次解体保养。

## 3) 起动机保养操作

(1)换向器的检查。换向器的故障多为表面烧蚀。轻微烧蚀可用细砂纸打磨,严重时应车削。换向器直径不小于标准值(1.10 mm),换向器铜片高出云母片0.4~0.8 mm。检查及操作如图3-27所示。

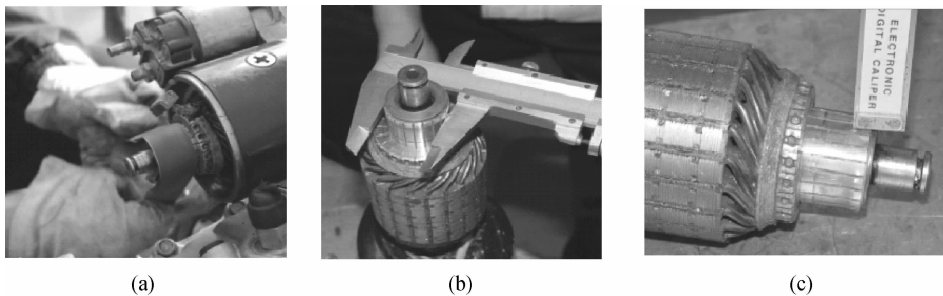


图3-27 换向器的检查图

(a)换向器烧蚀的处理方法 (b)换向器直径检查 (c)换向器云母片深度检查

(2)电枢绕组的检查。起动机电枢绕组导通性能和绝缘性能的检查如图3-28和图3-29所示。

(3)励磁绕组的检查。励磁绕组断路和搭铁的检查如图3-30所示。

(4)单向离合器的检查。将单向离合器夹紧在虎钳上,用扭矩扳手逆时针方向转动,应达到图3-31所示要求。

(5)电刷高度的检查。电刷磨损后的高度不应小于电刷原高度的一半,一般不小于

10 mm。电刷在电刷架内活动自如,无卡滞,电刷与换向器的接触面不低于 80%。

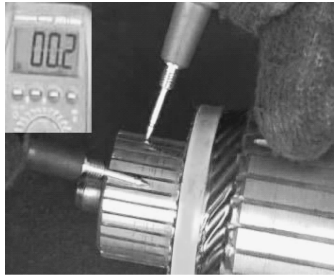


图 3-28 起动机电枢绕组导通性能的检查

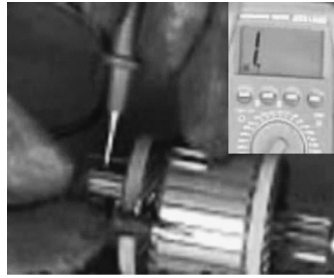


图 3-29 起动机电枢绕组绝缘性能的检查



(a)



(b)

图 3-30 励磁绕组的检查

(a)励磁绕组断路的检查 (b)励磁绕组搭铁的检查

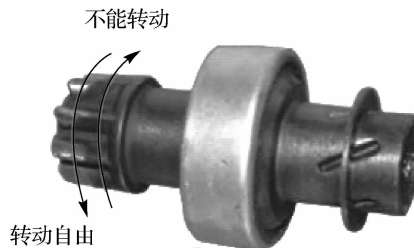


图 3-31 单向离合器检查

(6)电磁开关线圈的检查。如图 3-32 所示,用万用表  $R \times 1$  挡检查吸引线圈和保持线圈的电阻值。若线圈已断路或有严重短路时,应更换。



(a)



(b)

