

汽车电气设备与维修

主 编 吴增伟 刘永胜

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书全面系统地阐述了汽车电气设备在现代汽车上的应用情况,着重阐述和讲授蓄电池、交流发电机、起动系统、点火系统、照明信号与仪表信息系统的结构、原理及使用维修等基础知识,对汽车电路分析和汽车电路检修等内容也做了充分的介绍。

本书适用于各类高等院校汽车及相关专业的教学,也适用于汽车运用、汽车修理、管理等技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车电气设备与维修/吴增伟,刘永胜主编. —北京:北京理工大学出版社, 2017.9

ISBN 978-7-5682-4817-4

I. ①汽… II. ①吴… ②刘… III. ①汽车-电气设备-车辆修理-高等职业教育-教材 IV. ①U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 218949 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 6

字 数 / 143 千字

版 次 / 2017 年 9 月第 1 版 2017 年 9 月第 1 次印刷

定 价 / 32.00 元

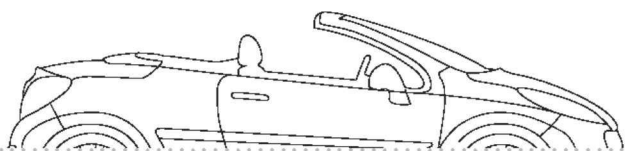
责任编辑 / 封 雪

文案编辑 / 张鑫星

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换



前言

P R E F A C E

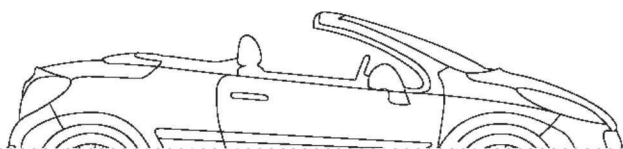
本书针对高等院校汽车相关专业编写，相对于一般汽车电器维修类书籍而言，具有很强的针对性，淡化了理论推导，减少了原理性的讲解，强化了实用性。

本书在内容安排上，遵循高等院校汽车相关专业对汽车电器技术的需要，力求将知识点和技能点有机地结合起来，以够用为度，着重对学生技能的培养，加强实用性，引进近年来的新技术，强调理论联系实际编写模式。

本书参考学时为 80 学时，使用时可以根据教学需要进行取舍。

本书由吴增伟、刘永胜担任主编，袁振、刘梦旖担任副主编，胡建军担任主审。具体分工如下：吴增伟编写了项目四，刘永胜编写了项目一，袁振编写了项目二，刘梦旖编写了项目三，胡建军负责全书的审稿工作。

编 者



目 录

C O N T E N T S

项目一 汽车电源	001
一、项目要求	001
二、相关知识	001
(一) 识读蓄电池型号	001
(二) 检测蓄电池性能	004
(三) 认识发电机	005
(四) 起动机构造和原理	009
三、项目实施	014
任务一：拆装发电机	014
任务二：检测发电机	016
任务三：拆装起动机	018
任务四：电磁线圈检测	022
任务五：起动机故障诊断	023
小结	028
项目拓展	028
项目二 汽车灯光	030
一、项目要求	030
二、相关知识	030
(一) 认识前照灯	030
(二) 认识转向灯	037
(三) 认识制动灯	042
三、项目实施	044
任务一：前照灯不亮故障诊断	044
任务二：转向灯不亮故障诊断	047
任务三：制动灯不亮故障诊断	048
项目三 汽车仪表	051
一、项目要求	051
二、相关知识	051

三、项目实施	057
任务一：车速表故障诊断	057
任务二：燃油表故障诊断	059
四、项目拓展	060
一、车内各类仪表指示灯	060
二、车内功能按键	062
三、组合仪表的检修	062
(一) 分体式仪表的故障诊断	063
(二) 电子组合仪表的检修	065
项目四 车身电器	068
一、项目要求	068
二、相关知识	068
(一) 认识电动车窗	068
(二) 电动刮水器构造与原理	075
三、项目实施	080
任务一：电动车窗故障诊断	080
(一) 故障分析	082
(二) 实际案例	082
任务二：电动刮水器故障诊断	084
小结	085
四、项目拓展	085
参考文献	087

