

内容提要

本书采用项目教学法编写,主要包括国产普通汽车通用的所有电气设备的原理、结构、拆装、检测和典型故障的维修实例。

本书可作为中等职业学校、职业高中、技工学校汽车运用与维修专业及相关专业教材,也可作为汽车运输和修理部门工程技术人员及汽车电工学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电气设备构造与维修/侯岳峰主编. —上海:
上海交通大学出版社,2015(2025 重印)

ISBN 978-7-313-13333-5

I. ①汽… II. ①侯… III. ①汽车—电气设备—构造—教材 ②汽车—电气设备—车辆修理—教材 IV.
①U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 148000 号

汽车电气设备构造与维修

QICHE DIANQI SHEBEI GOUZA0 YU WEIXIU

主 编:侯岳峰

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

印 制:三河市龙大印装有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

字 数:265 千字

版 次:2015 年 7 月第 1 版

书 号:ISBN 978-7-313-13333-5

定 价:39.80 元

地 址:上海市番禺路 951 号

电 话:021-64071208

经 销:全国新华书店

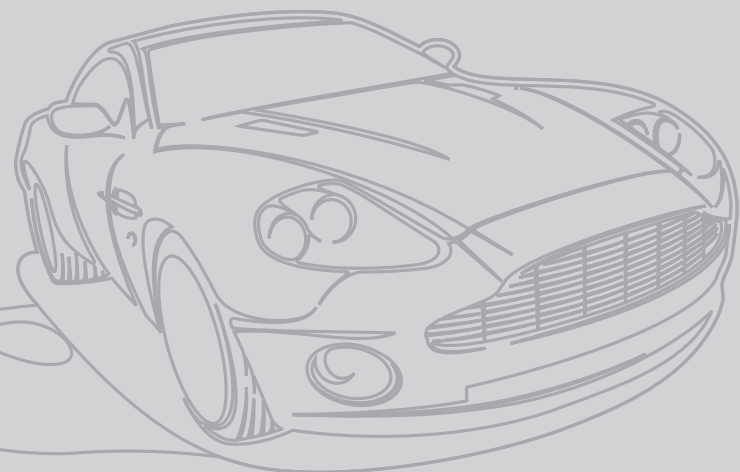
印 张:11.75

印 次:2025 年 9 月第 6 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者:如您发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:0316-3655788



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；
- ☞ 起动机的拆装和保养方法；
- ☞ 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；
- ◎ 认识起动机的结构与原理。

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,还要认识起动机的结构和检修方法,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。

