

学习情境二 交流发电机的检测与维护

学习目标

为了完成交流发电机的检测与维护任务，必须掌握交流发电机的构造、主要部件的作用及工作原理；交流发电机的拆装方法；交流发电机的整机检测及解体后主要部件的检测方法；了解发电机充电指示灯的作用及控制方法；掌握交流发电机常见故障的诊断及排除方法等知识。

情境描述

售后服务经理接到客户反映：有关发动机启动后充电指示灯仍亮，或有时打开点火开关，充电指示灯不亮。维修任务。经理布置给学员检修发电机任务，要求检查发电机各零部件的磨损程度，确定是否可再用。如可再用，那么进行组装，并排除可能出现故障。制定学习和维修计划，完成此任务。零部件检修的相关信息要告知经理，得到经理确认后，提交一份分析报告并归档。

相关知识

单元一 交流发电机的基本知识

汽车上虽然装有蓄电池，但它存储电能非常有限。比如启动发动机时，启动机要消耗蓄电池大量电能，若不及时对其进行补充充电，就不能满足汽车上不断增多的电气设备的需求，也就很难保证汽车频繁启动与正常运行，所以说发电机是汽车电气系统的主要电源。发电机的作用是将发动机的部分机械能变成电能，向除启动机以外的所有用电设备供电，并及时对蓄电池进行补充充电。

长期以来，汽车上采用的是直流发电机，由于靠整流子换向的直流发电机已不能适应现代汽车的要求，而逐渐被交流发电机所取代。交流发电机的采用，是汽车电的一大突破。它始用于 20 世纪 50 年代，当今世界发达国家均已在汽车上普遍采用整流交流发电机，我国也从 20 世纪 70 年代开始使用，并已迅速普及，所以本书不再叙述直流发电机及其调节。

交流发电机与直流发电机相比，在结构方面有根本性差别，即用二极管的固体换向取代了机械整流。这就是交流发电机优于直流发电机的主要原因之一。因此，现在汽车都使用整流发电机。

一、交流发电机概述

1. 汽车上两种电源作用的区分

蓄电池的主要作用是启动发动机以及在发动机不工作时充当备用电源。

发电机的作用是在发动机正常工作时，向全车用电设备供电，同时发电机还要向蓄电池进行补充充电。

汽车上所用的交流发电机大多为三相交流发电机，主要由三相同交流发电机和整流极组成，所以又称为整流发电机，简称交流发电机。

交流发电机，按调节是否单独安装可分为两大类：一类是调节单独安装，称为普通整流发电机；另一类是调节安装在发电机内部，称为整体式整流发电机。

2. 交流发电机的构造

交流发电机在汽车上的安装位置如图 2-1 所示。汽车交流发电机，其结构基本相同，主要由转子、定子、整流、前端盖、后端盖、带轮及风扇等组成。图 2-2 为交流发电机的整体结构，图 2-3 为 JF132 型交流发电机的解体图。

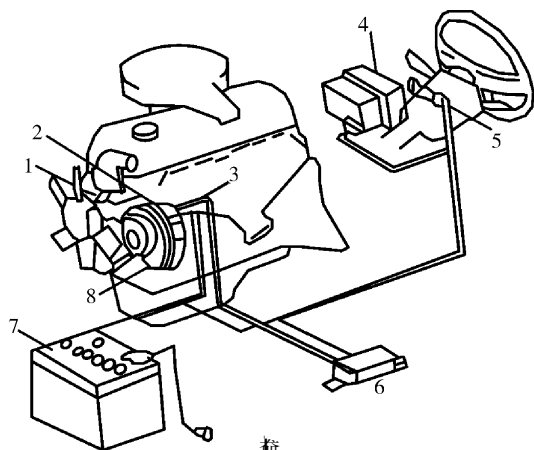


图 2-1 交流发电机在车上的安装位置

1—V 带；2—调整臂；3—发电机；4—仪表盘；
5—点火开关；6—调节；7—蓄电池；8—支架

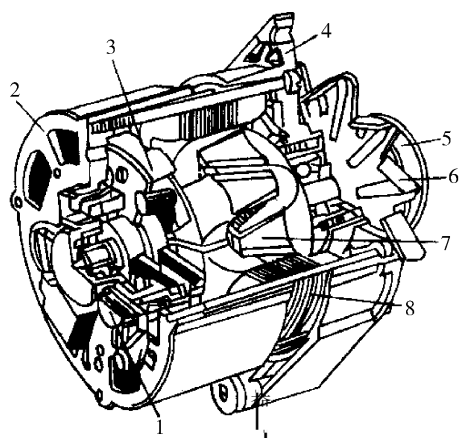


图 2-2 交流发电机的整体结构

1—电刷及电压调节；2—后端盖；
3—元件板总成；4—前端盖；5—带轮；
6—风扇；7—转子；8—定子

（1）转子

交流发电机的转子是用来建立磁场的，主要由两块爪极、磁绕组、轴和集电环等组成，如图 2-4 所示。两块爪极压装在转子轴上，在两块爪极内部装有导磁用的铁芯，其上绕有磁绕组。磁绕组的两端引线分别焊在彼此绝缘的两个集电环上（与轴绝缘）。两个集电环与装在后端盖上的两个电刷相接触。这两个电刷引出的接线柱即为发电机的“F”（“磁场”）接线柱和“-”（“E”或“搭铁”）接线柱。当发电机工作，两个电刷与直流电源接通时，便有电流通过磁绕组（该电流称为发电机的励磁电流），在磁绕组中产生磁场，使两块爪极被磁化为 N 极和 S 极，从而形成相互交替的 N、S 磁极，磁极的对数一般为四至八对，国产交流发电机的磁极对数多为六对。

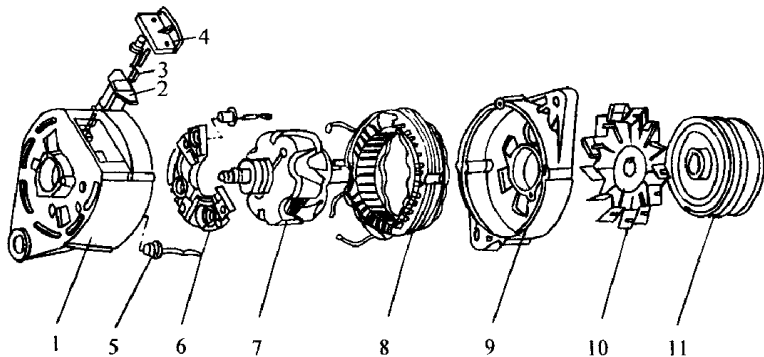


图 2-3 JF132 型交流发电机的解体图

1—后端盖；2—电刷架；3—电刷；4—电刷罩盖；5—换向器；6—元件板；
7—转子；8—定子；9—前端盖；10—风扇；11—带轮

(2) 定子

定子，又称为电枢，用来产生交流电动势，由铁芯和三相绕组组成。定子铁芯由相互绝缘的内圆环状铁片叠成，定子槽内置有三相对称绕组，三相绕组的连接方法有星形连接和三角形连接，目前大多数交流发电机采用星形连接。

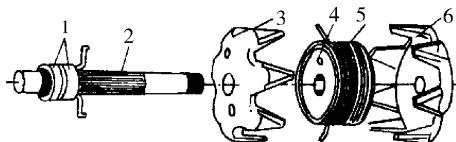


图 2-4 交流发电机的转子

1—集电环；2—轴；3、6—爪极；
4—磁轭；5—磁轭绕组

(3) 整流

①作用：是将三相绕组中产生的三相交流电转换为直流电。

②结构：通常是由 6 只整流二极管组成三相桥式整流电路。

整流二极管的安装如图 2-5 所示。

③元件板：元件板又称散热板，用铝合金制成月牙形，如图 2-6 所示。

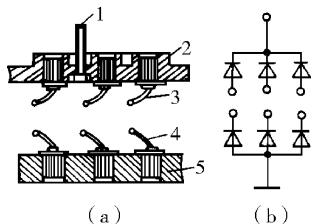


图 2-5 硅整流二极管的安装

1—火线接线柱；2—元件板；3—正极；
4—负极；5—后端盖

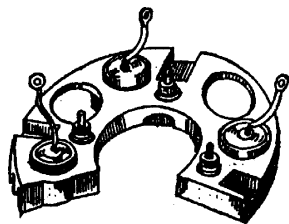


图 2-6 元件板

元件板与后端盖用尼龙或其他绝缘材料制成垫片隔开，并用螺栓通至后端盖外部，作为发电机火线接线柱“B”（“+”、“A”或“电枢”接线柱）。元件板上压装三个整流二极管。

(4) 整流二极管

交流发电机的整流，通常由 6 只二极管组成。二极管内部结构、外形和表示符号如图 2-7 所示。其引线 and 外壳分别是它的两个电极。二极管正向电阻应在 $8 \sim 10 \Omega$ ，反向电阻应大于 1000Ω 。

目前国内外采用交流发电机多为负极搭铁。压装在后端盖上的 3 只二极管，其引线为二极管负极，外壳为正极，俗称负极或反烧。二极管底上打有黑色标记；压装在元件

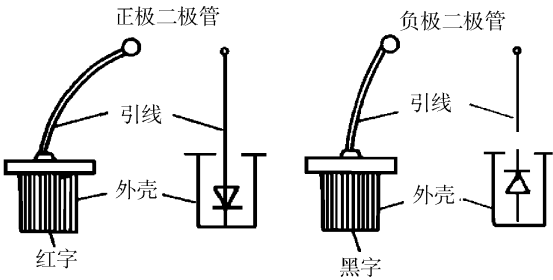


图 2-7 硅二极管的外形及符号

板上 3 只二极管，其引线为二极管正极，外壳为负极，俗称正极或正烧，壳底上打有红色标记。

二极管型号、技术参数见表 2-1。二极管整流外形尺寸及安装孔径见表 2-2。正负二极管区分见表 2-3。

表 2-1 国产汽车用硅二极管的主要技术参数

二极管型号	额定正向平均电流 /A	五分钟过载倍数/%	反向不重复峰值电压 /V	反向不重复平均电流 /mA	通态平均电压 /V	额定结温 /℃	额定温升 /℃
QZ10	10	125	≥200	≤2	≤0.6	150	75
QZ15	15	125	≥200	≤3	≤0.6	150	75
QZ20	20	125	≥200	≤4	≤0.6	150	75
QZ30	30	125	≥200	≤5	≤0.6	150	75
QZ50	50	125	≥200	≤6	≤0.6	150	75

注：Z 表示整流用；Q 表示汽车用；数字表示在规定条件下额定正向电流的平均值（A）

表 2-2 汽车用硅二极管的外形尺寸及配合安装孔径

二极管型号	外形尺寸/mm				相应配合安装孔径/mm
	直径	管高	总高	压线头孔径	
QZ10 QZ15 QZ20	$\phi [13 + (0.08 \sim 0.15)]$	8	19	$\phi 4.2$	$\phi (13 + 0.027)$
QZ30 QZ50	$\phi [19 + (0.1 \sim 0.18)]$	14	35	$\phi 5.1$	$\phi (19 + 0.033)$

表 2-3 正负二极管的区分

	引线	外壳	颜色	安装位置
正二极管（子）	二极管正极	二极管负极	壳底涂有红色	3 只正二极管外壳与元件板接在一起，成为发电机正极，用螺栓引至后端盖外部作为发电机火线接线柱，标记为“B”（“A”、“+”或“电枢”）
负二极管（子）	二极管负极	二极管正极	壳底涂有黑色	3 只负二极管外壳与发电机后端盖接在一起，成为发电机负极。元件板必须与后端盖绝缘，并固定在后端盖上，为维修方便，有些车型的发电机将 3 只负二极管装在另一个元件板上

(5) 前端盖、后端盖

前端盖、后端盖是由非导磁材料合金制成，漏磁少，并具有轻便、散热性能好等优点。其作用是安装轴承和其他零部件，支承转轴，刮内部构件。

在后端盖上装有电刷架和电刷，两个电刷分别装在电刷架的孔内，借助弹簧压力与集电环保持接触，用于引入激磁电流。一个电刷引线接到发电机后端盖上磁场接线柱（标记为“F”或“磁场”）上；另一个接搭铁电刷引线，用螺钉固定在后端盖上（标记为“-”或“搭铁”）。电刷标准高度应是 14 mm，刷子板隙为 7 mm。交流发电机电刷架有两种结构形式，如图 2-8 所示。

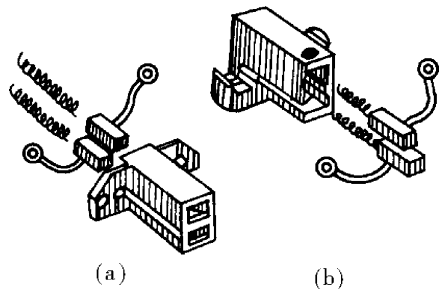


图 2-8 电刷架的结构
(a) 外装式；(b) 内装式

外装式：电刷架可以直接从发电机外部进行拆装。

内装式：电刷架不可以从发电机外部进行拆装。

交流发电机的搭铁形式如图 2-9 所示。

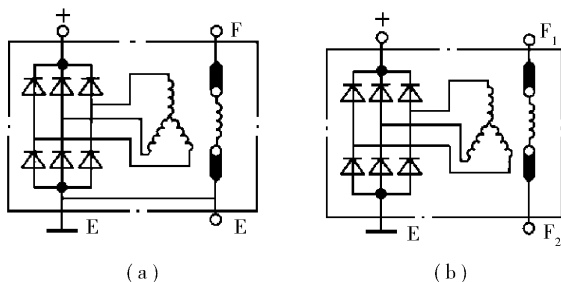


图 2-9 交流发电机的搭铁形式
(a) 内搭铁式；(b) 外搭铁式

内搭铁式：交流发电机的磁绕组两端通过电刷分别引至发电机后端盖上的接线柱，分别称为“F”（或“磁场”）和“E”（或“搭铁”）接线柱，即磁绕组的一端在发电机的外壳上直接搭铁。

外搭铁式：交流发电机的磁绕组两端引至后端盖上的接线柱分别称为“F₁”和“F₂”接线柱，两个接线柱均与发电机后端盖绝缘，磁绕组需经调节搭铁。

(6) 带轮及风扇

交流发电机前端装有带轮，由发动机通过风扇传动带驱动发电机旋转。在带轮的后面装有叶片式风扇，前后端盖上分别有风出口和进风口。当发动机带动发电机高速旋转时，可使空气流经发电机内部，对发电机进行冷却，如图 2-10 (a) 所示为奥迪轿车所用发电机。对于一些高档轿车，其发电机的功率大、体积小，为了提高散热强度，一般装有两个风扇，且将风扇扇叶直接焊在转子上，如图 2-10 (b) 所示为丰田轿车所用发电机。

(7) 交流发电机的型号规格

根据我国汽车行业标准 QC/T 73—1993《汽车电气设备产品型号编制方法》的规定，汽车交流发电机的型号组成如下所示。

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

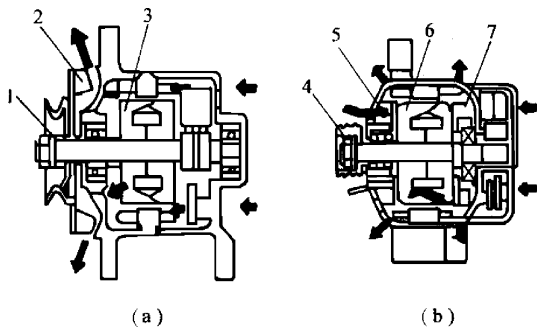


图 2-10 交流发电机的通风
(a) 单风扇式；(b) 双风扇式

1, 4—带轮；2, 5, 7—风扇；3, 6—转子

1——产品代号，交流发电机的产品代号有 JF、JFZ、JFB、JFW 四种，分别表示交流发电机、整体式交流发电机、带泵式交流发电机和无刷式交流发电机。

2——电压等级代号，用一位阿拉伯数字表示，见表 2-4。

3——电流等级代号，用一位阿拉伯数字表示，见表 2-5。

4——设计序号，按产品先后顺序，用阿拉伯数字表示。

5——变形代号，交流发电机是以调整臂位置作为变形代号。从驱动端看，Y 表示调整臂位于右边；Z 表示调整臂位于左边；调整臂在中间时不加标记。

例如，桑塔纳、奥迪 100 型轿车所用交流发电机代号为 JFZ1913Z 型，其含义为：电压等级为 12 V、输出电流大于 90 A、第三代设计，调整臂位于左边的整体式交流发电机。

表 2-4 电压等级代号

电压等级代号	1	2	3	4	5	6
电压等级/V	12	24	—	—	—	6

表 2-5 电流等级代号

电流等级/A	1	2	3	4	5	6	7	8	9
产品名称									
普通交流发电机									
整体式交流发电机									
带泵式交流发电机	~ 19	≥20 ~ 29	≥30 ~ 39	≥40 ~ 49	≥50 ~ 59	≥60 ~ 69	≥70 ~ 79	≥80 ~ 89	≥90
无刷式交流发电机									
永磁式交流发电机									

二、交流发电机的工作原理

1. 发电原理

直流发电机的工作原理是使线圈在磁场中转动，线圈的工作边不断切割磁力线而发电；反过来，如果使磁场旋转，而将线圈固定在其周围，同样也能发电。交流发电机就是把通电线圈所产生磁场在发电机中旋转，使其磁力线切割定子线圈，在线圈内产生交变电动势。

交流发电机产生交流电的基本原理，仍然是电磁感应原理。交流发电机工作原理图如图

2-11 所示。

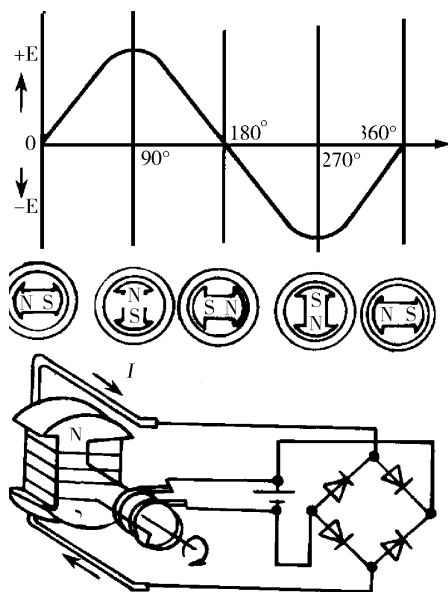


图 2-11 交流发电机工作原理图

若转子不停地旋转，则感应电动势和负载中电流的方向和大小将随时间做周期性变化，于是就产生交变电动势和交变电流。由于磁感应强度分布近似于正弦规律，使交流电也按正弦规律变化，这就是所谓正弦交流电，它是一般交流电的基本波形。