图 3-32 电磁开关线圈的检查

(a)吸引线圈检查 (b)保持线圈检查

## 3. 分组进行实习,组长填写实习项目活动评价表

## 实习评价

实习项目活动评价表

序号	技能要求	配分	等级	评分细则	评定记录
1	按步骤进行拆装	30	30	步骤正确,安装规范	
			20	步骤有1次错误,能独立纠正	
			10	步骤有2次错误,能独立纠正	
			0	步骤错误不能独立纠正,或不能安装	
2	万用表使用	20	20	正确熟练使用万用表测量	
			15	正确使用万用表测量,欠熟练	
			10	正确使用万用表测量,很不熟练	
			0	不能正确使用万用表测量	
3	工具使用	20	20	正确熟练使用工具	
			15	正确使用工具,欠熟练	
			10	正确使用工具,很不熟练	
			0	不能正确使用工具	
4	回答问题	20	20	完整回答,内容正确	
			15	一题回答正确,另一题回答不够完整	
			10	两题均回答不够完整	
			0	回答完整性差,或错误多	
5	安全生产,无事故发生	10	10	安全文明生产,完全符合操作规程	
			6	安全文明生产,基本符合操作规程	
			0	操作过程中损坏元件	

## 任务 3.2



## 起动系统电路连接与工作过程分析

## 知识点

- ◎ 通用型起动系统控制电路;
- ◎ 带安全继电器的控制电路;
- ◎ 组合式继电器的工作过程。

## 设疑和引入

为什么转动汽车点火开关,发动机就会起动?

起动机在发动机上的安装位置如图 3-33 所示。由图 3-33 可以看出,起动机、蓄电池和点火开关之间有线路连接,接通点火开关,可以接通起动机的工作电路。

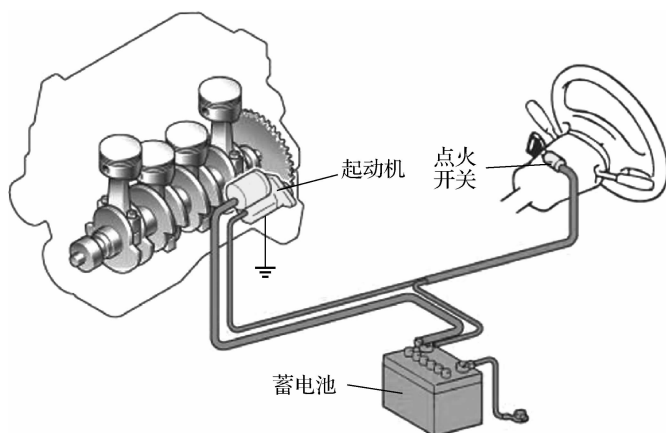


图 3-33 起动机在发动机上的安装位置

## 基础知识

起动机控制电路如图 3-34 所示。当点火开关未转到起动位置时,电动机开关未接通,起动齿轮与飞轮处于分离状态。当打开点火开关并转至起动挡时,磁场线圈电路和电动机电路接通。

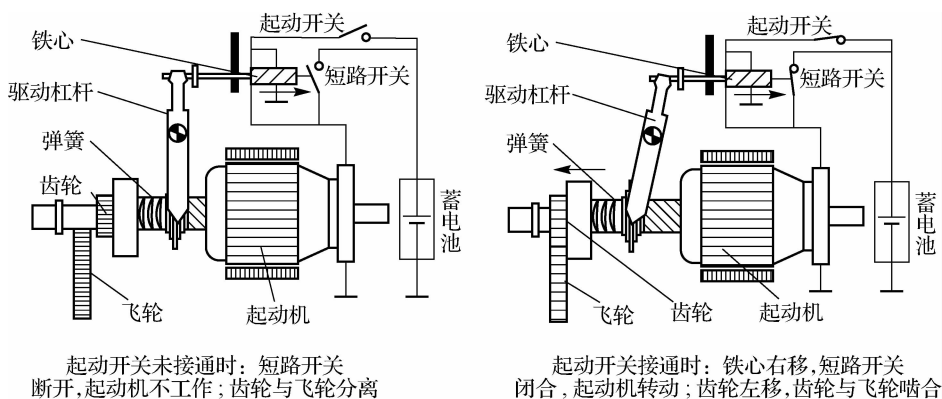


图 3-34 起动机控制电路

吸引线圈电路为: 蓄电池正极—熔丝—点火开关(起动挡)—电磁开关 50 接线柱—吸引线圈—电动机开关 C 接线柱—磁场线圈(励磁线圈)—正电刷—电枢线圈—负电刷—搭铁—蓄电池负极。