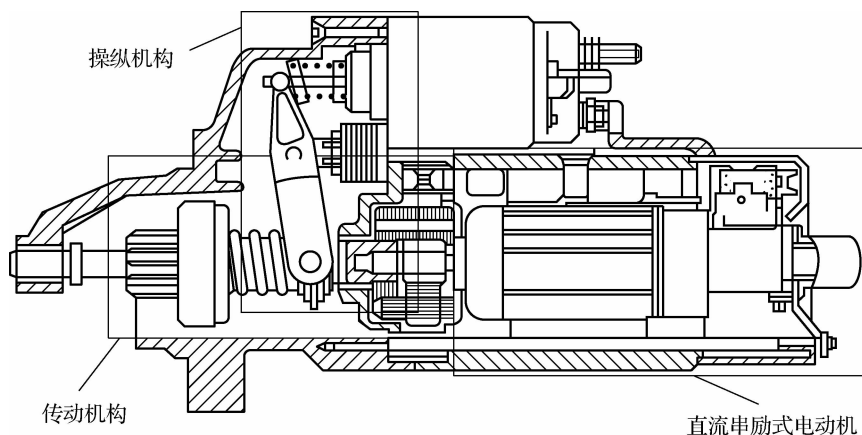


图 3-1 车用起动机的结构

基础知识



起动机各部分的作用和组成是怎怎样的？

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。

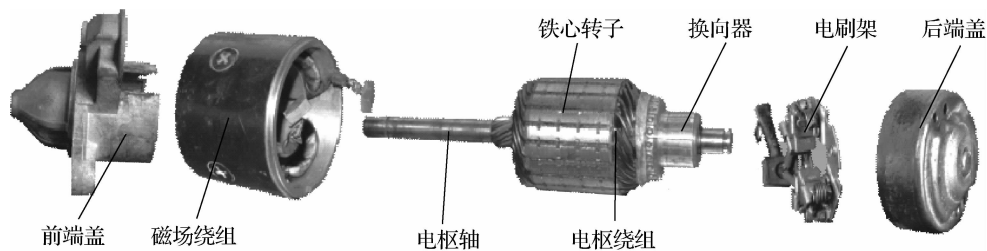


图 3-2 直流串励式电动机构成实物分解图

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。

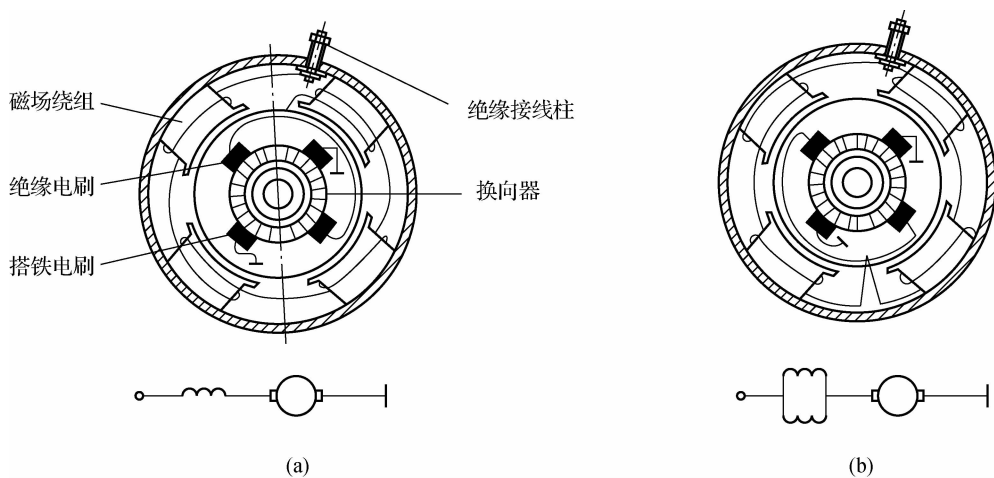


图 3-3 磁场绕组的接法

(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。

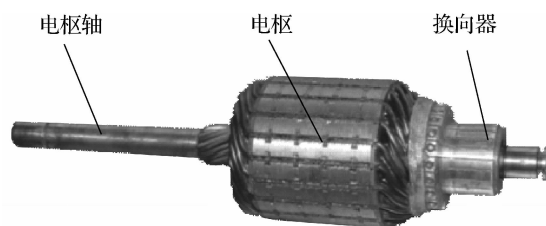


图 3-4 电枢

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。

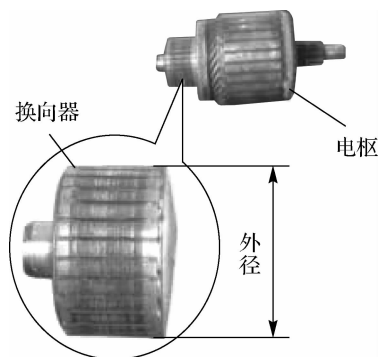


图 3-5 换向器

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 $11.7 \sim 14.7 \text{ N}$ 。