实际使用的交流发电机是三相同步交流发电机，即是指转子的转速与旋转磁场的转速相同（同步转速）的三相交流发电机。图 2-12 为三相同步交流发电机的工作原理图。

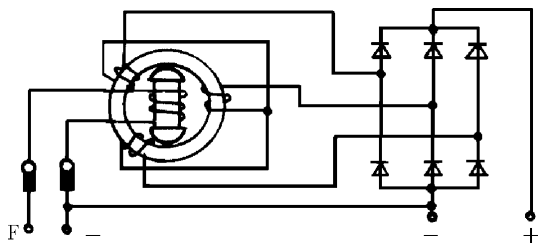


图 2-12 三相同步交流发电机的工作原理图

当转子旋转时，磁力线和定子绕组之间产生相对运动，在三相绕组中产生交变电动势，其频率为

$$f = \frac{p \cdot n}{60} (\text{Hz})$$

式中 p ——磁极对数；

n ——发电机转速（r/min）。

在汽车用交流发电机中，由于转子磁极呈鸟嘴形，其磁场分布近似正弦规律，所以交流电动势也近似正弦波形。三相绕组在定子中是对称绕制的，产生三相电动势也是对称的，所以在三相绕组中产生频率相同、幅值相等、相位互差 120° 的正弦电动势 e_A 、 e_B 和 e_C 。三相绕组中电动势的瞬时值方程式为：

$$e_A = \sqrt{2}E_\phi \sin \omega t$$

$$e_B = \sqrt{2}E_\varphi \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_C = \sqrt{2}E_\varphi \sin(\omega t - 240^\circ)$$

式中 E_φ ——每相绕组电动势的有效值；

ω ——电角速度 ($\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{p \cdot n}{60}$)；

t ——时间 (s)。

同理可得 U_A , U_B , U_C 和 I_A , I_B , I_C 。

发电机每相绕组中所产生电动势的有效值为：

$$E_\varphi = 4.44KfN\Phi \text{ (V)}$$

式中 K ——绕组系数 (交流发电机采用整绕组, $K=1$)；

f ——感应电动势频率 (Hz), $f = pn/60$ ；

N ——每相绕组匝数；

Φ ——每极磁通 (W_b)。

对定型发电机而言, 上式中 K 、 p 、 N 均为定值, 以电机常数 C_n 代替, 这样就化为

$$E_\varphi = C_n \Phi$$

交流发电机定子绕组内感应电动势的大小与每相绕组串联匝数成正比, 即定子绕组匝数越多, 转子转速越高, 则绕组内感应电动势也越高。

2. 整流原理

定子绕组中所感应交流电, 要靠二极管组成整流, 改变为直流电。二极管具有单向导电性。当给二极管加上正向电压 (正极电位高于负极电位) 时导通, 即呈现低电阻状态; 当给二极管加一反向电压 (正极电位低于负极电位) 时截止, 即呈现高电阻状态。利用二极管这种单向导电特性就可把交流电变为直流电。

三相桥式全波整流电路的整流原理如图 2-13 所示。

①元件板上三个正二极管 D_1 、 D_3 、 D_5 的正极分别接在发电机三相绕组首端 A、B、C。 D_1 、 D_3 、 D_5 分别在三相交流电正半周期内导通, 且哪相电压最高, 则接该相绕组的正二极管导通。

②后端盖上三个负二极管 D_2 、 D_4 、 D_6 的负极分别接发电机三相绕组 A、B、C。 D_2 、 D_4 、 D_6 分别在三相交流电负半周期内导通, 且哪相电压最低, 则接该相绕组的负二极管导通。

③同时导通的二极管有两个, 即正、负二极管。

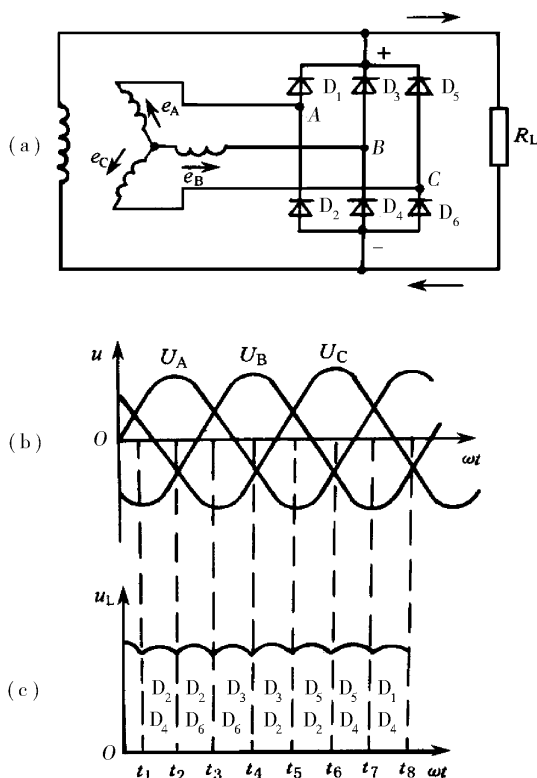


图 2-13 三相桥式整流电路中的电压、电流波形
(a) 电路; (b), (c) 波形

各一个。同时导通的两个管子总是将发电机的线电压加在负载 R 两端。

根据以上原则,其整流过程如下:

在 $t=0$ 时, U_C 最高, U_B 最低,则 D_5 、 D_4 导通, R 两端电压为 U_{CB} 。

在 $t_1 \sim t_2$ 时间内, U_A 最高, U_B 最低,则 D_1 、 D_4 导通, R 两端电压为 U_A 。

在 $t_2 \sim t_3$ 时间内, U_A 最高, U_C 最低,则 D_1 、 D_6 导通, R 两端电压为 U_{AC} 。

在 $t_3 \sim t_4$ 时间内, U_B 最高, U_C 最低,则 D_3 、 D_6 导通, R 两端电压为 U_{BC} 。

依次下去,周而复始,就在负载两端得到一个比较平稳的脉动直流电压 u ,一个周期内有 6 个纹波。

综上所述,可以得出以下结论:

①三相桥式全波整流电路能将三相交流电变成较平稳的直流电,整流效率高、质量好。

②经整流后的直流电压即是三相整流发电机的直流输出电压,大约是三相交流线电压的 1.35 倍,即

$$U = 1.35 U_L = 2.34 U_\phi$$

式中 U_L ——线电压有效值;

U_ϕ ——相电压有效值,且 $U_L = \sqrt{3} U_\phi$ 。

③每个二极管在一个周期内只导通 $1/3$ 时间,所以流过每只二极管的平均电流 I_D 只为负载电流 I 的 $1/3$,即

$$I_D = \frac{1}{3} I$$

④每只二极管所承受的最高反向电压 U_{DRM} 为线电压最大值,即

$$\begin{aligned} U_{DRM} &= \sqrt{2} U_L = \sqrt{2} \times \sqrt{3} U_\phi \\ &= 2.54 U_\phi = 1.05 U \end{aligned}$$

⑤对中性点接柱“N”而言,其中性点直流电压 U_N 为三相半波整流电压值,也就是直流输出电压值一半,即

$$U_N = \frac{1}{2} U$$

带有中心抽头的交流发电机如图 2-14 所示。中点电压一般用来控制各种用途的继电器,如磁场继电器、充电指示灯继电器等。

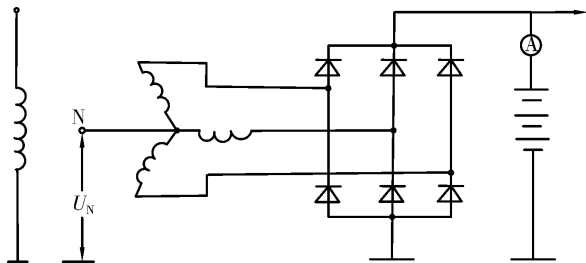


图 2-14 带有中心抽头的交流发电机

3. 励磁方法

在发电机开始发电时采用了他励方式,即由蓄电池为励磁绕组提供励磁电流,以增强磁场,使发电机在低速转动时电压能够迅速上升,从而实现发动机怠速时发电机可向蓄电池充

电。发电机向蓄电池充电时，**励磁方法**由他励式变为自励式，即**励磁电流**由发电机自己提供。前地说，交流发电机的**励磁方法**是：先他励后自励。

下面借助九管交流发电机说明**励磁方法**，九管交流发电机的原理图如图 2-15 所示。

①当点火开关 S 接通时，**励磁电路**如下（他励）：蓄电池正极→点火开关 S→充电指示灯→调节器→发电机**励磁绕组**→搭铁。这时充电指示灯亮，表示蓄电池放电。

②当发动机启动后，发电机电压高于蓄电池电压时，由于“D+”与“B”两点电位相等，因此充电指示灯因两端电位相等而熄灭，表示发电机正常发电。一方面，由发电机的火线接线柱“B”向全车供电及向蓄电池充电，另一方面通过“D+”为发电机的**励磁绕组**提供**励磁电流**（自励）。**励磁电路**如下：“D+”→调节器→发电机**励磁绕组**→搭铁。

③当发动机熄火时，充电指示灯亮，说明蓄电池在放电，提醒驾驶员关闭点火开关 S；当车辆运行时，充电指示灯亮，说明充电系统有故障，提醒驾驶员应及时维修。

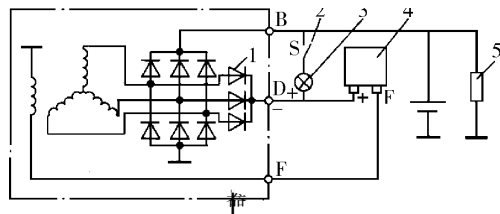


图 2-15 九管交流发电机原理图
1—**励磁绕组**；2—点火开关 S；3—充电指示灯；
4—调节器；5—负载

三、交流发电机的特性

汽车用**整流交流发电机**的工作特点是传动比大，转速变化范围大。对于一般汽油发动机来说，其转速变化为 1:8，对柴油机来说为 1:5。因此，汽车用**整流交流发电机**的特性必须以转速的变化为基础，进而分析各有关量的变化。

交流发电机的特性有**输出特性**、空载特性和外特性，其中以**输出特性**最为重要。

1. 输出特性

交流发电机的**输出特性**又称负载或**输出电流特性**。它是指发电机向负载供电时，保持发电机**输出电压**恒定（对 12 V 的发电机规定为 14 V，对 24 V 的发电机规定为 28 V），即 u 为常数的情况下，发电机的**输出电流**与转速之间的关系，即 $I = f(n)$ 的函数关系。

交流发电机的**输出特性**，可用图 2-16 所示的试验电路求得。首先闭合开关 S_1 和 S_2 ，再启动动力装置。在发电机电压达到充电电压时，断开 S_2 ，发电机开始自激。调节转速使发电机电压达到额定值，记录下此时的转速值（图 2-17 中的 n_1 ），通常 n_1 为空载转速。接着调节负载 R 为最大，合上开关 S_3 ，使发电机向负载供电。逐渐减小负载电阻 R ，增大电流，同时不断提高转速使发电机电压保持在额定值。就这样，将各测试点的**电流** I 与所对应的转速 n 记录下来，在坐标纸上画**曲线**。图 2-17 所示为交流发电机的**输出特性曲线**。

从交流发电机的**输出特性曲线** $I = f(n)$ 可以看出：

①发电机的转速很低时，其端电压低于额定电压，此时发电机不能向外供电；当转速达到空载转速 n_1 时，电压达到额定值；当转速高于空载转速 n_1 时，发电机才有能力在额定电压下向外供电，所以空载转速值 n_1 常用作选择发电机与发动机速比的主要依据。

②当转速超过 n_1 时，发电机**输出电流** I 将随着转速 n 的升高和电阻 R 的减小而增大；当转速等于 n_2 时，发电机**额定功率**（即额定电流与额定电压之积），故将转速 n_2 称为满载转速。

空载转速和满载转速是交流发电机的主要性能指标，在产品说明书中均有规定。在使用

中,应定期测得这两个电压值与规定值相比较,就可判断发电机性能是否良好。

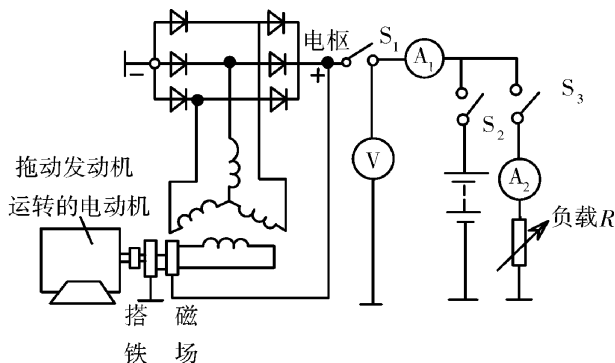


图 2-16 交流发电机实验接线图

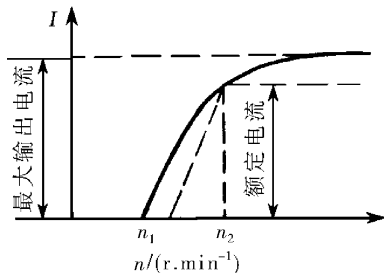


图 2-17 交流发电机输出特性曲线

③当发电机转速达到一定值时,发电机的输出电流就不再随转速的升高和负载电阻 R 的减小而增大,这时电流值称为发电机的最大输出电流或限流值。这个性能表明,交流发电机具有自动限制电流的自我保护能力。交流发电机的最大输出电流约为额定电流的 1.5 倍。

交流发电机之所以能自我限制电流,可作如下定性分析。

a. 定子绕组具有一定阻抗 Z ,它对通过定子绕组的交流电流起着阻碍作用。

阻抗 Z 是由绕组的电阻 r 和感抗 x_L 合成的,即

$$Z = \sqrt{r^2 + x_L^2}; x_L = \omega L$$

式中 ω ——角速度, $\omega = 2\pi f$ (f 为频率: $f = pn/60$);

L ——相定子绕组的电感。

由上式可知,感抗 x_L 与转速 n 成正比。高速时,由于绕组电阻与感抗 x_L 相比可以忽略不计,因此可以认为定子绕组的阻抗 Z 与转速成正比。

于是,转速越高,感抗 x_L 越大,即阻抗 Z 越大,阻碍交流电流的能力越强,可产生较大的内部电压降。

b. 定子电流增加时,电枢反应增强,感应电动势也会下降。所谓电枢反应是指在发电机内部除磁极磁场外,还有电枢电流产生的磁场,即存在磁极磁场和电枢磁场。电枢磁场对磁极磁场的影响称为电枢反应。在交流发电机中,爪极转子是旋转的磁场,定子是电枢可产生电枢磁场。

综上所述,当发电机转速升高,使负载电流增加到一定程度后,如再提高转速,尽管定子绕组中的感应电动势增加,但因定子绕组的阻抗增大,内部电压降增大,再加上电枢反应引起感应电动势下降,两者共同作用的结果,就使发电机的输出电流不再增加,因而交流发电机具有自身限制输出电流的作用。其限制电流值的大小与定子绕组的电感 L 有关,也就是与定子绕组的匝数有关。

因此采用交流发电机,可以不需另加电流限制,而具有自身限制电流的保护能力。

2. 空载特性

空载特性是指发电机空载时,发电机的端电压与转速之间的关系,即 $I = 0$ 时, $U = f(n)$ 的函数关系如图 2-18 所示。

从曲线可以看出,随着转速的升高,端电压上升较快,由他激转入自激发电时,即能向

铅蓄电池进行补充充电,进一步证实了低速充电性能好优点。因此,空载特性是判定整流发电机充电性能是否良好的重要依据。

3. 外特性

外特性是指转速一定时,发电机的端电压与输出电流的关系。即 n 为常数时, $U=f(I)$ 的函数关系。经不同恒定转速的试验后,可输出一组相似外特性曲线,如图 2-19 所示。

发电机的转速越高,端电压也越高,输出电流也越大。转速对电压的影响较大,当保持在任一转速时,端电压均随输出电流的增大而相应下降。由于端电压受转速和负载变化的影响,所以必须配用电压调节器才能保持电压恒定。否则,当发电机在高速运转时,若突然失去负载,其电压会突然升高,这时发电机中的二极管以及调节器内的电子元件将有被击穿的危险。

四、新型交流发电机

随着汽车交流发电机技术的发展与进步,各汽车生产大国相继开发了结构先进、性能优良的新型交流发电机。目前汽车装备的交流发电机主要有八管交流发电机(如夏利轿车发电机)、九管交流发电机(如斯太尔汽车发电机)、十一管交流发电机(如奥迪、桑塔纳轿车发电机)和无刷交流发电机(如东风 EQ2102、EQ1108、EQ1141 型汽车发电机),这些发电机一般都制作成整体式结构。下面分别介绍其结构特点和工作原理。

1. 八管交流发电机

有刷交流发电机除具有组成三相桥式整流电路的 6 个二极管外,还具有 2 个中性点二极管。其接线柱的记号为“N”。中性点对发电机外壳(即搭铁)之间的电压 U_N 是通过 3 个负极三相半波整流得到的直流电压,所以 $U_N = (1/2)U$ 。中性点电压一般用来控制各种继电器,如磁场继电器、充电指示灯继电器等。

有刷交流发电机还利用中性点输出提高发电机的输出功率。例如,天津夏利 TJ7100、TJ7130 型轿车用 JFZ1542 型 14 V 45 A 交流发电机。连接在发电机中性点“N”与输出端“B”以及与搭铁端“E”之间的两只整流二极管称为中性点二极管,如图 2-20 中 VD_7 、 VD_8 所示。提高输出功率的原理如下。

发电机高速时,当中性点电压瞬时值高于输出电压(平均电压 14 V)时,从中性点输出电流,见图 2-20 (a),其输出电路为:定子绕组→中性点二极管 VD_7 →负载(包括蓄电池)→负极→定子绕组;当中性点电压瞬时值低于搭铁电位时,流过中性点二极管 VD_8 的电流,见图 2-20 (b),其输出电路为:定子绕组→正极→B 接线柱→负载(包括蓄电池)→中性点二极管 VD_8 →定子绕组。