保持线圈电路为: 蓄电池正极—熔丝—点火开关(起动挡)—电磁开关 50 接线柱—保持线圈—搭铁—蓄电池负极。

吸引线圈和保线圈通过电流后,由于电流方向相同,磁场相加,将铁心吸入。铁心带动啮合器沿电枢轴螺旋齿槽后移,使起动齿轮与飞轮啮合。当起动齿轮与飞轮接近完全啮合时,铁心便前移至一定位置,使触盘与触点接触,电动机开关开始接通;当两齿轮完全啮合时,铁心前移到达极限位置,电动机开关被压紧,使开关可靠接触,电动机旋转,经啮合器带动发动机起动。

电动机电路为:电池正极—电动机开关 30 接线柱—触盘—电动机开关 C 接线柱—磁场线圈—正电刷—电枢线圈—负电刷—搭铁—蓄电池负极。当电动机开关 30 和 C 接线柱接通时,吸引线圈被短路,只靠保持线圈的磁力,足能够保持铁心在吸入后的位置。

发动机起动后,放松点火开关(它便自动回转一个角度),电路被切断,起动机停止工作,啮合器在弹簧的作用下回位,使起动齿轮与飞轮齿轮分离。

### 关键术语回顾

起动机控制电路,吸引线圈,保持线圈。

## 技能训练 起动系统电路简单故障的就车检查

### 技能点

- ◎ 进一步了解起动机结构;
- ◎ 掌握起动系统电路故障检测的方法;
- ◎ 掌握起动系统电路故障就车检测的方法。

### 技能训练准备

设备及工具准备:

实车 4 台,示教台架(见图 3-35)4 台,汽车用数字万用表若干,常用工具若干等。

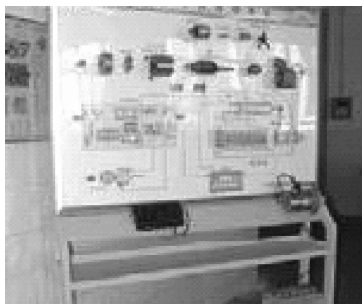


图 3-35 示教台架

车辆停放点:汽修实训中心;示教台架停放点:汽车电器室。

学生实习准备:

根据学生的人数,分成4组,确定每组的组长。

## 技能训练步骤

### 1. 集合

教师检查学生穿着工作服情况,点名并宣布实习安全规程。

### 2. 教师集中讲解

#### 1) 起动系统电路故障分析

(1) 起动机不转的故障诊断与排除。

① 短接起动机电磁开关与蓄电池正极接线柱,观察起动机运转情况,如运转正常,则检查起动机继电器、点火开关和控制线路。

② 短接起动机主接线柱,观察起动机运转情况,如运转正常,则检查起动机电磁开关。

(2) 起动机运转无力的故障诊断与排除。若将点火开关转到起动位置时,起动机能转动,但转速很低(转矩小的缘故),不能正常起动,故障多发生在蓄电池、起动机及其之间的电路上。例如,蓄电池亏电较多,导线接触不良,起动机内部的励磁绕组和电枢绕组有短路或搭铁处、电刷与换向器之间接触不良,电磁开关的触头接触不良及轴承与转轴过紧或过松等,检查步骤如下:

① 检查蓄电池是否亏电较多时,可通过按喇叭和开前照灯进行试验,若喇叭音量小,前照灯灯光暗淡,则可能是蓄电池存电不足或连接线松动而接触不良。此时可用手触摸蓄电池各接线端子,若发热,为其连接线接触不良,应拆下导线,用砂纸打磨后重新装回,并用螺栓紧固;若手摸蓄电池各接线端子的温度正常,则为蓄电池故障,应予以维修或更换。