项目一

汽车电源

一、项目要求

- (1) 了解汽车电源系统相关知识。
- (2) 会拆装发电机。
- (3) 会拆装起动机。
- (4) 会利用所学知识诊断、排除汽车电源系统故障。

二、相关知识

(一) 识读蓄电池型号

1. 蓄电池种类

蓄电池是一种可逆的低压直流电源，它既能将化学能转换为电能，也能将电能转换为化学能。蓄电池可分为碱性蓄电池和酸性蓄电池两大类。汽车上一般采用铅酸蓄电池，一是发动机起动时，需要非常大的电流，所以对蓄电池的电流要求很高，铅酸蓄电池可以满足需要；二是铅酸蓄电池成本比较低，价格便宜，一块普通蓄电池，现在的市场价格只需要 300 元左右，因此普及率很高。

车用蓄电池可分为以下 4 种：湿荷电蓄电池、干荷电蓄电池、少维护蓄电池和免维护蓄电池。

2. 蓄电池电压

车用蓄电池都是由单体铅酸蓄电池串联而成，单体蓄电池电压为 2.1 V 左右，这是由铅酸蓄电池特性决定的，不会改变，因此，不管车上的电池电压是多少，都是由 2.1 V 的单体电池串联得到的。轿车上的蓄电池标称 12 V，但实际电压是 12.6 V 左右，由 6 个单体蓄电池串联而成；大型车、货车蓄电池一般为 24 V，由 12 个单体电池串联而成。

3. 蓄电池型号

以型号为 6-QAW-54a 的蓄电池为例（见图 1-1），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。



图 1-1 6-QAW-54a 蓄电池

(2) Q 表示蓄电池的用途。Q 表示汽车起动用蓄电池, M 表示摩托车用蓄电池, JC 表示船舶用蓄电池, HK 表示航空用蓄电池, 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, 若无标识表示普通型蓄电池。

(4) 54 表示蓄电池的额定容量为 $54\text{ A} \cdot \text{h}$ ($54\text{ A} \cdot \text{h}$ 为充足电的蓄电池, 在常温以 $20\text{ A} \cdot \text{h}$ 放电率电流放电, $20\text{ A} \cdot \text{h}$ 为蓄电池对外输出的电量)。

(5) 角标 a 表示对原产品的第一次改进, 名称后加角标 b 表示第二次改进, 以次类推。

注: 型号后加 D 表示低温起动性能好, 如 6-QA-110D。

实际维修过程中, 如需要更换蓄电池, 最好更换原装电池。如果原装电池不容易购买, 更换时需要考虑以下几个问题:

首先考虑安装位置的空间, 如果更换更大的蓄电池, 必须保证空间允许;

其次, 不同品牌蓄电池性能差别很大, 最好选择知名品牌蓄电池。

4. 蓄电池的作用

(1) 发动机起动时, 向起动机和点火系统供电;

(2) 发动机低速运转时, 向用电设备和发电机磁场绕组供电;

(3) 发动机中、高速运转时, 将发电机剩余电能转化为化学能储存起来;

(4) 发电机过载时, 协助发电机向用电设备供电;

(5) 蓄电池相当于一个大电容器, 能吸收电路中出现的瞬时过电压, 保护电子元件, 保持汽车电气系统电压稳定。

5. 蓄电池的结构

(1) 极板。

极板是蓄电池的核心部分, 蓄电池充放电过程中, 电能与化学能的相互转换依靠极板上的活性物质与电解液中硫酸的化学反应来实现。极板分正、负极板两种, 由栅架和活性物质组成。栅架由铅锑合金浇铸而成, 锑可以提高机械强度和浇铸性能, 但是会加速氢的析出而加速电解液的消耗, 还会引起蓄电池自放电和栅架腐蚀, 缩短蓄电池使用寿命。目前, 多采用铅-低锑合金栅架或铅-钙-锡合金栅架。

正极板上的活性物质为二氧化铅 (PbO_2), 颜色为深棕色; 负极板上的活性物质为海绵状纯铅 (Pb), 颜色为深灰色。一片正极板和一片负极板浸入电解液中, 可得到 2 V 左右的电动势, 为增大蓄电池容量, 常将多片正、负极板分别并联组成正、负极板组。