由此可见,只要在中性点处连接两只整流二极管就可利用中性点输出的交流电压来增

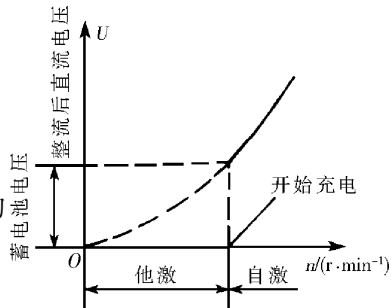


图 2-18 空载特性

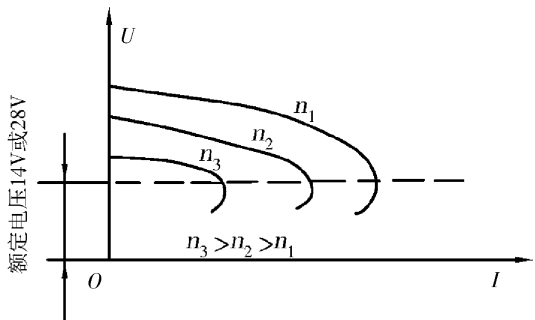


图 2-19 外特性

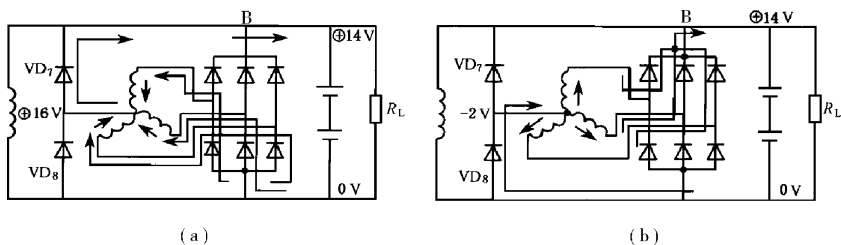


图 2-20 中性点二极管的电流流经

(a) 当中性点电压瞬时值高于刷电压时；(b) 当中性点电压瞬时值低于刷电压时

加交流发电机输出电流，如图 2-21 所示。试验表明，在不改动交流发电机结构的情况下，加装两只整流二极管，当发电机中高速（发电机转速超过 2 000 r/min，发电机转速超过 800r/min）运转时，其输出功率与额定功率相比就可增大 11%~15%。

当交流发电机输出电流时，中性点不仅具有直流电压，而且还含有交流成分，即中性点三次谐波电压，且幅值随发电机转速而变化。

当交流发电机空载时，由于鸟嘴形磁极使磁场分布近似为正弦曲线，从而使三相感应电动势波形接近于正弦波。当发电机正常工作有电流输出时，由于电枢反应（定子绕组输出电流产生的磁场对磁场电流产生的磁场的影响称为电枢反应）强弱、漏磁、铁磁物质饱和以及整流二极管非线性特性等因素，将会导致交流发电机内磁通分布变为非正弦分布，从而造成交流发电机感应电动势和输出电压波形产生畸变，相电压的实际波形如图 2-22 (a) 所示。利用傅里叶方法分析证明，输出电压畸变波形可以认为是由图 2-22 (b) 所示的正弦基波和图 2-22 (c) 所示三次谐波（波形频率为基本频率 3 倍）组成。

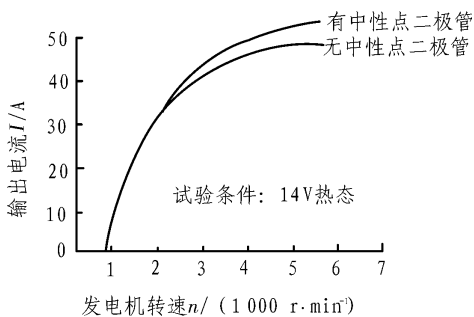


图 2-21 交流发电机输出电流比较

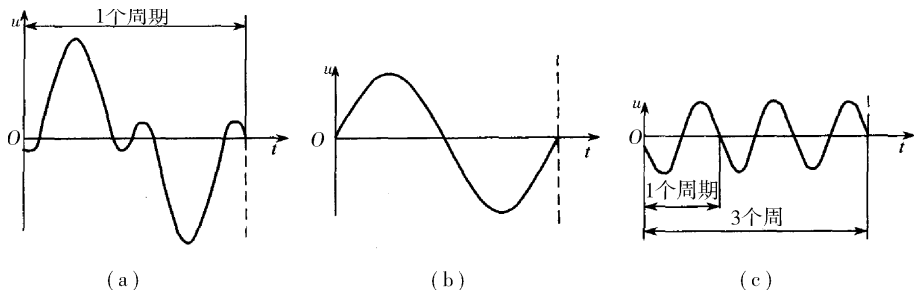


图 2-22 发电机输出电流时的畸变波形

(a) 相电压畸变波形；(b) 相电压基波；(c) 三次谐波波形

如果将交流发电机三相绕组输出电压波形进行分解，就可得到如图 2-23 所示三相电压基波电压和三次谐波电压波形。由图可见，尽管三相电压基波相位差为 120° 电角度，然而各相三次谐波之间相位却是相同点（即相位差为 0）。

当三相绕组采用 Y 形连接时，因为线电压（输出电压）是两相电压之差，而三次谐波电压大小相等，相位相同，可以互相抵消，所以发电机对外输出电压反映不出三次谐波电

压。但相电压可以反映三次谐波电压,且该三次谐波电压幅度随发电机转速升高而升高,如图 2-24 所示。可见,交流发电机中性点电压是由三相正弦基波电压整流得到直流电压 U_N 和三次谐波电压(交流电压) U_N 组成。

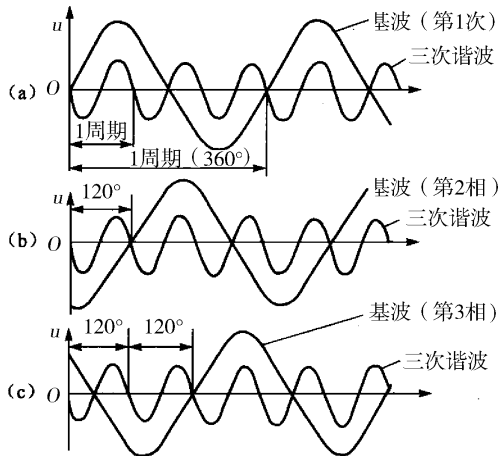


图 2-23 各相绕组基波与三次谐波

(a) 第1相波形; (b) 第2相波形;
(c) 第3相波形

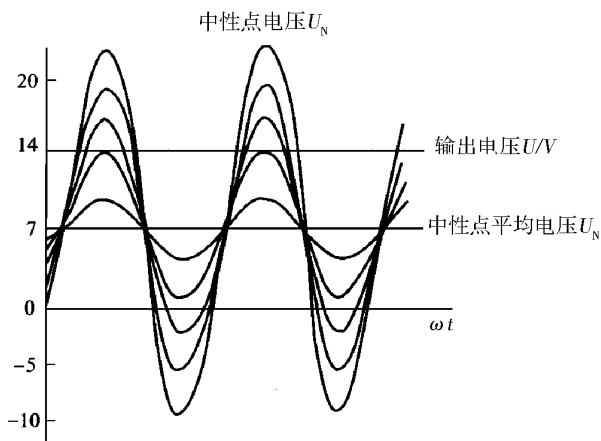


图 2-24 不同转速时中性点电压波形

当发电机转速升高到一定程度(超过 2 000 r/min)时,交流电压最高瞬时值有可能超过发电机直流输出电压 U ,最低瞬时值则可能低于搭铁端电压(0 V),如图 2-24 所示。如果在中性点与发电机输出端“B”以及与搭铁端“E”之间分别连接一只整流二极管,那么当交流电压高于发电机输出电压 U 或低于 0 V 时就可向外输出。

2. 九管交流发电机

(1) 九管交流发电机结构特点

在普通交流发电机的基础上增设 3 只小功率二极管 VD_7 、 VD_8 、 VD_9 ,并与 3 只负极管 VD_2 、 VD_4 、 VD_6 组成三相桥式整流电路来专门供给磁场电流,称为九管交流发电机,所增设的 3 只小功率二极管称为磁场二极管。九管交流发电机充电系统电路如图 2-25 所示。

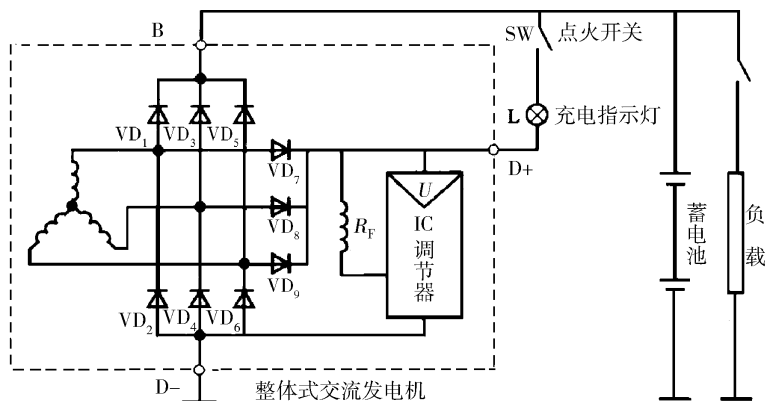


图 2-25 九管交流发电机充电系统电路

当发电机工作时,定子绕组产生三相交流电动势经 6 只整流二极管 $VD_1 \sim VD_6$ 组成

三相桥式全波整流电路整流后，输出直流电压 U_B 向负载供电并向蓄电池充电。发电机的磁场电流则由 3 只磁场二极管 VD_7 、 VD_8 、 VD_9 与 3 只负极二极管 VD_2 、 VD_4 、 VD_6 组成三相桥式全波整流电路整流后输出直流电压 U_D 供给。

(2) 充电指示灯工作情况

九管交流发电机不仅可以控制充电指示灯来指示蓄电池充电情况，而且能够判断指示充电系统是否发生故障。

接通点火开关 SW ，蓄电池电流便经点火开关 SW →充电指示灯→发电机“D+”端子→磁场绕组 R_f →调节器内部大功率三极管→搭铁→蓄电池负极构成回路。此时充电指示灯发亮，指示磁场电流接通并由蓄电池供电。

当发动机启动后，随着发电机转速升高，发电机“D+”端电压随之升高，充电指示灯两端电位差降低，指示灯亮度变暗。当发电机电压升高到蓄电池端电压时，发电机“B”端与“D-”端电位相等，充电指示灯两端电位差降低到零而熄灭，指示发电机已正常发电，磁场电流由发电机自己供给。

当发电机高速运转、充电系统发生故障而导致发电机不发电时，因为“D+”端无电压输出，所以充电指示灯两端电位差增大而发亮，警告驾驶员及时排除故障。

3. 十一管交流发电机

整流总成是具有 3 只正极二极管 VD_1 、 VD_3 、 VD_5 ，3 只负极二极管 VD_2 、 VD_4 、 VD_6 ，3 只磁场二极管 VD_7 、 VD_8 、 VD_9 和 2 只中性点二极管 VD_{10} 、 VD_{11} 的交流发电机，称为十一管交流发电机。桑塔纳、捷达轿车用 JFZ1913Z 型 14 V 90 A 发电机和东风 EQ2102 型越野车汽车用 JFW2621 型 28 V 45 A 整体式无刷发电机均为十一管交流发电机。

十一管交流发电机充电系统电路如图 2-26 所示，这种发电机不仅具有八管交流发电机提高输出功率的作用，而且具有九管交流发电机反映充电系统工作情况的作用，作用原理前文已述，故不赘述。

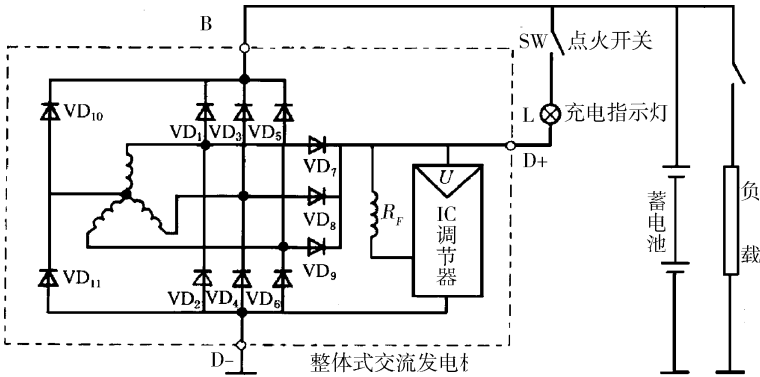


图 2-26 十一管交流发电机充电系统电路

4. 无刷交流发电机

上述几种交流发电机的磁场绕组都随转子轴旋转，因此必须采用电刷和集电环（滑环）才能将磁场电流引入磁场绕组。长期使用，由于集电环与电刷会发生摩擦或接触不良，从而造成磁场电流不稳或发电机不发电等故障。对于使用环状结构的汽车，特别是载货汽车和越野车，为了保证发电机可靠运行和减少维修工作，20 世纪 80 年代以来，国内外都

在致力于开发研制结构新颖、性能优良、维修方便^①无刷交流发电机，其显著特点是发电机内部没有电刷和集电环。

汽车用无刷交流发电机分为爪极式无刷交流发电机和感应子式无刷交流发电机两类。目前大多数^②采用爪极式无刷交流发电机。如东风 EQ2102 型越野汽车、部分东风 EQ1090 型和跃进 NJ1041、NJ1061 型载货汽车都已配装爪极式无刷交流发电机。

(1) 爪极式无刷交流发电机

①爪极式无刷交流发电机结构特点。爪极式无刷交流发电机^③结构与前述有刷交流发电机基本相同，图 2-27 所示为国产 JFW14 系列无刷交流发电机^④外形及零部件组成图，其显著特点是磁场绕组不随转子轴转动，因此磁场绕组两端引线可直接从发电机内部引出^⑤，从而省去集电环和电刷并形成无刷结构，而爪极在磁场绕组^⑥外围旋转。

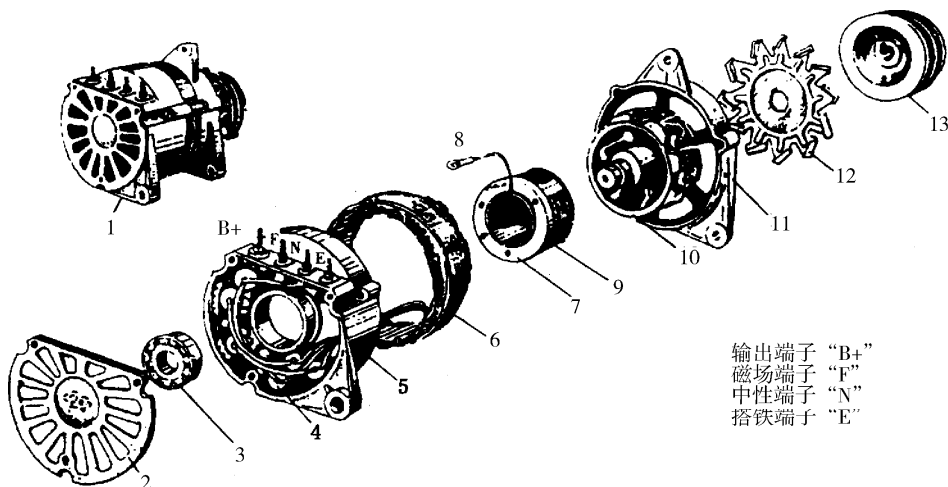


图 2-27 无刷交流发电机外形及零部件组成

- 1—外形图；2—防护盖；3—后轴承；4—整流二极管；5—磁场绕组托架与后轴承支架；6—定子总成；
7—磁轭；8—磁场绕组引线端子；9—磁场绕组；10—爪极；11—前端盖；12—风扇叶片；13—驱动齿轮

爪极式无刷交流发电机^⑦结构原理和磁路如图 2-28 所示，磁场绕组 2 通过一个磁轭托架 1 固定在后端盖 4 上。两个爪极中只有一个爪极 8 直接固定在发电机转子轴上，另一爪极 3 固定方法有两种，一种是用非导磁材料焊接（如铜焊焊接）固定在爪极 8 上；另一种是用非导磁连接环固定在爪极 8 上。当驱动齿轮带动转子轴旋转时，一个爪极就带动另一爪极在定子内^⑧转动。在爪极 3 轴向有一个大圆孔，磁轭托架由此圆孔伸入爪极^⑨腔内。在磁轭托架与爪极以及转子磁轭之间均需留^⑩附加间隙 g_1 、 g_2 ，以便转子转动。

②爪极式无刷交流发电机工作原理。当磁场绕组接通直流电流时，其主磁通路径由转子磁轭^⑪发出，经附加间隙 g_2 →磁轭托架→附加间隙 g_1 →左边爪极^⑫磁极 N→主气隙 g →定子铁芯→主气隙 g →右边爪极^⑬磁极 S→转子磁轭而

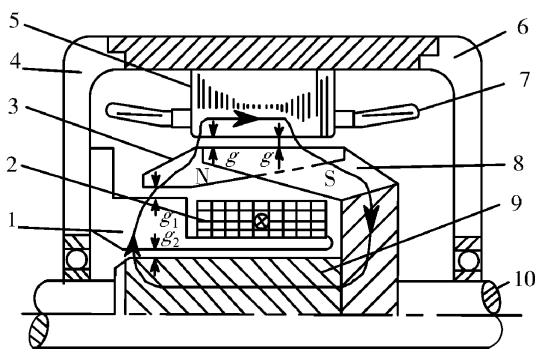


图 2-28 爪极式无刷交流发电机结构原理

- 1—磁轭托架；2—磁场绕组；3、8—爪极；
4—后端盖；5—定子铁芯；6—前端盖；
7—定子绕组；9—磁轭；10—转子轴

形成闭合回路。由此可见：爪极磁通是单向通道，即左边爪极磁极全是 N 极，右边爪极磁极全是 S 极，或者相反。

因为无刷交流发电机的磁场绕组静止不动，转子上爪极在磁场绕组与定子铁芯之间旋转，所以在转子旋转时，磁力线便交替穿过定子铁芯，定子槽中的三相绕组就会感应产生交变电势形成三相交流电，经整流整流后，即可变为直流电供给用电系统使用。

③爪极式无刷交流发电机的优缺点。爪极式无刷交流发电机的优点是：结构简单，维护工作量少，工作可靠性高，可在潮湿和多尘环境中工作；工作时无火花，减小了无线电干扰，这是因为无刷交流发电机没有集电环和电刷，不存在电刷与集电环接触不良而导致发电不稳或不发电等故障。

爪极式无刷交流发电机的缺点是：由于汽车发电机转速最高可达 18 000 r/min，因此连接两块爪极的制造工艺要求高、焊接困难；此外，由于主磁通路径中增加了 2 个附加间隙，因此在输出功率与有刷交流发电机相同的情况下，必须增大磁场绕组电流，这对控制磁场电流调节就提出了更高的要求。

(2) 感应子式无刷交流发电机

①感应子式无刷交流发电机结构。感应子式交流发电机将磁场绕组和定子绕组都装在定子上。它由转子、定子、整流等组成，如图 2-29 所示。

转子由凸齿状冲片铆成，通过前后端盖支承在定子中间。

定子由内圆带钢片叠成的铁芯、定子绕组和磁场绕组组成。定子铁芯开有 12 个小槽和 4 个大槽，4 个大槽将 12 个小槽等分成 4 个部分。4 个大槽中装 4 组磁场绕组，采用串联连接。12 个小槽和 4 个大槽中装有定子绕组，它们由 2 根高强度漆包线并绕，16 个定子绕组（2 小 4 大）串联连接。

整流由 2 个二极管组成单相全波整流电路，发电机工作时将定子绕组中产生的单相交流电整流为直流电。

②感应子式无刷交流发电机工作原理。当磁场绕组中有电流通过时，其周围产生磁场，使转子凸齿磁化，磁力线的方向与凸齿的极性如图 2-29 中箭头方向所示。转子的凸齿没有固定的极性，只与所处位置有关。当凸齿处于图中右上角和左下角时为 N 极，而处于左上角和右下角时为 S 极。