② 如果蓄电池正常,再用螺钉旋具短接起动机的主接线柱和发电机主接线柱,观察短接处的火花强弱和起动机运转情况。

· 火花强(表示电流很大),起动机运转正常,证明蓄电池到起动机之间的线路和起动机良好,故障出在电磁开关上。例如,接触盘和触头烧蚀严重或脏污而造成接触不良等。

· 火花强,起动无力,则可能是起动机内部绕组局部短路或有搭铁处,也可能是转轴与轴承配合过紧(摩擦阻力大)或过松而使电枢与磁极碰擦(有摩擦声)。

· 火花弱(表示电流小),起动无力,则可能是接线柱与接线头之间氧化、脏污或松脱,引起接触不良;也可能是电刷与换向器之间接触不良。

#### 2) 就车检查步骤

(1) 检查电源搭铁。用手摇动搭铁线,检查是否有松动或锈蚀现象,如图 3-36 所示。

(2) 检查电磁开关。将试电笔一头接蓄电池负极,一头接电磁开关接线柱,如图 3-37 所示。

正常状态如图 3-38 所示,试电笔点亮。若试电笔不亮,则检查蓄电池电压及蓄电池与电磁开关接线柱的线路连接。



图 3-36 起动机搭铁线检查



图 3-37 起动机电磁开关检查

(3)检查吸引线圈电压。拔下吸引线圈插头,使用电压 20 V 挡检查,另一人在车内旋转点火开关至 START 挡,正常状态如图 3-39 所示,显示一个接近蓄电池电压的电压值。



图 3-38 起动机电磁开关检查(正常状态)



图 3-39 起动机起动信号检查(正常状态)

异常状态如图 3-40 所示,显示电压值为 0 V,则检查起动熔丝、起动继电器、点火开关及其线路。线路中的常见故障为插头之间接触不良或锈断,断路多发生在事故车上或车辆进行过机械、钣金操作的部位。

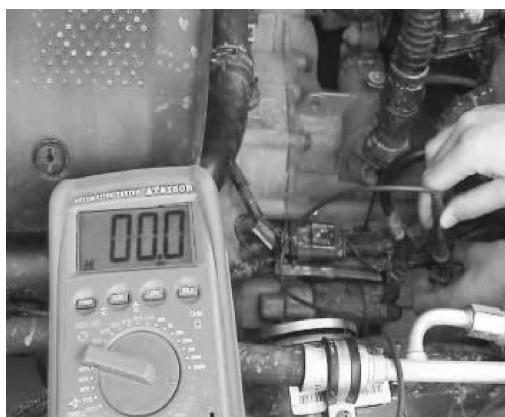


图 3-40 起动机起动信号检查(异常状态)



## 3. 分组进行实习,组长填写实习项目活动评价表

## 实习评价

实习项目活动评价表

序号	技能要求	配分	等级	评分细则	评定记录
1	正确指认电源系统各元件	30	30	指认正确,名称规范	
			20	指认及名称有1次错误,能独立纠正	
			10	指认及名称有2次错误,能独立纠正	
			0	指认及名称错误,不能独立纠正	
2	正确使用万用表检查电源系统	20	20	正确熟练使用万用表测量	
			15	正确使用万用表测量,欠熟练	
			10	正确使用万用表测量,很不熟练	
			0	不能正确使用万用表测量	
3	正确使用工具	20	20	正确熟练使用工具	
			15	正确使用工具,欠熟练	
			10	正确使用工具,很不熟练	
			0	不能正确使用工具	
4	回答问题	20	20	完整回答,内容正确	
			15	一题回答正确,另一题回答不够完整	
			10	两题均回答不够完整	
			0	回答完整性差,或错误多	
5	安全生产,无事故发生	10	10	安全文明生产,完全符合操作规程	
			6	安全文明生产,基本符合操作规程	
			0	操作过程中损坏元件	