(2) 隔板。

隔板在正负极板间起绝缘作用, 使电池结构紧凑。隔板有许多微孔, 可使电解液畅通无阻。隔板一面平整, 一面有沟槽, 沟槽面对着正极板且与底部垂直。在充放电时, 电解液能通过沟槽及时供给正极板, 当正极板上的活性物质 PbO_2 脱落时能迅速通过沟槽沉入容器底部。

(3) 电解液。

电解液由纯硫酸与蒸馏水按一定比例配置而成, 加入每个单格电池中。电解液应符合标准, 含杂质会引起自放电和极板腐烂, 从而影响蓄电池寿命。

(4) 外壳。

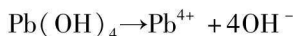
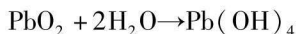
壳体用于盛装电解液和极板组。外壳应耐酸、耐热、耐振动冲击。外壳由橡胶外壳和聚丙烯塑料两种组成, 普遍采用的是塑料外壳, 其有壳壁薄、质量轻、易于热封合、生产效率

高等优点。外壳为整体式结构，壳内间壁分成3个或6个互不相通的单格。蓄电池单格电池之间均用铅质联条串联。每个单格电池设有一个液孔，可以加注电解液或检测电解液密度。孔盖上设有通气孔，便于排出蓄电池内部气体，防止外壳涨裂，发生事故。

6. 工作原理

(1) 电动势。

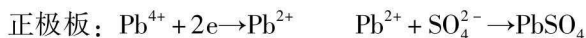
蓄电池的电动势是正、负极浸入电解液后产生的。负极板：铅溶于电解液中，失电子生成 Pb^{2+} —— $\text{Pb} - 2\text{e} \rightarrow \text{Pb}^{2+}$ ；电子留在负极板上，和 Pb^{2+} 吸引，使负极板具有负电位，为 -0.1 V 。正极板： PbO_2 溶于电解液。



OH^- 留在电解液中， Pb^{4+} 沉附在正极板表面，使正极板有 $+2.0 \text{ V}$ 在外电路未接通时，反应达到动态平衡时，静止电动势为： $E = 2.0 - (-0.1) = 2.1 (\text{V})$ 。

(2) 放电过程。

将蓄电池的化学能转换成电能的过程称为放电过程。

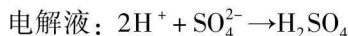
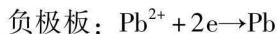
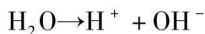
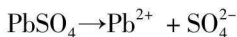


蓄电池放电特征：

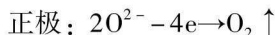
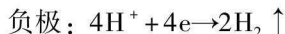
- ① 活性物质 PbO_2 和 Pb 均逐渐变为 PbSO_4 。
- ② 放电过程中，电解液密度下降，所以，可通过电解液密度判断放电程度。
- ③ 蓄电池内阻逐渐增大。

(3) 充电过程。

将电能转换成蓄电池化学能的过程称为充电过程，它是放电反应的逆过程。



充电末期， PbSO_4 基本还原为 PbO_2 和 Pb ，部分充电电流电解水，其反应方程式为：



7. 蓄电池的容量及其影响因素

(1) 容量。

容量指蓄电池在规定条件下（包括放电温度、放电电流、放电终止电压）放出的电量，单位：安时（ $\text{A} \cdot \text{h}$ ）。

理论容量：假定活性物质全部参加放电反应，由活性物质质量按法拉第电化当量定律计算

所得容量。

实际容量 C ：蓄电池实际放出的电量。恒流放电时， $C = I_t \times t_t$ ，实际容量总小于理论容量。

额定容量：用 20 h 率容量表示。国标 GB 5008.1—2013《起动用铅蓄电池技术条件》规定：将充电的新蓄电池在电解液温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下，以 20 h 率的放电电流（0.05 C20）连续放至单格电池平均电压降到 1.75 V 时，输出的电量称为额定容量。

储备容量：国标 GB 5008.1—2013《起动用铅蓄电池技术条件》规定：蓄电池在 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下，以 25 A 恒流放电直至单格电池平均电压降到 1.75 V 时的放电时间，单位为分钟（min）。