发电机工作时，转子不断旋转，凸齿的极性以及定子绕组周围的磁场不断变化，则会使定子绕组中感应出大小和方向不断变化的感应电动势。电动势的方向总是与磁场变化的方向相反，按电动势相加的原则将定子绕组串联起来经单相全波整流，即转变为直流电。

五、交流发电机的调节器

1. 电压调节器的工作原理

交流发电机每相绕组电动势有效值公式为：

$$E_{\phi} = Cn\Phi$$

这里 C 为发电机的结构常数，n 为转子转速， Φ 为转子的磁极磁通量。也就是说交流发电机所产生的感应电动势 E_{ϕ} 与转速 n 和磁极磁通量 Φ 成正比。当转速 n 升高时，要想使发电机的输出电压保持恒定，只能通过减小磁极磁通量 Φ 来实现。又因为磁极磁通量 Φ 与励磁电流 I 成正比，减小磁极磁通量 Φ 也就是减小励磁电流 I_f 。

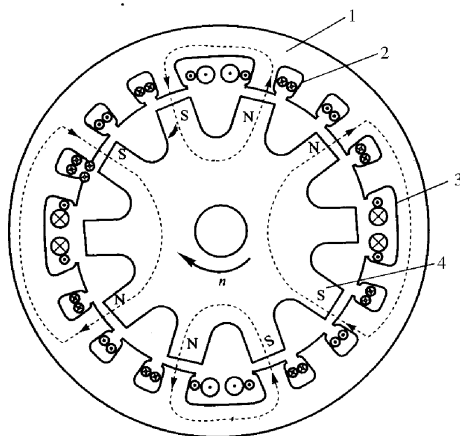


图 2-29 感应子式交流发电机结构示意图

1—定子；2—定子绕组；3—磁场绕组；4—转子

交流发电机调节器的工作原理是：当交流发电机转速 n 升高时，调节器通过减小发电机的励磁电流 I_f 来减小磁极磁通量 Φ ，使发电机的输出电压保持不变。

2. 电压调节器的分类

交流发电机调节器可分为触点式电压调节器、晶体管调节器和集成电路调节器。3 种调节器的基本原理都是以转速为基础，通过改变励磁电流，来维持发电机的输出电压恒定。

六、充电指示灯的控制电路

充电指示灯（属于报警装置），主要用来监测充电系统的工作是否正常。一般情况下，当接通点火开关时，充电指示灯亮，而当发动机启动后，交流发电机正常工作时，充电指示灯熄灭（只有极个别车型例外，如天津大发）。因此，当发动机正常工作时，充电指示灯突然发亮，则表示充电系统有故障，提醒驾驶员注意及时维修。

充电指示灯的控制方法常见有以下两种：

①利用中性点电压，通过继电器控制充电指示灯如图 2-30 所示。其工作原理如下所述。

a. 充电指示灯由启动复合继电器中的保护继电器控制。充电指示灯的控制电路为：蓄电池正极→点火开关 S_1 →充电指示灯→启动复合继电器的接线柱 L→保护继电器的常闭触点 S_2 →磁轭→启动复合继电器的接线柱 E→搭铁。

b. 当点火开关接通时，充电指示灯亮，其电路如上。

c. 当发动机启动后，发电机开始正常发电，由于发电机的中性点接线柱 N 有电压输出，这时启动组合继电器上的磁化线圈 X_2 有电流通过，其电路如下：发电机的中性点接线柱 N→启动组合继电器的接线柱 N→磁化线圈 X_2 →搭铁接线柱 E。

这时，磁化线圈 X_2 将产生磁吸力，将常闭触点 S_2 打开，充电指示灯熄灭，表示发电机正常工作。

②利用二极管的单向导电性控制充电指示灯，如图 2-31 所示。其工作原理如下所述。

a. 当点火开关 S 闭合时，电路如下（蓄电池正极→点火开关 S →充电指示

灯→调节→发电机磁绕组→搭铁。这时, 充电指示灯亮。

b. 当发动机启动后, 发电机的输出电压高于蓄电池的电动势, 二极管 VD 导通, 同时 VD 将充电指示灯短路, 充电指示灯熄灭, 表示发电机正常工作。

蓄电池的充电电路为: 发电机的火线接线柱 B→VD→蓄电池正极。

励磁电路为 (自励) 发电机的火线接线柱 B→调节→发电机磁绕组→搭铁。

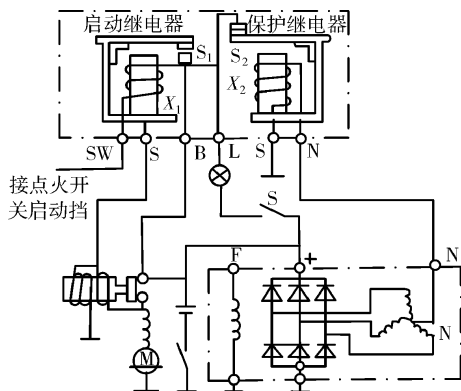


图 2-30 东风 EQ1092、解放 CA1092
充电指示灯控制电路

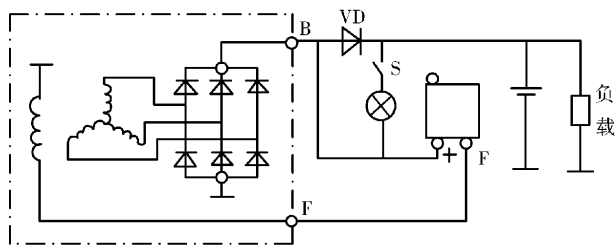


图 2-31 法国沃尔沃汽车充电指示灯控制电路

强化训练

一、判断题

- 交流发电机中整流二极管的正极为发电机的正极。()
- 交流发电机中性点 N 的输出电压为发电机电压的一半。()
- 在三相桥式整流电路中, 每个二极管导通时间占整个周期的 1/2。()
- 内搭铁电子调节和外搭铁调节可以互换使用。()
- 交流发电机的励磁方法为: 先他励后自励。()
- 交流发电机的定子绕组通常为 Y 形接法, 整流为三相桥式整流电路。()
- 通过检查发电机的励磁电路和发电机本身, 查不出不发电故障的具体部位。()
- 充电指示灯亮就表示启动蓄电池处于放电状态。()
- 整流发电机可以用短接接柱试火的方法检查故障。()
- 汽车用交流发电机由一台三相同交流发电机和一套整流器组成。()
- 定子绕组的连接方式有星形和三角形两种, 交流发电机常采用三角形方式。()
- 交流发电机是利用二极管的单向导电特性把交流电转换为直流电。()
- 交流发电机的输出特性表明它具有限制输出电流的能力。()
- 大部分汽车充电指示灯亮, 表明蓄电池处于充电状态, 整流发电机处于自励发电状态。()
- 根据集成电路调节检测电压方式的不同, 交流发电机可分蓄电池电压检测法和发电机电压检测法两种。()

二、选择题

- 交流发电机转子的作用是 ()。
 - 发出三相交流电动势
 - 产生磁场
 - 变交流为直流
- 发电机调节器是通过调整 () 来调整发电机电压的。
 - 发电机的转速
 - 发电机的励磁电流
 - 发电机的输出电流
- 整流发电机中性点的电压为直流输出电压的 ()。
 - $1/2$
 - $1/3$
 - $1/6$
- 交流发电机中防止蓄电池反向电流的零部件为 ()。
 - 电刷
 - 电压调节器
 - 逆流二极管
 - 整流器
- 如果蓄电池的正负电缆接反,发电系统的 () 将会损坏。
 - 电压调节器
 - 电刷
 - 整流器
 - 定子绕组
- 整流发电机的电刷高度不得小于 ()。
 - 4 mm
 - 7 mm
 - 12 mm
- 正极的一个测试时的正向电阻值应为 ()。
 - $6 \sim 8 \Omega$
 - $8 \sim 10 \Omega$
 - $10 \sim 12 \Omega$

单元二 充电系的常见故障及各零部件的检修方法

一、充电系的故障诊断概述

1. 汽车充电系分类

汽车充电系分为两类:一类是交流发电机与调节器各自独立安装,采用的是普通交流发电机;另一类是将集成电路调节器安装在发电机内部,采用的是整体式交流发电机。

2. 充电系的故障现象

一般充电系的故障现象有以下几种情况:

- ①发动机启动后,充电指示灯仍亮。
- ②发动机启动后,充电指示灯亮,发动机高速运行时,充电指示灯熄灭。
- ③汽车运行时,经常烧灯泡、熔丝及各种开关等电气设备。
- ④打开点火开关,充电指示灯不亮。
- ⑤汽车运行时,发电机或传动带有异响。

3. 故障诊断过程

对于大多数汽车来说,充电系的电路故障现象都是根据充电指示灯来判断的。正常情况是:当打开点火开关时,充电指示灯亮,启动发动机后,充电指示灯应熄灭。

二、常见故障

(一) 发动机启动后，充电指示灯仍亮

这种情况说明发电机没有发电，但是故障不一定在发电机本身。在检查故障时先分清调节器是否单独安装。

1. 调节器单独安装的情况

(1) 内搭铁式交流发电机不发电的诊断方法(图 2-32)

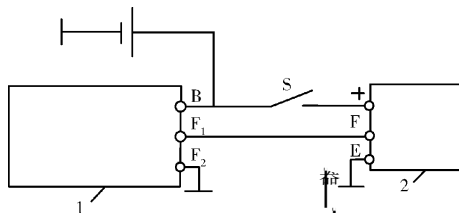


图 2-32 内搭铁式交流发电机不发电的诊断方法

1—发电机；2—调节器

①检查发电机传动带有无松滑现象。

②检查调节器点火线是否正常。

③将调节器上的“+”和“F”两接线柱上导线短接后启动发动机。启动后，如果充电指示灯熄灭，说明调节器有故障，需要更换调节器。如果充电指示灯仍亮，用一根导线将点火线引至发电机的磁场接线柱 F，启动发动机，若发电，故障在充电线路，若仍不发电，故障在发电机。

(2) 外搭铁式交流发电机不发电的诊断方法(图 2-33)

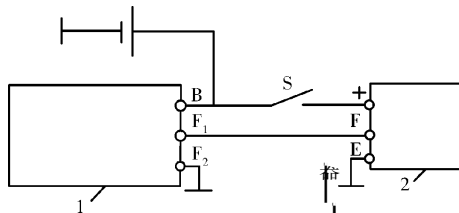


图 2-33 外搭铁式交流发电机不发电的故障诊断方法

1—发电机；2—调节器

①检查发电机传动带有无松滑现象。

②检查调节器点火线是否正常。

③检查发电机的磁场接线柱 F 是否有“火”。当上述检查均为正常时，然后再做进一步诊断。

④将调节器上的“F”和“E”两接线柱上导线短接后启动发动机。启动后，如果充电指示灯熄灭，说明调节器有故障，需要更换调节器。如果充电指示灯仍亮，用一根导线将发电机的磁场接线柱 F₂ 直接搭铁，启动发动机。若发电，故障在充电线路，若仍不发电，故障在发电机。

2. 整体式交流发电机

①检查发电机传动带有无松滑现象。若有松滑,需紧固。

②检查发电机外观接线是否脱落。若有松脱,需紧固。

③若上述检查均为正常时,然后再做进一步诊断。具体方法如下:先闭合点火开关,用万用表测量发电机上的“D+”接线柱(蓝色)有无电压。如果有电压,说明发电机有故障,这时可先更换调节器;若发电,故障在调节器;若仍不发电,故障在发电机,应从车上拆下发电机进一步检查;如果测量“D+”接线柱没有电压,则说明充电线路有故障,应检查线路。

(二) 发动机启动后,充电指示灯亮,发动机高速运行时,充电指示灯熄灭

其故障原因:发电机发电量低。

诊断过程:

①检查发电机传动带有无松滑现象、发电机固定是否牢固。若有松脱,需紧固。

②电刷接触不良、整流器中个别二极管烧坏、定子中三相绕组或转子中励磁绕组局部短路等,一般需要将发电机拆下,解体检查。

(三) 汽车运行时,经常烧灯泡、熔丝及各种开关等电气设备

其故障原因:发电机发电量高。

诊断过程:用电压表测量蓄电池两个极柱,测量时将发动机转速控制在2 000 r/min左右,观察电压表读数。如果读数大于14.5 V,说明电压调节器有故障,可直接更换调节器。

(四) 打开点火开关,充电指示灯不亮

其故障原因:充电指示灯电路有故障。

故障诊断:

①检查充电指示灯线路是否有短路的地方。

②检查发电机电刷是否有损坏。

③检查组合继电器是否有故障。

(五) 汽车运行时,发电机或传动带有异响

其故障原因:可能是发电机轴承或传动带副

故障诊断:

①检查传动带状况和张紧力,必要时可更换。

②检查轴承异响时,利用一段软管或一把长一字形螺钉旋具,也可以用听诊器,将一端放在靠近轴承的地方,然后将耳朵贴在另一端倾听。在倾听过程中,可提高发动机转速,随着转速提高,噪声越来越大,说明异响是轴承引起的。在倾听过程中,应留心发电机周围风扇、传动带和其他运动件。更换轴承时,发电机需要拆下解体。

三、交流发电机的故障测试与修理

当充电系统出现故障后,经检查确属交流发电机故障,就应将交流发电机从车上拆下

来,做进一步检查与修理。

(一) 整机测试

1. 测量各接线柱之间的电阻

利用万用表的(R×1)挡测量“F”与“-”之间的电阻值,测量“+”与“-”之间和“+”与“F”之间的正、反向电阻值,也可以判断交流发电机内部的技术状况,其标准值见表2-5。如果“F”与“-”之间的阻值过大,表明电刷与集电环接触不良,或励磁绕组开路;若阻值过小,则表明励磁绕组有匝间短路的情况。

若“+”与“-”、“+”与“F”之间的正向电阻小于表中标准值,则表示有二极管极发生短路;如接近表中的标准值但负载电流测试时电流很小,则表示有二极管极发生断路。

表 2-5 交流发电机各接线柱之间的电阻

交流发电机 型 号	“F”与“-” 之间的电阻值/Ω	“+”与“-”之间的电阻值/Ω		“+”与“-”之间的电阻值/Ω	
		正向	反向	正向	反向
JF11 JF13 JF21	5~6	40~50	>1 000	50~60	>1 000
JF12 JF22 JF23 JF26	19.5~21	40~50	>1 000	50~70	>1 000

2. 空载转速的测试

空载电压测试在万能试验台上进行,接线方法如图2-34所示。先将开关S₁闭合,由蓄电池给发电机提供他励电流,接着启动电动机,逐步提高电动机的转速。当转速上升到500~800 r/min时,发电机开始自励,继续提高转速,同时观察电压表的读数,当电压上升到规定值时,如果电压低于规定值(见表2-6),则表明发电机有故障。

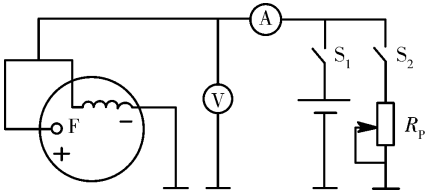


图 2-34 交流发电机的空载和满载测试

表 2-6 国产交流发电机的主要性能指标

交流发电机 型 号	额定值			空载转速/ (r·min ⁻¹)	满载转速/ (r·min ⁻¹)	适用车型
	功率/W	电压/V	电流/A			
JF1314ZD	—	12	25	1 000	3 500	CA1090
JF1314-1	—	12	25	1 000	3 500	CA1090
JF1314B	—	12	25	1 000	3 500	EQ1090-1
JF1313Z	—	12	25	1 000	3 500	BJ1060 系列

续表

交流发电机 型 号	额定值			空载转速/ ($r \cdot \min^{-1}$)	满载转速/ ($r \cdot \min^{-1}$)	适用车型
	功率/W	电压/V	电流/A			
JF13A	—	12	25	1 000	3 500	NJ1060
JF2311	—	24	18	1 000	3 500	NJ1140 系列
JFZ1714	—	12	45	1 000	6 000	依维柯
JF1913Z	—	12	90	1 050	6 000	桑塔纳
JFZ1512Z	—	12	55	1 050	6 000	标致
JFZ2518	—	24	27	1 150	5 000	切诺基
JFWZ18	—	12	60	1 000	3 500	

3. 满载转速的测试

满载转速测试可以接着空载转速进行，如图 2-34 所示。当交流发电机的空载转速达到额定值时，接通开关 S_2 ，提高发电机转速，改变电阻 R_P ，不断增大负载电流。如果发电机在输出额定电流的情况下，其电压能够达到或超过额定值（见表 2-6），则说明发电机完好；如果发电机在输出额定电流的情况下，其电压低于额定值，表明发电机有故障。

4. 用示波器观察输出电压波形

当交流发电机有故障时，其输出电压波形将出现异常，因此根据输出电压波形可以判断交流发电机内部二极管或定子绕组是否有故障，交流发电机出现各种故障时输出电压波形如图 2-35 所示。

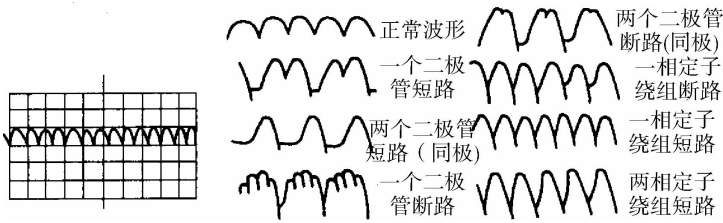


图 2-35 交流发电机出现各种故障时输出电压的波形

(二) 交流发电机零部件的检测

1. 转子的检测

(1) 检测励磁绕组是否短路、断路及搭铁

检测工具：万用表。

检测方法：如图 2-36 所示。

判断过程：如果阻值低于标准值（见表 2-5），则说明励磁绕组短路；如果阻值为无穷大，则说明励磁绕组断路。

(2) 检测励磁绕组是否搭铁

检测工具：万用表。

检测方法：如图 2-37 所示。

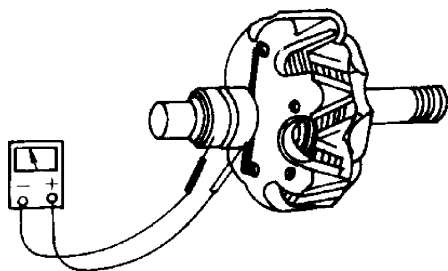


图 2-36 用万用表可检测
励磁绕组是否短路和断路

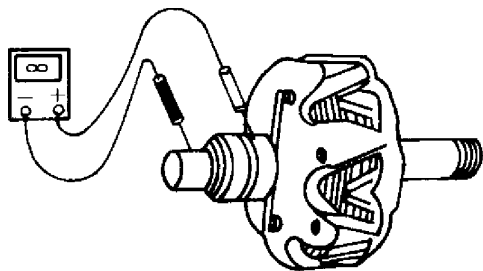


图 2-37 用万用表可检测
励磁绕组是否搭铁

判断过程：每个集电环与转子轴之间，其阻值都是无穷大，如果阻值很低，说明励磁绕组搭铁。无论励磁绕组是短路、断路还是搭铁，都必须更换转子。但是，更换转子的费用与更换发电机的费用接近，所以一般情况下，当励磁绕组需要更换时，就可以直接更换发电机总成。