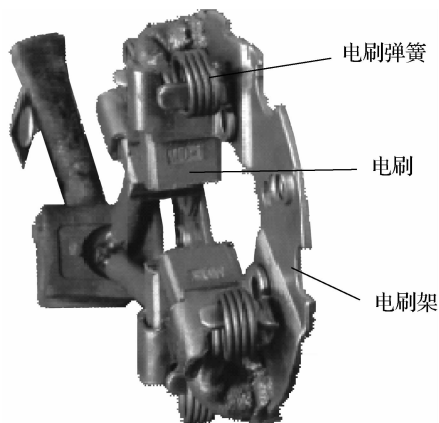


图 3-6 电刷与电刷架

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。

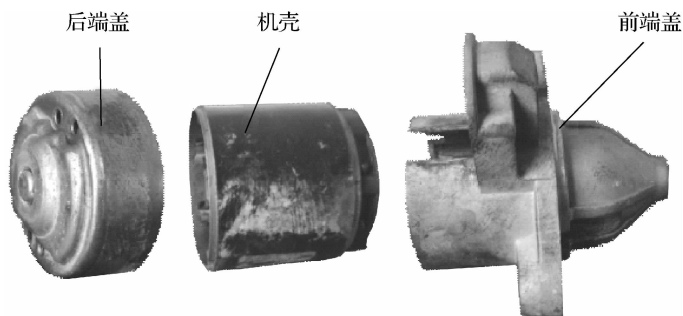


图 3-7 端盖与机壳

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。

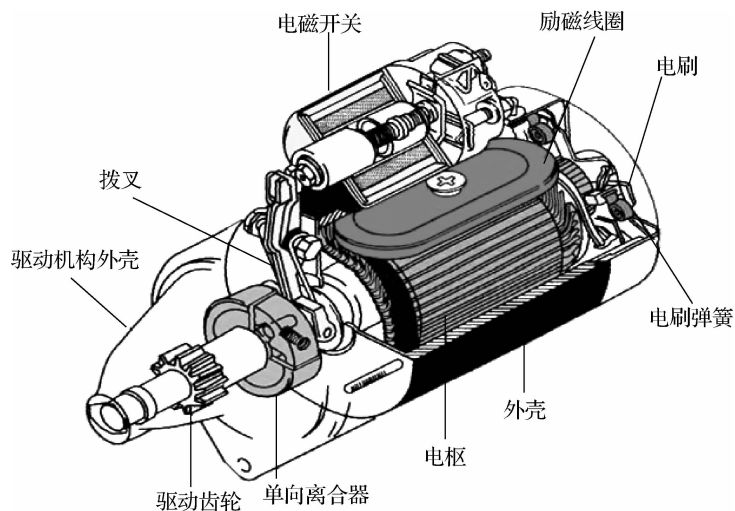


图 3-8 传动机构

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。

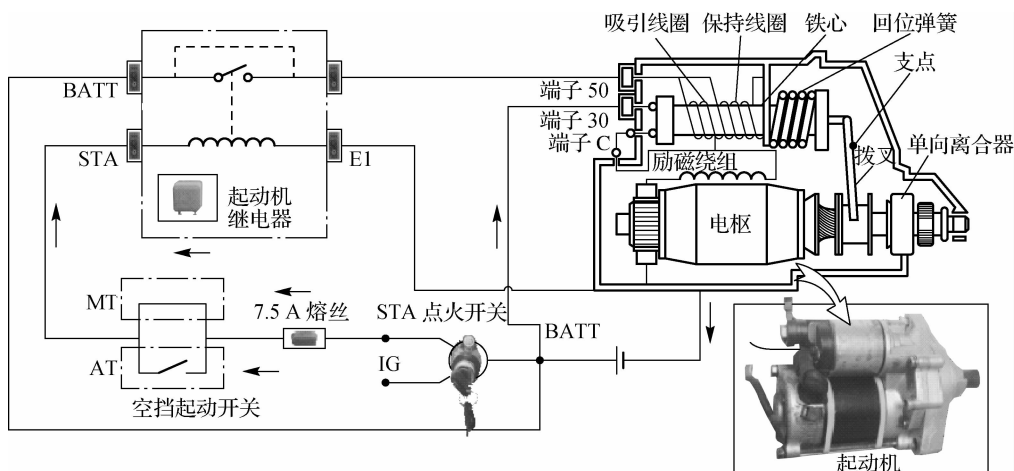


图 3-9 操纵机构

? 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。

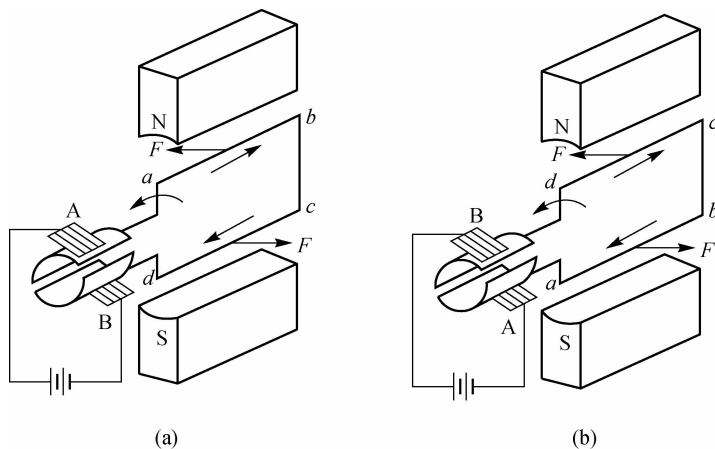


图 3-10 直流电动机的工作原理图

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 Φ 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) 起动机的正确使用

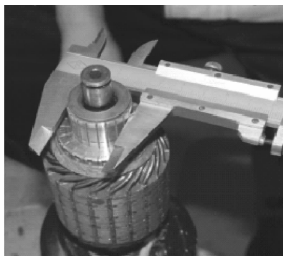
- (1)起动机每次起动时间不能超过5 s,若起动失败,应15 s后再起动。
- (2)发动机起动后,必须切断控制电路。
- (3)每行驶3 000 km要清洁电刷,行驶5 000 km(或根据需要)应更换电刷。
- (4)每年对起动机进行一次解体保养。