起动容量：起动容量表示蓄电池在发动机起动时的供电能力，分为低温起动容量和常温起动容量。

低温起动容量：电解液在 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，以 3 倍额定容量的电流持续放电至单格电压下降至 1 V 所放出的电量，持续时间应在 2.5 min 以上。

常温起动容量：电解液在 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，以 3 倍额定容量的电流持续放电至单格电压下降至 1.5 V 所放出的电量，持续时间应在 5 min 以上。

（2）影响因素。

构造因素对容量的影响：极板越薄，活性物质的利用率越高，容量就越高。极板面积越大，同时参与反应的物质越多，容量就越大。同性极板中心距越小，蓄电池内阻越小，容量越大。

使用因素对容量的影响：温度越低，容量越小；大电流放电时间越长，蓄电池容量越小。

8. 新型铅蓄电池

（1）免维护蓄电池。

免维护蓄电池的结构特点：极板栅架采用铅钙锡合金制成，消除了锑的副作用；采用袋式聚氯乙烯隔板，可避免活性物质脱落、极板短路；采用新型安全通气装置；外壳由聚丙烯塑料制成，槽底无筋条。

免维护电池的优点：使用中不需加水，自放电少，耐过充电性能好，使用寿命长。

（2）干荷电蓄电池。

极板处于干燥的已充电状态和无电解液储存的蓄电池。干荷电蓄电池加足电解液后，静放 20~30 min 即可使用。干荷电蓄电池的工艺特点：在负极板的铅膏中加入抗氧化剂；在化成过程中，有一次深度放电或反复充放电循环；负极板在化成过程中进行水洗和浸渍；正负极板和隔板用特殊工艺干燥处理。

（3）胶体电解质蓄电池。

在胶体电解质蓄电池中，电解质是经过净化的硅酸钠溶液与硫酸水溶液混合后凝结成的稠状胶体物质。其优点是：电解液不会溅出；在使用维护和运输中，活性物质不易脱落；可延长使用寿命 20%；使用中无须调整密度，只需添加蒸馏水。其缺点是：胶体电解质电阻较大，内阻增加，容量降低；与极板接触不均匀，自放电较严重。

（二）检测蓄电池性能

现在车用蓄电池都是免维护蓄电池，也就是说，在蓄电池的寿命期限内，不需要对它进行加水、加硫酸等操作，蓄电池厂家也没有预留加液孔，所以不能进行维护，免维护蓄电池

已经做好密封,也不需要进行维护,如果蓄电池性能不能满足要求,直接更换即可。蓄电池检测有两种方法:

(1) 静态检测。

静态检测就是蓄电池没有在使用的状态下,直接用万用表测量蓄电池电压,正常电压应该高于 12 V,如果电压达不到 12 V,有可能是蓄电池已经亏电,这种情况下,应该给蓄电池充电,充满再测试,如果充满电仍然达不到要求,说明蓄电池需要更换。

(2) 用蓄电池检测仪进行检测。

静态检测的结果,有时候并不准确,有的蓄电池,虽然电压能达到要求,但是起动电流却达不到要求,这种情况下,需要专用的蓄电池测试仪(见图 1-2)进行检测。

将红色夹子与蓄电池正极连接,黑色夹子与蓄电池负极连接,按下面的开关开始检测,如指针在绿色范围内表示蓄电池性能正常,如不在绿色范围内表示蓄电池起动性能不良,需要更换。

(三) 认识发电机

1. 发电机的作用

发电机(见图 1-3)是汽车的主要电源,其功用是在发动机正常运转时(怠速以上),向所有用电设备(起动机除外)供电,同时向蓄电池充电。



图 1-2 蓄电池测试仪



图 1-3 发电机

2. 发电机的分类

- (1) 普通交流发电机:使用时需要配装电压调节器的发电机。
- (2) 整体交流发电机:发电机和调节器制成一个整体的发电机。
- (3) 带泵交流发电机:和汽车制动系统用真空助力泵安装在一起的发电机。
- (4) 无刷交流发电机:不需要电刷的发电机。
- (5) 永磁交流发电机:磁极为永磁铁制成的发电机。