(3) 检修项目：集电环（滑环）

观察滑环表面是否有烧蚀，若有轻微烧蚀应用细砂纸打磨即可，若严重可在车床上加工或更换。测量滑环厚度不小于 1.5 mm，圆度误差不超过 0.025 mm，表面粗糙度不得高于 2.5 μm ，否则应更换。

(4) 检修项目：转子轴检查主要是看是否有弯曲。

用百分表检验转子摆差，其值小于 0.10 mm 为合格，否则应校正。

2. 定子的检测

检测项目：定子绕组是否短路和搭铁。

检测工具：用万用表。

检测方法：如图 2-38 所示。

短路检测每次任取两个首端，测量三次，每次测量阻值都应小于 0.5 Ω ；如果阻值有无穷大情况，说明励磁绕组短路，需更换定子总成。搭铁检测如图测量三次，阻值均应为无穷大，如果有不是无穷大的情况，说明定子绕组搭铁，需更换定子总成。

定子绕组短路很难检测，如图 2-39 所示。因为一个正常定子绕组阻值非常低。如果所有其他部件检测均属正常，但输出电压却很低，其原因可能是定子绕组匝间短路。无论定子绕组是短路、短路还是搭铁，均需更换定子总成。

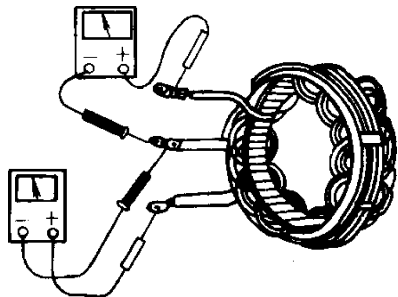


图 2-38 用万用表可检测
定子绕组是否断路

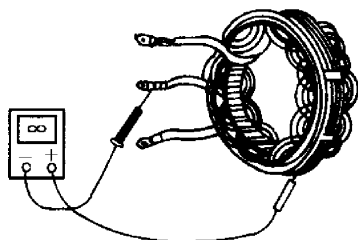


图 2-39 用万用表可检测
定子绕组是否搭铁

3. 二极管的检测

检测项目：二极管是否断路和短路。

检测工具：万用表。

检测标准：二极管的正向电阻应在 $8 \sim 10 \Omega$ ，反向电阻应在 $1\ 000 \Omega$ 以上。

检测方法：将二极管与定子绕组之间的连线断开，用万用表的两个表笔分别接到二极管的引线及壳体 L，测二极管的正向与反向电阻。

判断过程：若正、反向电阻均为 0，说明二极管短路；若正、反向电阻均为无穷大，说明二极管断路。

维修方法：更换二极管需要在压床上进行，或在台钳上使用专用工具，但不得使用锤子敲击，以免损坏元件。压装二极管时，过盈量控制在 $0.07 \sim 0.09 \text{ mm}$ 之间。

4. 电刷的检测

电刷的标准高度应是 14 mm ，磨损至 9 mm 时，应进行更换。

(三) 调节器的测试

测试方法：就车测试和车下用实验方法测试。

用实验方法测试时，对于晶体管调节器应先分清楚是内搭铁式还是外搭铁式。

1. 内搭铁式晶体管调节器的测试

测试用品：可调直流电源、被测晶体管调节器。

判断过程：按图 2-40 所示，连接好线路；逐渐提高电源电压，当电压大于 6 V 时，灯泡开始发亮，继续提高电压，当电压达到 $13.5 \sim 16.5 \text{ V}$ 时，灯泡应熄灭，这种情况说明调节器完好。如果灯泡从开始一直不亮或亮了以后一直不熄灭，说明调节器有故障。

2. 外搭铁式晶体管调节器的测试

测试用品：可调直流电源、被测晶体管调节器。

判断过程：同内搭铁式晶体管调节器测试，线路连接按图 2-41 所示方法。

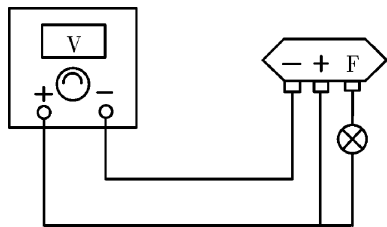


图 2-40 内搭铁式晶体管调节器的测试

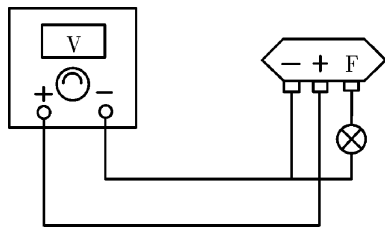


图 2-41 外搭铁式晶体管调节器的测试

3. 集成电路调节器的测试

测试用品：可调直流电源、被测集成电路调节器。

判断过程：整体式交流发电机的励磁绕组一般是通过调节器搭铁的，根据这一原理，按图 2-42 所示方法连接线路，先将可调直流电流与集成电路调节器用导线连接好，测试方法与内搭铁式晶体管调节器测试方法相同。

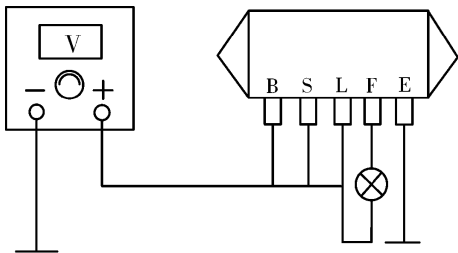
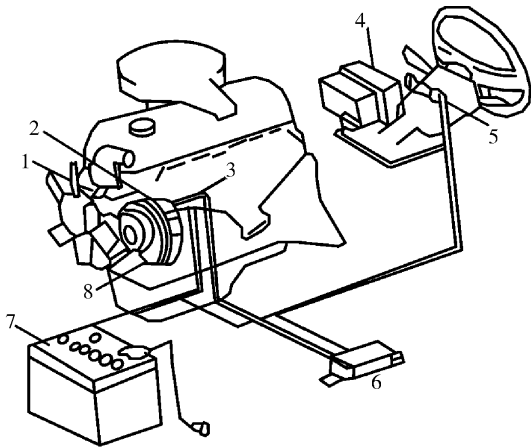


图 2-42 集成电路调节器的测试

强化训练

一、交流发电机在车上的安装位置识别

1. 写出交流发电机在车上周围连接部件名称。



题 1

- (1) _____ (2) _____ (3) _____ (4) _____
(5) _____ (6) _____ (7) _____ (8) _____

2. 从车上拆下交流发电机。总结拆卸注意事项及步骤。

注意事项: _____

拆卸步骤: _____

所用工具名称: _____

3. 交流发电机拆下前状态检查。

1) V带松紧度检查。

(1) 大拇指用 _____ N 压下风扇与发电机之间的V带, 其挠度应符合 _____ 的规定, 一般为 _____ mm, 否则安装时应予以调整。

(2) 检查V带的使用情况, 如果V带有 _____ 应更换。注意: V带更换时应 _____。

2) 检查是否整流子损坏?

将万用表置于 _____ 挡, 正表棒接发电机的负极, 负表棒接发电机的“B”或“D”接线柱, 读数应为 _____ Ω , 交换表棒后读数应为 ∞ , 否则为整流子损坏, 如果

正、反向测量电阻读数为零或 ∞ ，则为整流子损坏。

二、发电机的不解体检测

1. 外部检查：检查交流发电机端盖有无破裂，结果_____。

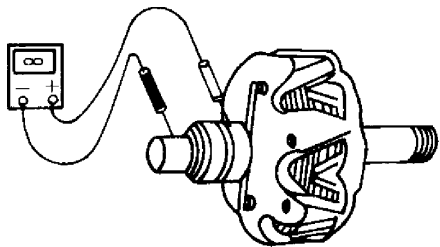
各接柱有无松动，结果_____，用手转动发电机转子，检查转动是否灵活自如，结果_____。

2. 交流发电机各接柱电阻测量：

测量结果：“F”与“-”间电阻，记录结果_____，与标准比较_____

“+”与“-”间电阻，记录结果_____，与标准比较_____。

“+”与“F”间电阻，记录结果_____，与标准比较_____。



三、各部件的检测

1. 转子检测。

(1) 开路及短路检查，用万用表 $R \times 1 \Omega$ 挡测滑环电阻，记录_____，说明_____。

(一般 12 V 发电机转子绕组电阻约为 $3.5 \sim 6 \Omega$ ，24 V 的约为 $15 \sim 21 \Omega$ 。)

(2) 转子绕组搭铁检查用万用表 $R \times 1k$ 挡测滑环与铁芯（或转子轴）之间电阻，记录结果_____说明_____。

(3) 滑环检查。

①观察滑环表面是否有烧蚀，若有轻微搭铁如何处理：_____；严重搭铁如何处理：_____。

②测量滑环厚度为_____（不小于 1.5 mm），大于 1.5 mm 时应_____。

(4) 转子轴检查主要是看是否有弯曲。

2. 定子检测。

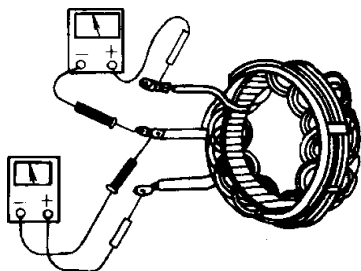
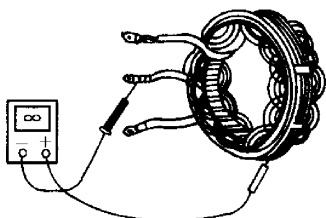
(1) 定子绕组开路及短路检查如图所示。

测量结果_____（小于或大于） 0.5Ω 。

若为 ∞ ，说明_____。

短路如何检查：_____。

(2) 定子绕组搭铁检查如图所示。



如图测量三次,阻值均应为无穷大,如果有不是无穷大的情况,说明定子绕组_____,需更换定子总成。

3. 二极管的检测。

检测工具:万用表。

检测标准:二极管正向电阻应在 $8 \sim 10 \Omega$,反向电阻应在 $1\ 000 \Omega$ 以上。

检测方法:将二极管与定子绕组之间_____,用万用表两个表笔分别接到二极管引线_____,测二极管正向与反向电阻。

判断过程:若正电阻为_____,反向电阻为_____,说明二极管_____;若正、反向电阻均为_____,说明二极管_____。

4. 电刷的检测。

电刷标准高度应是 14 mm ,小于_____mm时,应进行更换。

测量结果:_____mm,是否需要更换_____。

单元三 交流发电机与调节器的使用及维护

一、交流发电机与电压调节器的正确使用

为了保证电源系统使用性能,交流发电机与调节器在使用中应注意以下几点:

①汽车交流发电机均为负极搭铁,蓄电池搭铁极性必须与发电机一致,否则蓄电池将正向加在整流二极管上使二极管烧坏。

②发电机运转时,不能短接交流发电机的“B”、“E”端子(即用试火花方法)来检查发电机是否发电,否则容易烧坏整流二极管。

③一旦发现发电机不发电或充电电流很小时,就应及时找原因并排除故障。如果继续运转,那么故障就会扩大。如一只二极管断路后,就会导致其他二极管和定子绕组被烧坏。

④当整流器6只整流二极管与定子绕组连接时,绝对禁止使用 220 V 以上交流电压或兆欧表检查发电机的绝缘情况,否则将会损坏二极管及调节器中的电子元件。

⑤调节器与交流发电机的搭铁形式、电压等级必须一致,否则充电系统不能正常工作。对于外搭铁型发电机和外搭铁型调节器,磁场电流是由电源正极,经点火开关 SW、磁场绕组、调节器“磁场”端子“F”流入调节器,再经调节器内部大功率三极管(NPN型三极管)后,从调节器“搭铁”端子流回电源负极。对于内搭铁型发电机与内搭铁型调节器,磁场电流则是由电源正极,经点火开关 SW,从调节器“+”端子流入,先经内部大功率三极管(PNP型),从调节器“磁场”端子“F”流出,再经发电机磁场绕组、搭铁回到电源负极。由此可见,内搭铁型调节器只能与内搭铁型发电机配用;外搭铁型调节器只能与外搭铁型发电机配用,否则发电机就没有磁场电流而不能输出电压,蓄电池使用寿命将大大缩短。当调节器与发电机的搭铁形式不匹配而又急需使用时,只能通过改变发电机磁场绕组的搭铁形式,使发电机与调节器的搭铁形式一致。

⑥交流发电机的功率不得超过调节器所能匹配的功率。调节器所能匹配的功率,取决于大功率三极管的功率。发电机功率愈大,磁场电流亦愈大(如 $14\text{ V}/750\text{ W}$ 交流发电机的磁场电流为 $3 \sim 4\text{ A}$,而 $14\text{ V}/1\ 000\text{ W}$ 交流发电机,其磁场电流为 $4 \sim 5\text{ A}$)。磁场电流越大,

对大功率三极管的技术要求就越高,成本也就越高。大功率发电机配小功率发电机使用时,虽然不会影响充电系统工作,但成本较高,不经济。然而小功率发电机则不能与大功率发电机配用,因为一方面是调节器会因大负荷工作而使使用寿命大大缩短,另一方面是控制磁场电流的三极管电压增大,磁场电流最大值减小,发电机空载转速和额定转速都将增高,交流发电机的输出性能将降低。

⑦汽车停驶时应断开点火开关,以免蓄电池长时间向磁场绕组放电。在汽车上,一旦接通电源,调节器的大功率三极管始终处于导通状态。汽车停驶时大功率三极管始终导通(夜间停驶也是如此),而且此时磁场电流接近最大值,不仅会使电子调节器使用寿命大为缩短,而且还会导致蓄电池亏电。试验证明:当调节器不受开关控制而直接与充足电的蓄电池连通时,使用5~7天,蓄电池便不能启动发动机,调节器使用寿命也只有100天左右。

⑧发电机正常运行时,切不可随意拆卸各电器的连接线,以防引起电路中瞬时过电压损坏二极管调节器中的电子元件或其他电子设备。

⑨蓄电池可以起到稳压器的作用,即可在一定程度上吸收电路中的瞬时过电压。在发动机运行过程中不要拆下蓄电池连接导线,否则容易造成发电机二极管调节器中的电子元件的损坏。

⑩调节器调节电压不能过高或过低,以避免损坏用电设备或引起蓄电池充电不足。

二、交流发电机与调节器的维护注意事项

汽车每行驶15 000 km,应检查调整驱动带的挠度;每行驶30 000 km,应将交流发电机从车上拆下检修一次,主要检查电刷和轴承工作情况。电刷高度为14 mm,磨损至8 mm时,应当更换电刷;轴承如有显著松动,应予以更换新品。

1. 检查驱动带外观

驱动带外观检查如图2-43(a)所示,用肉眼观察驱动带有无裂纹和破损现象,如有则应更换驱动带。驱动带安装情况应当符合图2-43(b)的要求,如果安装情况如图2-43(c)所示,则应更换驱动带。

2. 检查驱动带挠度

发电机传动带过松将影响发电机的发电量,过紧将导致轴承过早损坏。检查驱动带挠度的方法如图2-44所示。检查时,在两个驱动带轮之间驱动带的中央部位施加100 N压力,此时驱动带的挠度应符合规定指标。新驱动带(即从未用过驱动带)一般为5~7 mm,旧驱动带(即装车随发动机转动过5 min或5 min以上驱动带)一般为10~14 mm。具体指标以车型手册规定为准,挠度不符合规定应予以调整。

3. 检查导线连接

①检查各导线的连接部位是否正确。

②发电机“B”端子必须加垫绝缘垫圈。

③采用线束连接器连接发电机,其插头与插座必须用锁紧卡锁紧,不得有松动现象。

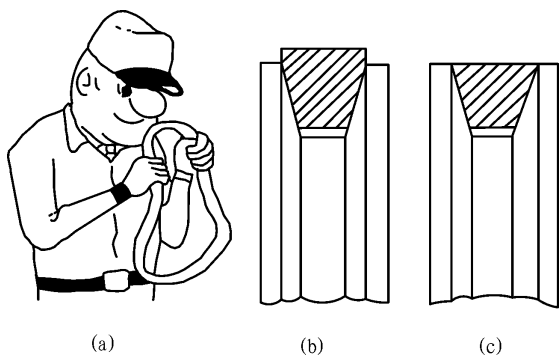


图 2-43 驱动带的外观检查

(a) 检查外观；(b) 安装正确；(c) 安装错误

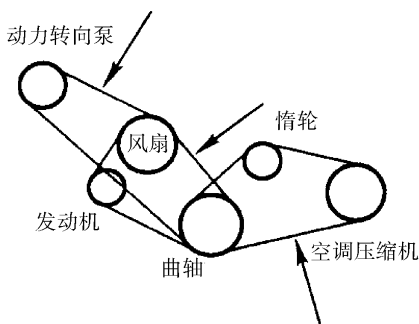


图 2-44 检查驱动带的挠度

4. 检查有无噪声

在交流发电机出现故障特别是机械故障（如轴承破碎、转子轴弯曲等）后，当发电机运转时，都会发出异常响声。检查时，逐渐加大发动机油门，同时监听发电机有无异常响声。如有异常响声，则需拆下发电机分解检修。

5. 检查能否发电

交流发电机能否发电，直接影响蓄电池的启动性能和使用寿命。检查方法如下：

①将万用表置于直流电压“DCV”挡，表正极接发电机“B”端子，表负极接发电机“E”端子或外壳，记下此时测得电压（即蓄电池电压）。

②启动发动机并将转速升高到比怠速转速高，此时万用表指示电压若高于蓄电池电压，说明发电机能够发电；若电压低于发动机未启动时蓄电池电压，说明发电机不发电。此时需对充电系统进行全面检查。

6. 解体后清洁各部件，在进行零部件检测前进行简单检验

①如图 2-45 所示，通过使前后轴承在转子轴上旋转的办法检查轴承有无噪声、晃动或发涩。如果有任何一种情况，都必须更换轴承。

②目测检查集电环。如果集电环烧蚀、划伤、变色、变脏可用细砂布打磨。

③目测定子绕组和励磁绕组转子有无绝缘物烧蚀迹象。如果有，则应更换定子或转子总成。

④目测前后端盖、风扇及带轮有无裂纹。如果有，则应更换该部件。

⑤电刷高度小于 7 mm 时，必须更换。

7. 发电机的拆卸注意事项

①必须首先拆下蓄电池搭铁线，然后才可以开发电机与调节线束。

②当拆卸发电机轴承时，必须使用拉力器，如图 2-46 所示。

③一般情况下，发电机的带轮、风扇和前端盖不必从转子轴上拆卸。

④拆卸整流器及后端盖上接线柱时，所有绝缘衬套和绝缘垫圈，不得丢失。



图 2-45 发电机轴承的检测

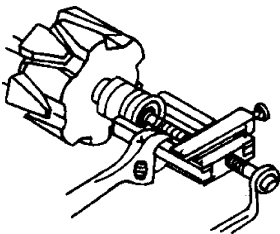


图 2-46 用拉力器拆卸发电机轴承

8. 就车维修检测时注意事项

- ①最好使用专用工具。如美国 SUN 电子公司生产的 VAT-40 充电系统检测仪，国产发电机故障试验器 VW1315A 等设备。
- ②判断不发电故障部位是在发电机还是调节器时，故障在短路调节器时必须注意这时发电机电压将失控，电压可能达到 16~30 V，所以实验要控制在很短时间内进行。
- ③当线路故障没有排除时，不要更换新调节器，这样做可能会损坏新调节器。