3) 起动机的保养操作

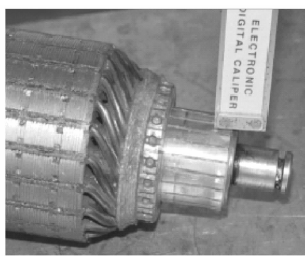
(1)换向器的检查。换向器的故障多为表面烧蚀。轻微烧蚀可用细砂纸打磨,严重时应车削。换向器直径不小于标准值(1.10 mm),换向器铜片高出云母片0.4~0.8 mm。检查及操作如图3-27所示。



(a)



(b)



(c)

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

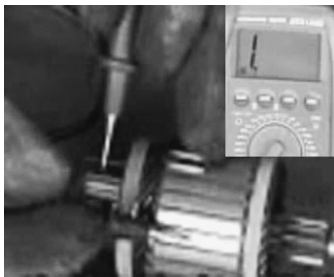


图 3-29 起动机电枢绕组绝缘性能的检查



(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

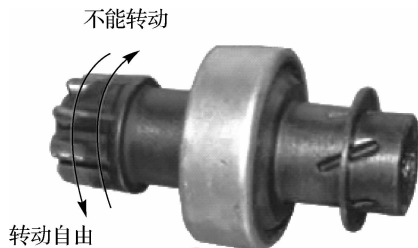


图 3-31 单向离合器检查

(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。

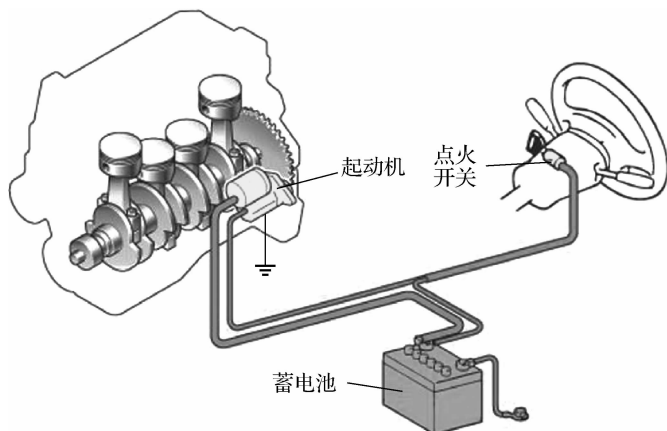


图 3-33 起动机在发动机上的安装位置

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。

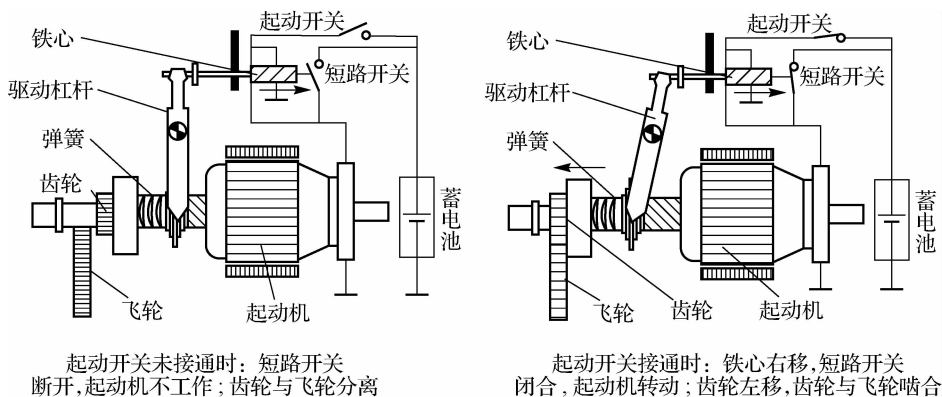


图 3-34 起动机控制电路

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

- ◎ 进一步了解起动机的结构;
- ◎ 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。

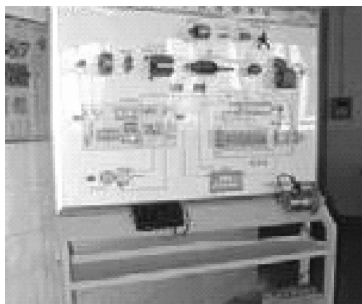


图 3-35 示教台架

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电源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的运转情况。

· 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	