带泵交流发电机一般在柴油发动机的汽车上使用,因为柴油机没有节气门,无法提供制动的真空。目前大多数汽车采用的是整体交流发电机。

3. 发电机工作原理

(1) 交流发电原理,如图 1-4 所示。

在发电机内部有一个由发动机带动的转子(旋转磁场);磁场外有一个定子绕组,绕组有 3 组线圈(3 相绕组),3 相绕组彼此相隔 120°;当转子旋转时,旋转的磁场使固定的电枢绕组切割磁力线(或者说使电枢绕组中通过的磁通量发生变化)而产生电动势。

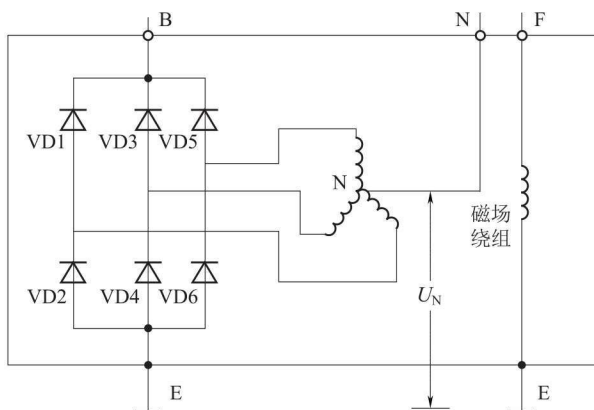


图 1-4 交流发电原理

① 整流原理。

交流发电机定子的三相绕组中，感应产生的交流电是靠六只二极管组成的三相桥式整流电路变为直流电的。

二极管具有单向导电性，当给二极管加上正向电压时，二极管导通；当给二极管加上反向电压时，二极管截止。二极管的导通原则如下：当三只二极管负极端相连时，正极端电位最高者导通；当三只二极管正极端相连时，负极端电位最低者导通。

② 中性点电压。

有的发电机具有中性点接线柱，如图 1-5 所示，是从三相绕组的中性点引出来的，标记为“N”。输出电压为 U_N ，称为中性点电压。

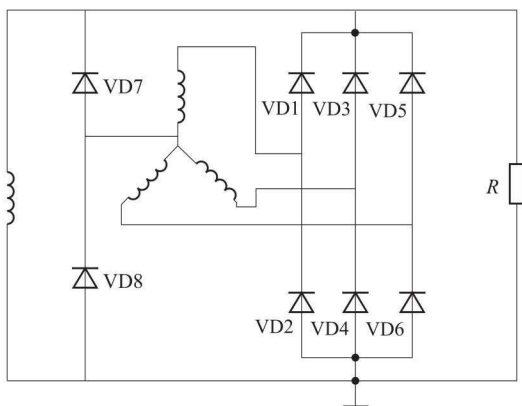


图 1-5 中性点接线柱线路图

中性点电压的平均值为发电机输出电压（平均值）的一半，带有中性点接线柱的发电机可用中性点电压来控制各种用途的继电器。

有的发电机没有中性点接线柱，但是也把中性点电压充分的利用了（如夏利、桑塔纳发电机），这些发电机在中性点处接上两只整流二极管，和三相绕组的六只整流二极管一起输出，可提高发电机功率。