实操演练

任务描述

2010 年 2 月 24 日居住在吉林的王先生驾驶一辆 CA7204AT4 轿车来到售后服务站，王先生描述该车在市区内行驶了 5 000 km，保养了 1 次，底盘号为 LFPH3ACC8A1A30001。该车发动机启动后充电指示灯仍亮，或有时打开点火开关，充电指示灯不亮。作为修理工，接到检修发电机的任务，要求检查发电机各零部件的磨损程度，确定是否可再用。如可再用，那么进行组装，并排除可能出现的故障。制定学习和维修计划，完成此任务。零部件检修的相关信息要告知经理，得到经理确认后，提交一份分析报告并归档。

1. 任务资讯

基本信息	车主：	用户地址：
	性别：	检修日期：
	底盘号：	行驶里程：
	车型：	保养次数：_____次
使用状况	环 境： ☐ 市内 ☐ 市郊 ☐ 城乡 ☐ 高速	
	载荷状况： ☐ 1~2 人 ☐ 3~4 人 ☐ 5 人以上	
用户反映故障（用户描述车辆使用过程中故障现象）		故障日期

故障现象确认（描述经核实故障症状及车辆使用时道路、气候状况等）

故障系统原理分析（描述故障系统基本工作原理）

导致该故障可能的原因有以下几点：

2. 诊断方案确认（描述故障产生的可能原因及对应检查方法）

[illegible]

3. 诊断方案实施（描述对应检查项目、测量数据、结果判定）

序号	检查项目	检查结果	正常状态	结果判定

4. 排除故障（描述最终确认故障部位和修复方法）

故障部位（零部件）	故障原因	修复方法

5. 结论、心得和感悟

基本信息	姓名		学号		班级		组别	
	规定时间		完成时间		考核日期		总评成绩	
	情景模拟	交流发电机检修检测与维护						
	考核方式	分组进行，单人操作，小组成员与郭俊参与考评						
考核项目		评分标准		教师和同学评判			分数	得分
态度	团队合作	是否和谐		能	不能		1分	
	拓展发言	是否积极		积极	不积极		1分	
	沟通讨论	是否积极		积极	不积极		1分	
	设备安全	有无损坏		无损坏	有损坏		1分	
	人身安全	有无损伤		有	无		2分	
	生产纪律	是否守纪		能遵守	不能遵守		2分	
	现场5S	是否做到		能做到	不能做到		2分	
实际操作	工具使用	测试工具、检测设备使用是否正确		完全正确	基本正确	不正确	10分	
	操作过程	发电机分解与安装是否正确		完全正确	基本正确	不正确	20分	
		检测是否熟练正确		完全正确	基本正确	不正确	20分	
	完成检修维护任务情况	发电机工作是否正常		完全正常	基本正常	不正常	10分	
	操作过程记录	操作过程记录是否完整		完整	一般	没记录	10分	
学生自评	内容：						10分	
小组互评	内容： 签名：_____						10分	
郭俊评	签名：_____							

学习情境三 起动机的检修与维护

学习目标

为了完成起动机的检修与维护任务，必须掌握起动机的构造、主要部件的作用及工作原理；掌握起动机的拆装方法；起动机的整机检测及解体后主要部件的检测方法；掌握电刷的检测与更换方法；起动机轴承的检查与更换方法；能正确分析起动机各种故障的部位，掌握其诊断及排除方法等知识。

情境描述

售后服务经理接到客户反映：车在启动时开始启动无力，启动几次就无法启动。作为修理工，接到检修任务后，要求检查起动机各零部件的磨损程度，确定是否可再用，如可再用，那么进行组装，并排除可能出现的故障。制定学习和维修计划，完成此任务。零部件检修的相关信息要告知经理，得到经理确认后，提交一份分析报告并归档。

相关知识

单元一 起动机的基本知识

发动机是靠外力启动的，通常把汽车发动机曲轴在外力作用下，从开始转动到怠速运转的全过程，称为发动机的启动。

发动机常用启动方式有人力启动、手摇汽油机启动和电力启动。电力启动方式具有操作轻便，启动迅速、安全、可靠，可重复启动等优点，所以为当今汽车广泛采用。一般将这种电力启动称为电动机。

当今汽车启动系一般由电动机、启动继电器、点火开关（启动挡）、电源（蓄电池）等组成。

电动机作用就是将电能转变为机械能，带动发动机曲轴旋转，使发动机启动。发动机启动之后，电动机便立即停止工作。

电动机安装在汽车发动机飞轮壳前端座孔上，如图 3-1 所示。

一、概述

1. 启动系的组成

启动系是由蓄电池、电动机、启动继电器、点火开关等组成，如图 3-1 所示。

2. 起动机的组成

电动机（俗称“马达”）是启动系的主要组成部分，由串励直流电动机、传动机构和

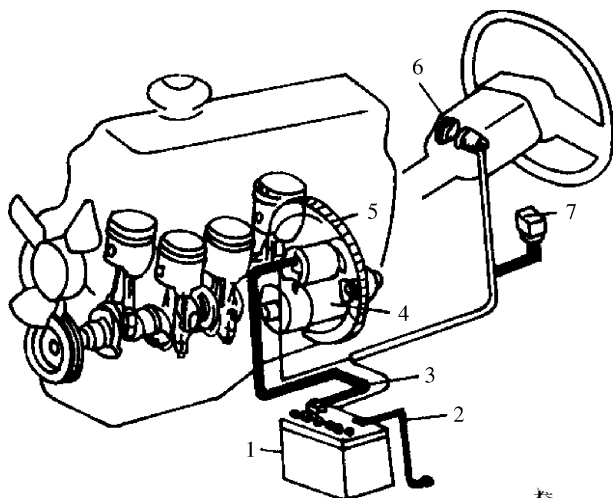


图 3-1 启动系的组成

1—蓄电池；2—搭铁电缆；3—启动电缆；
4—启动继电器；5—飞轮；6—点火开关；7—启动继电器

电磁开关三部分组成。

(1) 串励直流电动机

串励直流电动机作用是产生电磁转矩。

(2) 传动机构

传动机构作用是在启动发动机时使启动小齿轮与飞轮齿圈合，将启动转矩传递给发动机曲轴；在发动机启动后又能使启动小齿轮自动空转或与飞轮齿圈脱离合。

(3) 电磁开关（也称为控制装置）

电磁开关作用是用来接通和切断串励直流电动机与蓄电池之间的电路，控制启动小齿轮与发动机飞轮齿圈合与分离。对于汽油发动机，有些电磁开关还具有在启动发动机时短路点火线圈附加电阻的作用。

3. 起动机分类

目前，典型的起动机结构有以下几种类型。

(1) 电磁控制强制合式起动机（常规起动机）

磁极一般采用电磁铁，传动机构中一般只是由驱动齿轮、单向离合和拨叉等组成，无特殊结构和装置。

(2) 永磁起动机

电动机磁极用永磁材料制成，取消了磁场线圈，可以使结构简单，体积小，质量轻。

(3) 减速起动机

减速起动机采用高速、小型、低力矩电动机，在传动机构中设有减速装置。质量和体积比普通起动机可减小 30% ~ 35%，但结构和工艺比较复杂。

4. 起动机型号

根据中华人民共和国行业标准 QC/T 73—1993《汽车电气设备产品型号编制方法》规定，起动机型号如下所示。

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1——产品代号，**电动机**的产品代号：QD 表示 **电动机**；QDJ 表示减速式 **电动机**；QDY 表示永磁式 **电动机**（包括永磁减速式 **电动机**）。

2——电压等级代号：1 表示 12 V；2 表示 24 V。

3——功率等级代号，功率等级代号其含义见表 3-1。

4——设计序号。

5——变型代号。

例如：QD124 表示额定电压为 12 V、功率为 1~2 kW、第四次设计的 **电动机**。

表 3-1 起动机功率等级

功率等级代号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
功率/kW	—	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	>8

二、串励式直流电动机

1. 工作原理

直流电动机是将电能转化为机械能 **装置**，是以通电导体在磁场中受磁场力作用这一原理为基 **制成**，其工作原理如图 3-2 所示。

当电路接通时，如图 3-2（a）所示，线圈 *abcd* 中 **电流** 方向是：蓄电池正极→**磁绕组**→电刷→换向片 A→线圈（*a*→*d*）→换向片 B→电刷→搭铁，根据 **左手定则** 可知，线圈中 **有效边** 与 *cd* 所受磁场力 *F* 方向如图中所示，此时线圈产生 **转矩** 方向为逆时针；当线圈转过半周后，如图 3-2（b）所示，线圈 *abcd* 中 **电流** 方向发生改变，电流方向是：蓄电池正极→**磁绕组**→电刷→换向片 B→线圈（*d*→*a*）→换向片 A→电刷→搭铁，此时线圈中 **电流** 方向虽改变为 *d*→*a*，但线圈中 **有效边** 与 *cd* 所受 **磁场力** *F* 方向同时改变，故线圈产生 **转矩** 方向不变，仍为逆时针方向。

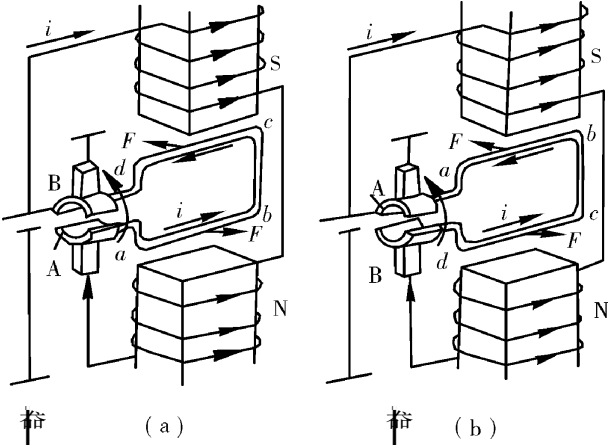


图 3-2 直流电动机的工作原理

由于一个线圈所产生 **转矩** 太小，转速又不稳定，所以电动机 **电枢绕组** 是由很多线圈组成，换向片数也随线圈数增多而增加。

2. 构造

直流电动机 **构造** 如图 3-3 所示，主要由电枢、磁极、端盖、机壳、电刷及刷架等部件组成。

（1）电枢

电枢由电枢轴、电枢绕组、换向片、铁芯等组成，其作用是产生电磁转矩。电枢绕组都是用较粗 **矩形裸铜线** 绕制而成，在铜线与铁芯之间、铜线与铜线之间用绝缘纸隔开。电枢绕组 **两端** 均匀地焊在换向片上。

换向片 **作用** 是将电源提供 **直流电** 转化成电枢绕组所需要 **交流电**，以保证电枢绕组

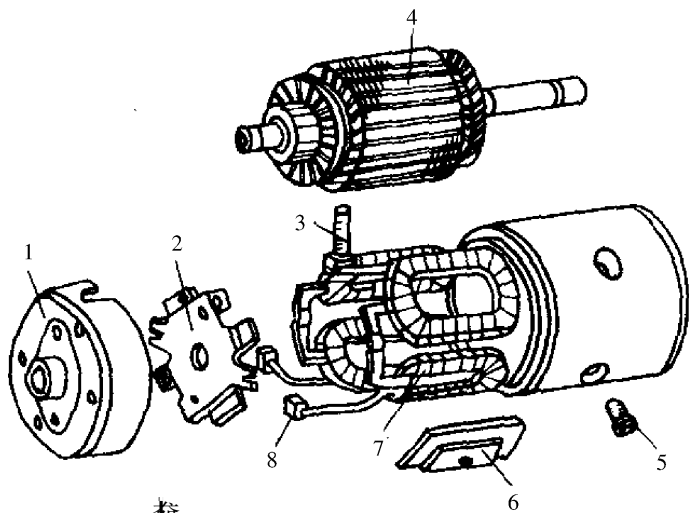


图 3-3 直流电动机的构造

1—端盖；2—电刷架；3—接线柱；4—电枢；
5—磁极固定螺钉；6—磁极铁芯；7—磁绕组；8—电刷

所产生的转矩方向不变。换向由铜片和云母片相间叠压而成，铜片之间用云母片绝缘。

(2) 磁极

磁极的作用是产生磁场，由铁芯和磁绕组构成。磁极与磁路如图 3-4 所示。

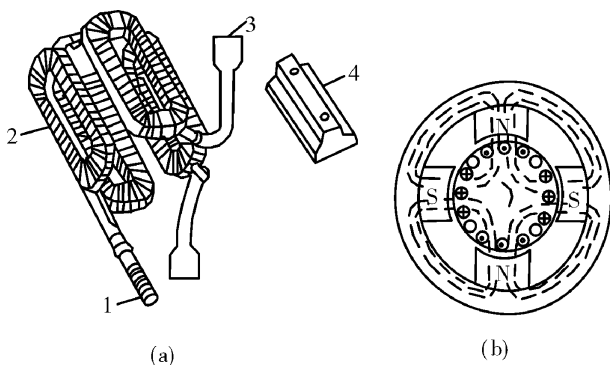


图 3-4 磁极与磁路

(a) 磁极；(b) 磁路

1—接线柱；2—磁绕组；3—电刷；4—铁芯

为了增大启动转矩，磁极的极数较多，一般为四个磁极。每个磁极上套装的磁绕组为矩形铜条，外包绝缘层，按一定绕向连接后使 S 级与 N 极相间排列，如图 3-4 (a) 所示。

图 3-4 (b) 所示为四个磁极的磁路。四个磁场绕组所产生的磁场是相互交叉的。

(3) 电刷与电刷架

电刷与电刷架的作用是将电流引入电动机使电枢产生定向转矩。电刷一般是用铜和石墨粉压制而成，呈红棕色，加入铜有利于减小电阻及增加耐磨性。电刷一般含铜 80% ~ 90%，石墨 10% ~ 20%。刷架多制成框架，正极刷架与端盖绝缘地固装，负极刷架直接搭铁。刷架上装有力较大的盘形弹簧，如图 3-5 所示。

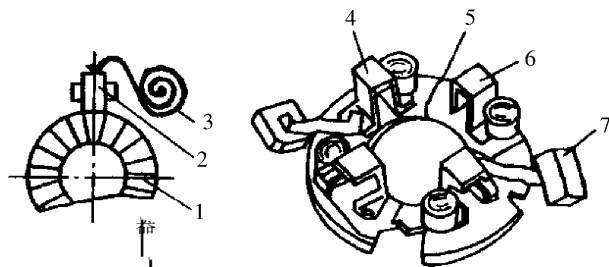


图 3-5 电刷与电刷架

1—换向器；2—电刷；3—盘形弹簧；4—搭铁电刷架；
5—绝缘垫；6—绝缘电刷架；7—搭铁电刷

(4) 机壳

机壳的一端有四个检查窗口，中部只有一个电流输入接线柱，并在内部与励磁绕组的一端相连接。

(5) 端盖

有前、后两个端盖，前端盖一般用铜板压制而成，后端盖为灰铸铁浇制成缺口杯状。它中心压装着青铜石墨轴承或铁基含油轴承，外围有 2 或 4 个组装螺孔。

电刷装在前端盖内。后端盖上面有拨叉座，盖口有突缘和安装螺孔，还有装中间轴承板的螺钉孔。

3. 直流电动机工作时的特点

- ①电动机中电流越大，电动机产生的转矩就越大。
 - ②电动机转速越高，电枢线圈中产生的反电动势就越大，电流也随之下降。
- 电动机在初始启动期间和正常启动期间各项指标比较见表 3-2。

表 3-2 初始启动和正常启动期间起动机指标

项目阶段	初始启动期间	正常启动期间
电动机速度	较低	较高
电动机电流	较大	较小
电动机产生的转矩	较大	较小
电枢中的反向电动势	较小	较大

直流串励式电动机转矩 M 、转速 n 和功率 P 随电枢电流变化的规律称为直流串励式电动机特性。图 3-6 为直流串励式电动机特性曲线，其中曲线 M 、 n 和 P 分别代表力矩特性、转速特性和功率特性。

结合表 3-2 和图 3-6 可知，在电动机启动的瞬间，电枢转速为 0，电枢电流达到最大值，力矩也相应达到最大值，使发动机的启动变得很容易，这是汽车启动采用串励式电动机的主要原因。

串励式电动机输出力矩较大时，电枢电流也大，电动机转速随电流增加而急剧下降；反之，输出力矩较小时，电动机转速又随电枢电流减小而很快上升。

串励式电动机具有轻载转速高，重载转速低特性，

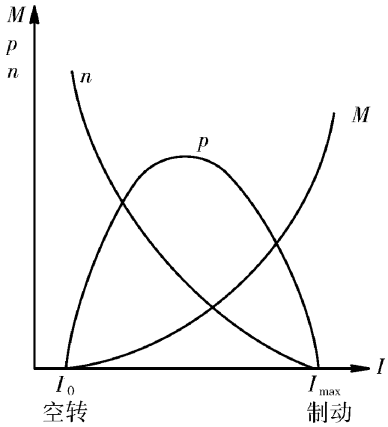


图 3-6 直流串励式电动机的特性

这对保证启动安全可靠是非常有利的,这也是汽车上采用串励电动机一个重要原因。

串励电动机功率 P 可用下式表示:

$$P = Mn/9\ 550$$

式中 M ——电枢轴上转矩 ($\text{N} \cdot \text{m}$);

n ——电枢转速 (r/min)。

电动机完全制动时,转速和输出功率为 0,力矩达到最大值。空载时,电流最小,转速最大,输出功率也为 0。当电枢电流接近制动电流一半时,电动机输出功率最大。

三、传动机构

传动机构作用是把直流电动机产生转矩传递给飞轮齿圈,再通过飞轮齿圈把转矩传递给发动机曲轴,使发动机启动;启动后,飞轮齿圈与驱动齿轮自动打滑脱离。它一般由驱动齿轮、单向离合器、拨叉、离合器等组成。

1. 汽车发动机对起动机传动机构的要求

- ① 驱动齿轮与发动机飞轮齿圈合时要平稳,不能发生冲击现象。
- ② 由于驱动齿轮与发动机飞轮齿圈速比很大 (一般大于 15), 因此发动机启动后,驱动齿轮应能自动打滑或脱离离合,以免发动机带动电动机电枢高速旋转,造成电枢绕组“飞散”事故。
- ③ 因为电动机是由点火开关控制的,所以当发动机工作时,要防止点火开关误操作,使驱动齿轮再次与发动机飞轮齿圈合,导致驱动齿轮与发动机飞轮齿圈损坏。

图 3-7 所示为传动机构的工作示意图。

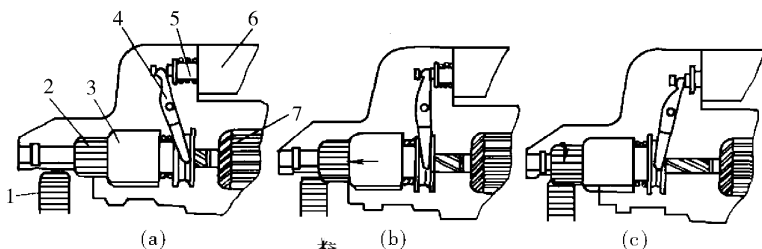


图 3-7 传动机构的工作示意图
(a) 电动机停止状态; (b) 驱动齿轮与飞轮齿圈正在合; (c) 完全合

1—飞轮; 2—驱动齿轮; 3—单向离合器; 4—拨叉; 5—活动铁芯; 6—电磁开关; 7—电枢

图 3-7 (a) 所示为电动机不工作时所处位置;图 3-7 (b) 所示为在电磁开关作用下,驱动齿轮与飞轮齿圈正在合,此时电动机主电路还没有接通;图 3-7 (c) 所示为驱动齿轮与发动机飞轮齿圈完全合,主电路接通,电枢轴开始带动发动机曲轴旋转。发动机启动后,驱动齿轮与飞轮齿圈仍处于合状态,单向离合器打滑,驱动齿轮在飞轮带动下空转。启动结束后,驱动齿轮在电磁开关的作用下,与发动机飞轮齿圈脱离合。

2. 单向离合器

电动机传动机构中关键部件是单向离合器。其作用是在启动时将电枢产生的电磁转矩传递给发动机飞轮;而当发动机启动后,单向离合器立刻打滑,防止发动机飞轮带动电枢高速旋转,造成电枢绕组“飞散”事故。

1) 滚柱式单向离合

(1) 滚柱式离合器的构造

滚柱式离合器是目前国内外汽车发动机中使用最多的一种,解放牌汽车、东风牌汽车、北京 130、北京 212 等汽车发动机均采用此种离合器。

离合器驱动齿轮采用 40 号中碳钢加工淬火而成,与外壳连成一体。外壳内装有十字块、四套滚柱及十字块与花键套筒固连,壳底与外壳相互扣合密封。

花键套筒外面装在缓冲盘及衬圈上,末端固装着拨环与卡圈。整个离合器总成利用花键套筒套装在发动机轴花键部位上,可以做轴向移动和随轴转动。滚柱式单向离合器的原理是通过改变滚柱在楔形槽中的位置来实现分离和结合,其结构如图 3-8 (a) 所示。

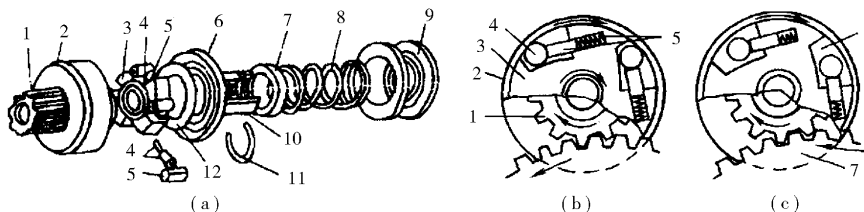


图 3-8 滚柱式单向离合器工作原理

(a) 结构; (b) 启动时传递电磁转矩; (c) 启动后打滑

1—驱动齿轮; 2—外壳; 3—十字块; 4—滚柱; 5—缓冲盘; 6—楔形槽;
7—飞轮; 8—衬圈; 9—移动衬套; 10—传动套筒; 11—卡圈; 12—垫圈

(2) 滚柱式离合器的工作原理

离合器外壳与十字块之间的间隙为宽窄不同的楔形槽。这种离合器就是通过改变滚柱在楔形槽中的位置来实现离合的。

工作过程如下: 当发动机开始工作时, 拨叉拨动移动衬套 9, 使驱动齿轮 1 与发动机飞齿圈啮合, 电磁转矩由电枢轴传到传动套筒 10 与十字块 3, 使十字块 3 同电枢轴一同旋转。此时, 再加上飞轮齿圈给驱动齿轮 1 的反作用力, 滚柱在摩擦力矩的作用下, 滚入楔形槽的窄端而卡死 (如图 3-8 (b)), 于是驱动齿轮 1 和传动套筒 10 为一个整体, 带动飞轮, 启动发动机。当发动机启动后, 发动机飞轮带动驱动齿轮 1 旋转, 外壳 2 的转速高于十字块 3 的转速, 此时滚柱滚向楔形槽的宽端而打滑 (如图 3-8 (c))。这样发动机的转矩就不能通过驱动齿轮 1 传递给电枢, 防止电枢因高速飞转而造成电枢绕组“飞散”事故。

(3) 滚柱式离合器的调整

这种离合器需作如下调整:

①驱动齿轮与止推垫圈之间间隙的调整如图 3-9 所示, 将拨叉压到极限位置时, 驱动齿轮与止推垫圈之间的间隙应在 $2 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$ 范围内。若间隙不当, 可调整行程限位螺钉。

②开关接通时刻的调整。如图 3-10 所示, 必须使驱动齿轮与飞轮齿环啮合后才能接通离合器的工作电流, 否则, 会发生打齿现象, 为此需进行开关接通时刻的调整。按图 3-10 接线, 压下拨叉, 当试灯 2 发亮时, 驱动齿轮与止推垫圈之间的间隙, 应在 $4 \sim 5 \text{ mm}$ 范围内。若间隙不当, 可转动顶压螺钉进行调整, 顺时针转动时间隙增大, 反之减小。

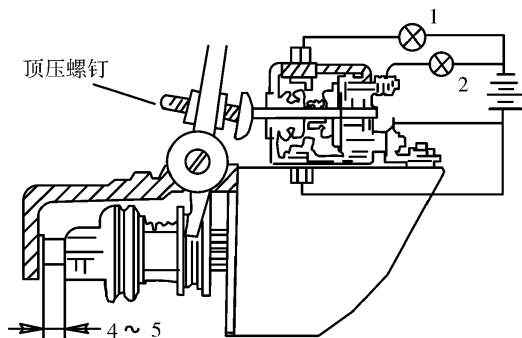


图 3-9 驱动齿轮与止推垫圈之间的间隙调整

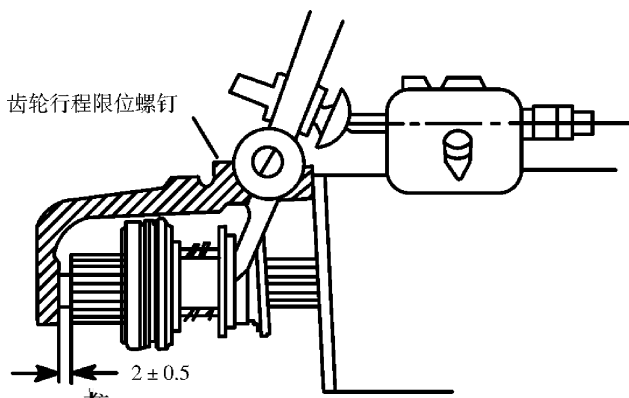


图 3-10 开关接通时刻的调整

试灯 1 应与试灯 2 同时发亮或先发亮，否则需检查开关接触盘触点压力是否过弱，如触点压力尚好，可在接触盘上加垫片予以调整。

2) 摩擦片式单向离合器

这种离合器多用于大功率发动机上，早期国产 JN150 型汽车曾用过此种结构，前苏联别拉斯 (BEJIA3) 汽车装用此种离合器。

(1) 摩擦片式单向离合器构造

摩擦片式单向离合器结构如图 3-11 所示。

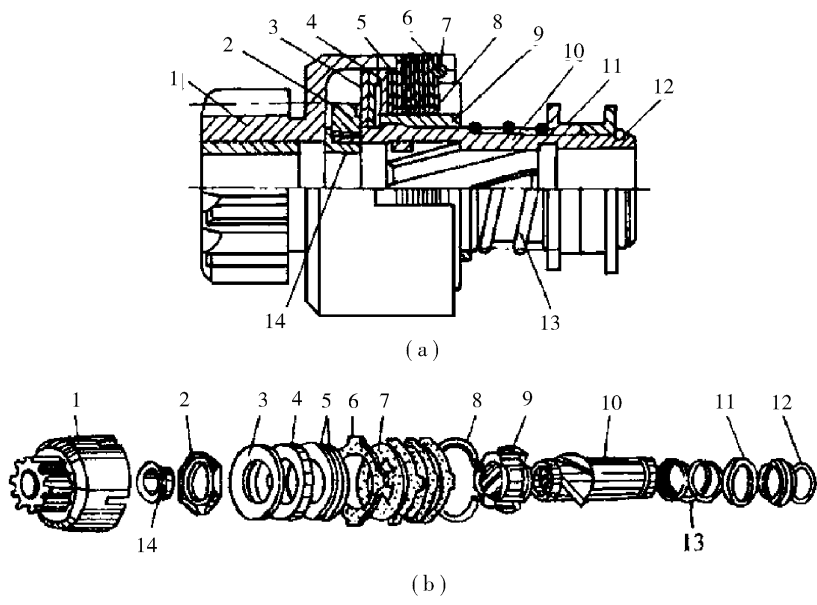


图 3-11 摩擦片式单向离合器结构

(a) 装配图；(b) 阶梯图

1—驱动齿轮与外接合鼓；2—螺母；3—弹性圈；4—压环；5—调整垫圈；6—从动摩擦片；7—主动摩擦片；8，12—卡环；9—内接合鼓；10—传动套筒；11—移动衬套；13—缓冲垫圈；14—挡圈

(2) 摩擦片式单向离合器工作原理

摩擦片式单向离合器原理是通过主、从动摩擦片的压紧和放松来实现分离，其结构如图 3-11 所示。发动机工作时，发动机曲轴带动传动套筒 10 转动，由于惯性力的作用，内

接合鼓 9 随着传动套筒 10 的旋转而左移,使主、从动摩擦片紧压在一起,利用摩擦力将电枢转矩传递给飞轮。发动机启动后,主动齿轮驱动齿轮被飞轮带着转动,转速高于电枢的转速,于是内接合鼓又沿传动套筒上的螺旋线右移,使主、从动摩擦片相互脱离而打滑,避免了因电枢高速飞转而造成电枢绕组“飞散”的事故。

当发动机启动阻力过大时,曲轴不能立刻转动,此时内接合鼓 9 在传动套筒 10 作用下,继续向左移动,导致弹性圈 3 在压环 4 的压力下弯曲,当弹性圈 3 弯曲到与内接合鼓 9 的左端面接触时,内接合鼓 9 便停止左移,于是主、从动摩擦片之间开始打滑,限制了发动机的最大输出转矩,防止了一动机过载。

摩擦片式单向离合器 1 的最大输出转矩是可调节的,增减调整垫圈 5 的片数,可以改变内接合鼓 9 左端面与弹性圈 3 之间的间隙,调节一发动机的最大输出转矩。

3) 摩擦片式离合器

国产黄河 JN150 型汽车上的一动机用摩擦片式离合器。此外,日本五十铃 TXD50 型汽车的一动机也用此种离合器。

(1) 摩擦片式离合器的构造

摩擦片式离合器的结构如图 3-12 所示。

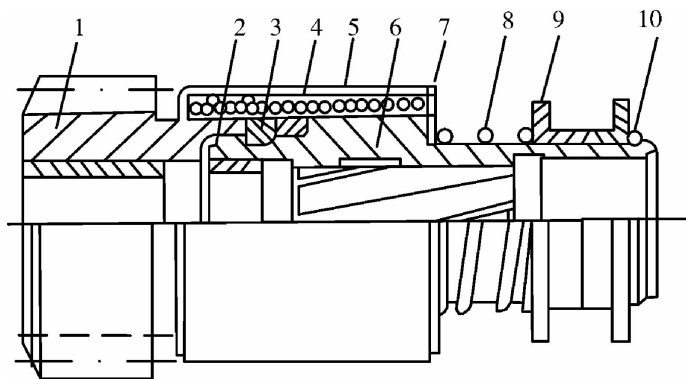


图 3-12 弹簧式单向离合器

1—驱动齿轮；2—挡圈；3—月牙形圈；4—扭力弹簧
5—护圈；6—连接套筒；7—垫圈；8—缓冲弹簧；9—移动衬套；10—卡簧

主动套筒套在电枢轴的花键上,小齿轮套筒则套在电枢轴前端的光滑部分。在对接处有两个月牙形圈,使二者只能做相对转动而不能做轴向移动。在小齿轮套筒与主动套筒的外圆上包有扭力弹簧,扭力弹簧的内径略小于两套筒的外径,有一定过盈量(0.25~0.5 mm)。在主动套筒上用垫圈转动,外侧再套装缓冲弹簧和固连拨环。

(2) 摩擦片式离合器的工作原理

启动发动机时,由于拨叉推动拨环使驱动小齿轮入飞轮齿环,一发动机轴只带动花键套筒即主动套筒旋转,使扭力弹簧向扭紧并箍死两个套筒,于是就能传递扭矩。

发动机启动后,由于飞轮带动驱动齿轮的转速高于一发动机轴,将扭力弹簧反向放松,使驱动齿轮套筒与主动套筒松脱而打滑,从而防止了飞轮高速运转“飞散”的危险。

这种离合器具有结构简单、工艺性、寿命长、成本低等优点,但因扭力弹簧所需圈数多,轴向尺寸较长,故适用于启动柴油机所需的大功率一发动机,而不适宜在小型一发动机上采用。

四、电磁开关

电动机控制装置分为机械式和电磁式两种。通常称为启动开关。对电动机控制装置的要求是：操纵要方便，同时要便于重复启动；要能够确保电动机驱动小齿轮与发动机飞轮齿环先合，后接通电动机主电路以免打齿；当切断控制电路后，驱动小齿轮与飞轮齿环能顺利地脱离。电磁式控制装置一般称为电动机电磁开关，与电磁式拨叉装在一起，利用挡铁控制。下面以电磁式控制装置为例，参照图 3-13，来说明一下电动机工作过程。

①启动时，将点火开关 S 打到 ST 挡，电磁开关通电，其电路如下：

蓄电池正极→主接线柱 3→点火开关 S→

保持线圈 8→挡铁。

启动接线柱 5

吸拉线圈 7→主接线柱 1。

此时，吸拉线圈 7 与保持线圈 8 电流绕向相同，磁场方向相同，活动铁芯 9 在两个线圈磁场力的共同作用下克服回位弹簧力向左移动，通过拨叉 11 使驱动齿轮 13 与发动机飞轮 14 合。当驱动齿轮 13 与飞轮 14 合后，接触盘 6 将主接线柱 1、主接线柱 3 内侧触头接通，于是电动机主电路接通（电流为 200~600 A），电路如下：蓄电池正极→主接线柱 3→接触盘 6→主接线柱 1→电枢绕组→电刷→电枢绕组→电刷→挡铁。

这时直流电动机产生电磁转矩，通过单向离合带动曲轴旋转，启动发动机。

②发动机启动后，单向离合打滑。

③松开点火开关 S，点火开关 S 从 ST 挡回到 ON 挡，这时从点火开关 S 到启动接线柱 5 之间已没有电流，吸拉线圈 7 与保持线圈 8 电路变为：蓄电池正极→主接线柱 3→接触盘 6→主接线柱 1→吸拉线圈 7→保持线圈 8→挡铁。

此时，由于吸拉线圈 7 与保持线圈 8 电流绕向相反，磁场方向相反，磁吸力相互抵消，因此活动铁芯 9 在回位弹簧力作用下，迅速右移，使主电路断开，驱动齿轮 13 与飞轮 14 脱离合，电动机停止工作。

在接触盘 6 接通主电路之前，由于电流经吸拉线圈 7 到电枢绕组与电枢绕组，所以电枢产生了一个较小的电磁转矩，使驱动齿轮 13 在缓慢旋转状态下与飞轮 14 平稳合。主电路接通后，吸拉线圈 7 被短路，活动铁芯 9 位置由保持线圈产生的磁吸力来保持。

主电路接通的同时，接触盘 6 将接线柱 2 接通，使点火线圈附加电阻短接，提高点火电压。现在附加电阻已经很少采用，所以这个接线柱或不接线，或已经取消。

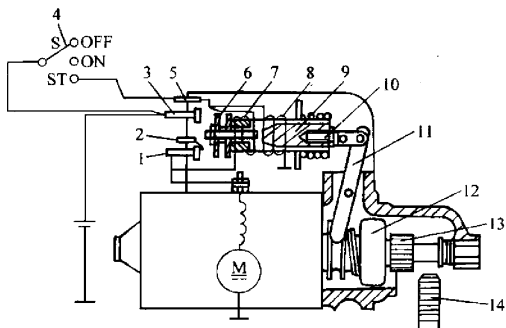


图 3-13 电磁开关的结构与工作原理

- 1、3—主接线柱；2—点火线圈附加电阻端接线柱；
4—点火开关；5—启动接线柱；6—接触盘；
7—吸拉线圈；8—保持线圈；9—活动铁芯；
10—调节螺钉；11—拨叉；12—单向离合；
13—驱动齿轮；14—飞轮

五、起动机的典型结构

近年来,在汽车上广泛采用体积小、转速高、转矩大的新型起动机。这类新型起动机主要有活动磁极式起动机、减速起动机和永磁起动机等。

1. 活动磁极式起动机

活动磁极式起动机与普通起动机的主要区别是它的4个磁极中有1个是活动的,这个活动磁极兼作电磁铁,其绕组兼作吸引线圈与保持线圈构成电磁开关。这种起动机结构及控制电路如图3-14所示。