4. 交流发电机的结构

交流发电机一般由转子、定子、整流器、端盖四部分组成，如图 1-6 所示。

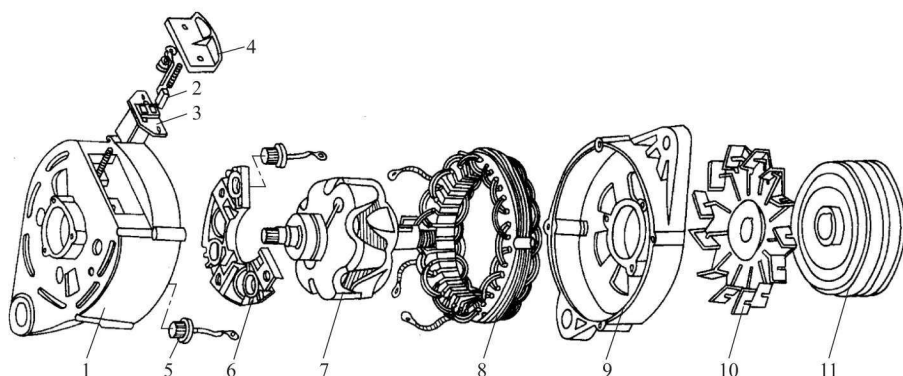


图 1-6 交流发电机

1—后端盖；2—碳刷；3—碳刷架；4—固定板；5—整流二极管；
6—整流板；7—转子；8—定子；9—前端盖；10—风扇；11—皮带轮

(1) 转子。

转子的功用是产生旋转磁场。转子由爪极、磁轭、磁场绕组、集电环、转子轴组成，如图 1-7 和图 1-8 所示。转子轴上压装着两块爪极，两块爪极各有六个鸟嘴形磁极，爪极空腔内装有磁场绕组（转子线圈）和磁轭。集电环由两个彼此绝缘的铜环组成，集电环压装在转子轴上并与轴绝缘，两个集电环分别与磁场绕组的两端相连。当两集电环通入直流电时（通过电刷），磁场绕组中就有电流通过，并产生轴向磁通，使爪极一块被磁化为 N 极，另一块被磁化为 S 极，从而形成六对相互交错的磁极。当转子转动时，就形成了旋转的磁场。

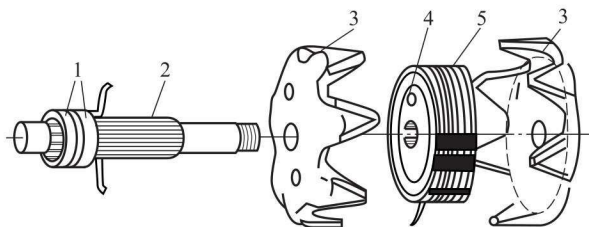


图 1-7 交流发电机的转子

1—集电环；2—转子轴；3—爪极；4—磁轭；5—磁场绕组

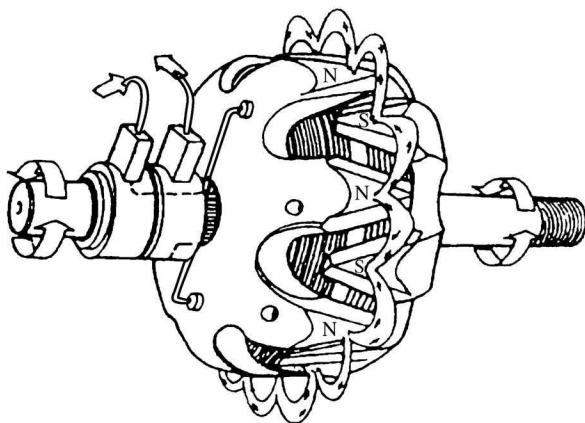


图 1-8 转子旋转形成磁场

(2) 定子。

定子由定子铁芯和定子绕组组成，如图 1-9 所示。定子的功用是产生交流电。

定子铁芯由内圈带槽的硅钢片叠成，定子绕组的导线就嵌放在铁芯的槽中。定子绕组有三相，三相绕组采用星形接法或三角形（大功率）接法，都能产生三相交流电。三相绕组的线圈必须按一定要求绕制，才能使之获得频率相同、幅值相等、相位互差 120° 的三相电动势。

(3) 整流器。

交流发电机整流器的作用是将定子绕组的三相交流电变为直流电，如图 1-10 所示。6 管交流发电机的整流器是由 6 只硅整流二极管组成三相全波桥式整流电路。6 只整流管分别压装（或焊装）在两块整流板上。