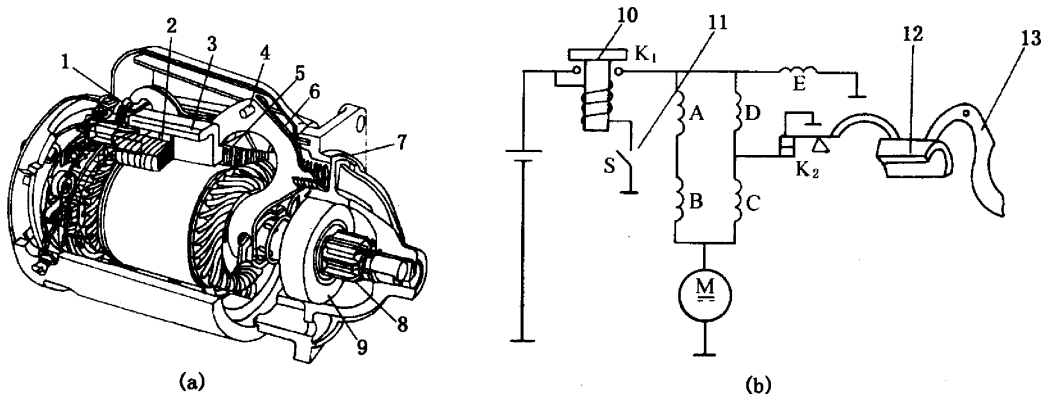


图3-14 活动磁极式起动机控制电路

(a) 结构; (b) 控制电路

1—挡铁触点; 2—驱动线圈; 3—活动磁极; 4—拨叉轴; 5—保持线圈; 6—拨叉; 7—复位弹簧; 8—主动小齿轮; 9—单向离合器; 10—启动继电器; 11—点火开关; 12—活动磁极; 13—拨叉; A, B, C—固定磁极绕组; D—活动磁极绕组(兼作电磁开关吸引线圈); E—保持线圈; K₁—启动继电器常开触点; K₂—挡铁触点

活动磁极式起动机工作过程如下:

①打开点火开关S, 启动继电器线圈通电, 触点K₁闭合, 接通了启动电路, 一方面电流经磁绕组(吸引线圈)D、挡铁触点K₂和保持线圈并联接地, 产生电磁力, 吸引活动磁极向下运动, 拨叉逆时针摆动, 推动右端离合叉向右运动, 使驱动小齿轮与发动机飞轮齿环啮合。另一方面, 磁绕组A、B及电枢绕组(磁绕组C与电枢绕组并联)通电, 使电动机驱动小齿轮在电枢缓慢转动下柔和地入飞轮齿环。

②驱动小齿轮与飞轮齿环啮合后, 拨叉左端将电磁开关触点K₂打开。于是磁绕组A、B、C、D和电枢绕组形成4级串励直流电动机标准电路, 产生强大的电磁转矩, 启动发动机。

③发动机启动后, 松开点火开关, 启动继电器线圈断电, 触点K₁打开, 起动机断电, 拨叉复位, 起动机停止工作。

2. 减速起动机

所谓减速起动机, 就是在起动机电枢和驱动齿轮之间增加了一套减速齿轮, 一般减速比为3~5, 因此可将起动机工作转速设计得较高, 然后通过减速机构使驱动齿轮转速降低并使转矩增加。

根据电机原理可知, 若电磁功率不变, 当转速增加时, 则电动机电枢直径、电枢铁芯

长度可以减小。因此，装用减速齿轮后，可采用小型、高速、低转矩电动机，从而使电动机质量与体积可减少 30% ~ 35%。这不仅提高了启动性能，而且使蓄电池负担也可以减轻。其缺点是机械零件增加，结构及生产工艺均比传统电动机复杂。

减速电动机减速装置有三种类型，即外合式、内合式和行星齿轮传动式（同轴式），如图 3-15 所示，其传动方式如图 3-16 所示，技术性能见表 3-3。

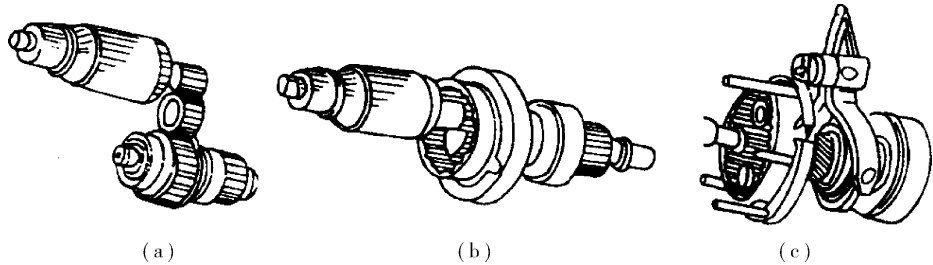


图 3-15 减速机构
(a) 外合式；(b) 内合式；(c) 行星齿轮式

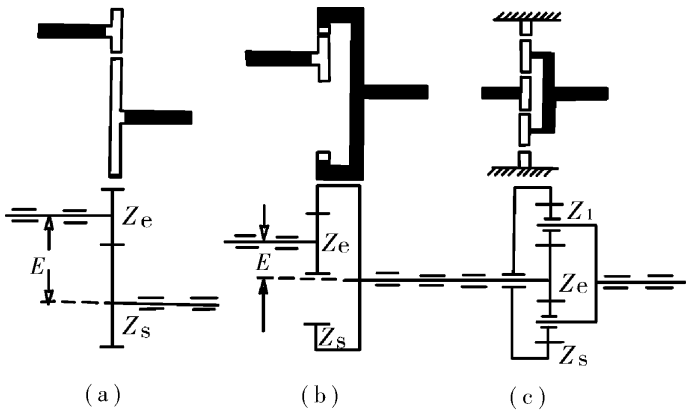


图 3-16 减速装置传动方式
(a) 外合式；(b) 内合式；(c) 行星齿轮传动式
E—中心距； Z_e —主动齿轮齿数； Z_s —从动齿轮齿数； Z_1 —行星齿轮齿数

表 3-3 起动机减速装置的性能比较

传动方式	外合式	内合式	行星齿轮传动式
齿轮数	2	3	5
中心距	$E = \frac{m}{2} (Z_s - Z_e)$ (大)	$E = \frac{m}{2} (Z_s - Z_e)$ (小)	$E = 0$
传动比 i	$1 < i < 5$ (i 大时 E 大)	$2.5 < i < 5$ (i 大时 E 大)	$i > 3.8$ (i 大时体积大)
噪声	低	高	低
可靠性	高	高	低 (原因：高速旋转零件多； 受力不平衡)

注： m —齿轮模数

图 3-17 所示的齿轮减速起动机, 减速齿轮组的主动小齿轮与电枢轴直接连接, 减速齿轮与单向离合器直接连接。这种结构其减速比通常为 $3.5:1$, 由于有了减速齿轮可以使起动机在较小的启动工作电流下, 使起动机有较大的扭矩, 从而可以做到用较小容量的蓄电池顺利启动起动机。

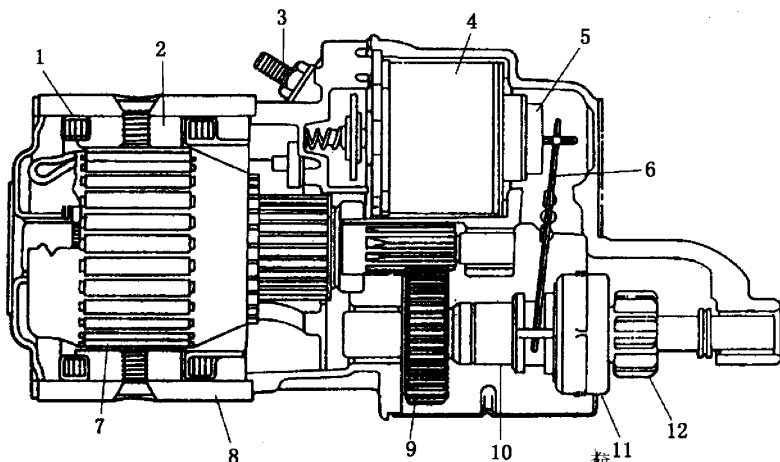


图 3-17 齿轮减速起动机的结构

1—磁场绕组；2—磁极；3—蓄电池接线柱；4—电磁线圈；5—柱塞；6—拨叉；7—电枢；8—外壳；9—减速齿轮；10—齿轮轴；11—单向离合器；12—主动小齿轮

电动机输出的功率经过减速装置减速增扭之后, 转速降低了 $3 \sim 5$ 倍, 转矩增大了 $3 \sim 5$ 倍, 从而使减速起动机起到减速增扭的作用。

3. 永磁起动机

随着稀土永磁材料的出现, 近年来出现了一种以永磁材料作为磁极的起动机, 称为永磁起动机, 它省去了传统起动机中的磁场绕组。起动机结构简化, 体积、质量也相应减小。

适合于起动机用永磁材料有永磁铁氧体、钕铁硼永磁、稀土钕铁硼永磁等。钕铁硼永磁矫顽力较高, 磁能积最大达 302 kJ/m^3 , 它是永磁铁氧体的 12 倍。

将普通型起动机用电磁场用永久磁铁作为磁极就可制成永磁起动机。条形永久磁铁可用冷黏结法黏在起动机外壳内壁上, 黏结剂可用厌氧胶或环氧型胶, 也有用薄片等均匀地固装在起动机外壳内表面上。这种起动机结构如图 3-18 所示。

永磁起动机相对于普通起动机体积明显减小, 它适合于安装在空间较小的车辆上。永磁起动机另一个特点是在电枢前端装有行星齿轮减速, 使电枢能以较高的转速转动, 并提高起动机转矩。奥迪、捷达、高尔夫轿车均采用永磁起动机。

六、起动机的控制电路

一些汽车上的起动机控制电路中加装了启动继电器, 避免起动机电磁开关的电流直接通过点火开关, 起到保护点火开关的作用。此外, 有的起动机控制电路还具有启动保护功能, 可以保证发动机启动后, 起动机立刻自动停止工作, 避免驱动齿轮随飞轮高速空转而增加磨损, 而且启动系还具有防止误操作的功能, 即在发动机工作时, 点火开关打到 ST 挡, 起动机不能工作, 以免打坏驱动齿轮和飞轮齿圈。

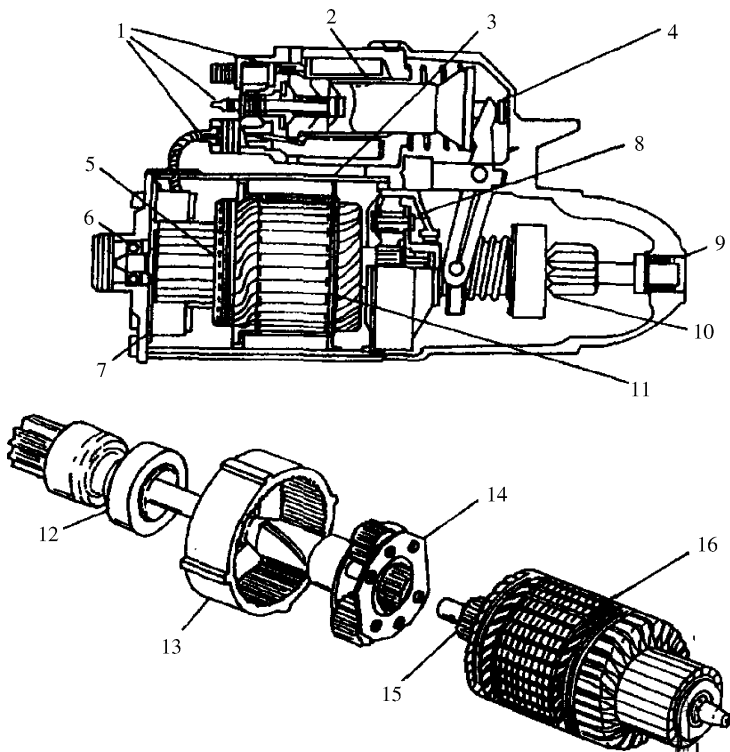


图 3-18 永磁减速式起动机

1—惰性气体保护焊接头; 2—镀铬拉杆; 3—永磁磁极; 4—拨叉; 5—整流; 6—滚珠轴承; 7—电刷; 8—行星齿轮减速装置; 9—滚柱轴承; 10—单向离合; 11—平衡式电极; 12—驱动圈; 13—固定内齿圈; 14—行星齿轮架; 15—小齿轮; 16—电极

带有启动继电器的启动系控制电路如图 3-19 所示。

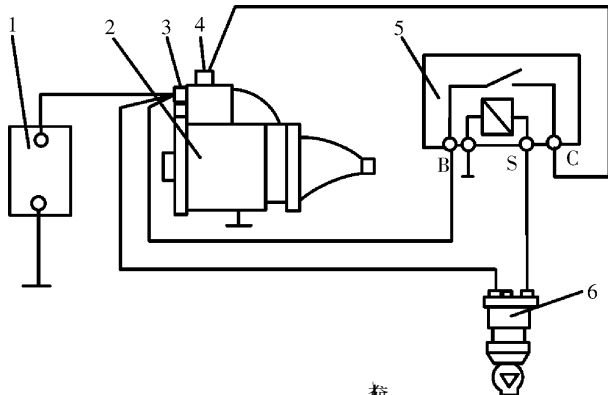


图 3-19 带有速度继电器的起动系统的控制电路

1—蓄电池; 2—~~启动~~继电器; 3—主接线柱;
4—启动接线柱; 5—启动继电器; 6—点火开关。

解放 CA1092 汽车启动控制电路如图 3-20 所示。解放 CA1092 汽车启动由复合继电器控制, 而复合继电器是由启动继电器和充电指示灯继电器组成。启动继电器常开触点 K_1 常开, 充电指示灯继电器常闭触点 K_2 常闭。其工作原理如下:

① 启动时, 点火开关打到 II 挡, 复合继电器中的启动继电器磁化线圈 L_1 通电, 其电路

如下：蓄电池正极→启动主接线柱→熔断器→电流表→点火开关→复合继电器 S 接线柱→磁化线圈 L_1 →触点 K_2 →搭铁。

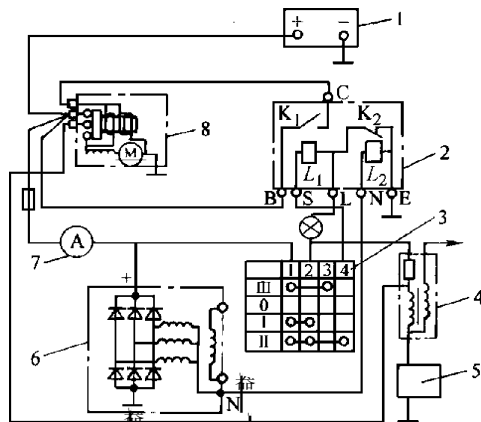


图 3-20 解放 CA1092 汽车起动机控制电路

1—蓄电池；2—启动组合继电器；3—点火开关；4—点火线圈；
5—点火控制；6—发电机；7—电流表；8—起动机

由于磁化线圈 L_1 通电，则 K_1 闭合，接通起动机电磁开关电路，起动机正常工作。

②发动机启动后，发电机开始发电，发电机中性点接线柱 N 使线圈 L_2 有电流通过， K_2 常开，磁化线圈 L_1 通电，触点 K_1 常开，使起动机电磁开关断电，起动机自动停止工作，同时充电指示灯熄灭。

③发动机工作时，由于发电机中性点电压作用而使触点 K_2 常开，这时即使将点火开关误打到 ST 挡，起动机也不会工作，防止误操作。

另外，还应防止启动系误操作。当发动机工作时，起动机是不能工作的，这一点除了利用发电机中性点电压控制启动复合继电器外，大多数汽车采用点火开关锁体控制。打到 ST 挡时，点火开关是从 OFF（关闭）挡→ON（运行）挡→ST 挡，重复打启动挡时，点火开关必须从 OFF 挡开始，即当发动机没有启动着，或发动机自动熄火，需要再次启动发动机时，点火开关必须先回到 OFF 挡，然后，才能启动发动机。当发动机运行时（在 ON 挡），锁体向 ST 挡方向是拧不动的。这样就可以防止启动系误操作，如桑塔纳、奥迪等车都是采用这种方式防止误操作。

对于装有自动变速的汽车，要求只有变速杆在 P 位（停车挡）或 N 位（空挡）时，起动机才能工作，否则启动发动机时，汽车不是向前就是向后发生事故。为此装备自动变速的汽车，在启动系中都设有“空挡启动开关”，当自动变速杆在 P 位或 N 位之外任何挡时，此开关都是断开的，即将起动机控制电路断开，使起动机无法工作。

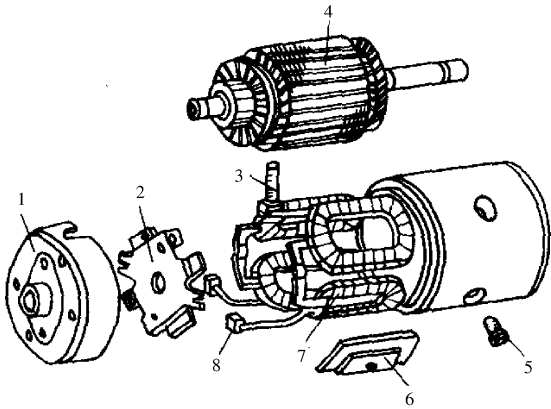
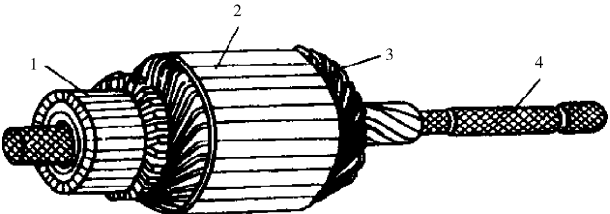
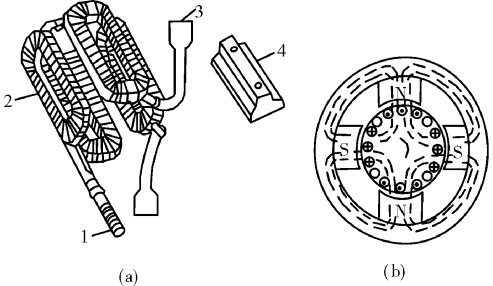
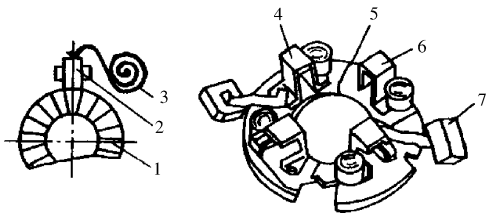
强化训练

一、起动机的基础知识

1. 汽车启动系一般由_____、_____、_____、_____组成。
2. 起动机一般俗称“_____”，它工作时将蓄电池产生的电能转化为_____，带动发动机飞轮齿圈，使_____转动，完成发动机的启动；它主要由_____、_____、_____组成。

- ____、____组成。
3. 电动机分为____、____、____三类。
4. 解释 QD124 型号：_____。

二、电动机的结构识别

串励直流电动机认识		作用：
		组成：
		工作原理：
电枢与磁极		
电枢认识		作用：
		组成：
		工作原理：
磁极		
	磁极作用：_____	
电刷及电刷架		
	电刷作用：_____	

续表

传动机构认识	
	三种工作状态
	(a)
	(b)
	(c)
汽车发动机对 启动 传动机构要求	
单向离合 器 作用： 单向离合 器 将电动机产生 的 _____ 传递给发动机 的 _____，并在发动机启动后打滑防止电枢“飞 转”。	
分析 启动 的工作过程	
启动时电路：	
松开点火开关 S，点火开关从 ST 挡回到 ON 挡，吸拉线圈与保持线圈电路为：	