图 1-9 定子

1—定子绕组



图 1-10 整流器

1—整流二极管；2—整流板

(4) 磁场绕组的内搭铁型和外搭铁型发电机。

内搭铁型发电机：磁场绕组负电刷直接搭铁的发电机（和壳体直接相连）。

外搭铁型发电机：磁场绕组的两只电刷都和壳体绝缘的发电机。外搭铁型发电机的磁场绕组负极（负电刷）接调节器，通过后再搭铁，如图 1-11 所示。

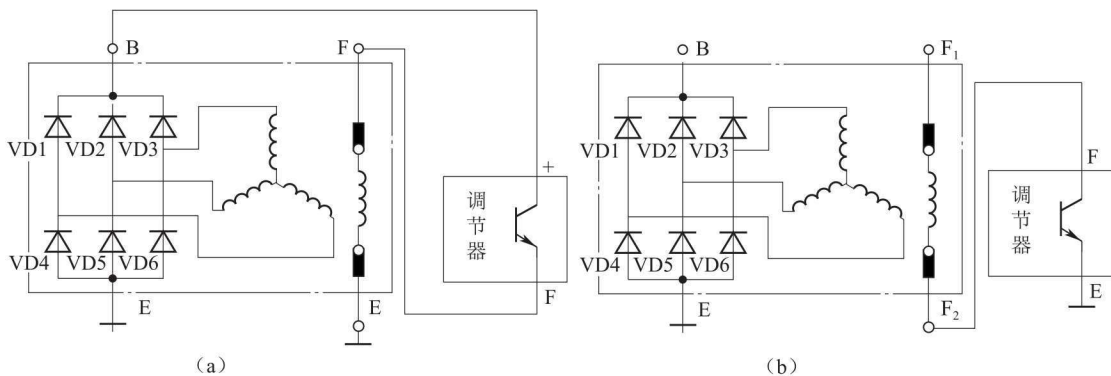


图 1-11 磁场绕组发电机原理图

(a) 内搭铁型；(b) 外搭铁型

5. 电压调节器

由于交流发电机的转子是由发动机通过皮带驱动旋转的,且发动机和交流发电机的速比为 $1.7 \sim 3$,因此交流发电机转子的转速变化范围非常大,这样将引起发电机的输出电压发生较大变化,无法满足汽车用电设备的工作要求。为了满足用电设备恒定电压的要求,交流发电机必须配用电压调节器,使其输出电压在发动机所有工况下基本保持恒定。交流发电机调节器的工作原理是:当交流发电机的转速升高时,调节器通过减小发电机的励磁电流 I_f 来减小磁通 Φ ,使发电机的输出电压 U_B 保持不变,如图1-12所示。

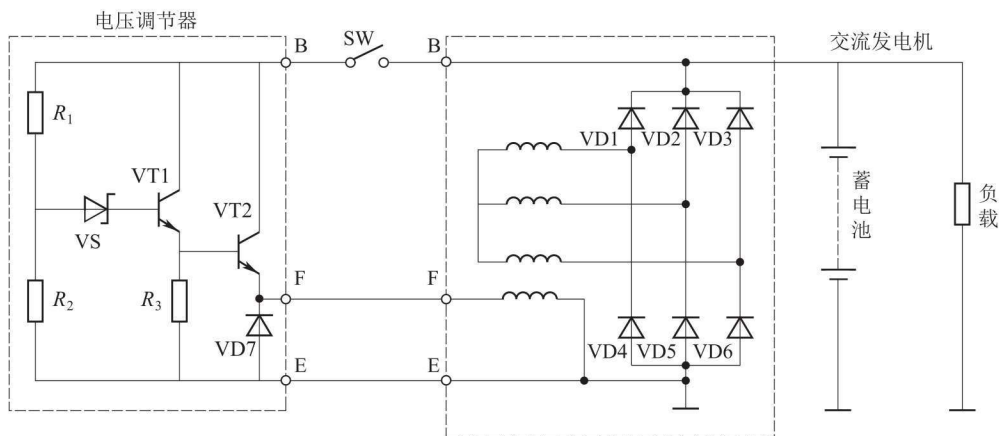


图 1-12 电压调节器的工作原理

6. 交流发电机使用注意事项

- (1) 发电机运转时,不能用试火的方法检查发电机是否发电,否则会烧坏二极管;
- (2) 整流器和定子绕组连接时,禁止用 220 V 交流电源检查发电机的绝缘情况;
- (3) 发电机与蓄电池之间的连接要牢靠,如突然断开,会产生过电压损坏发电机或调节器的电子元件。

(四) 起动机的构造和原理

汽车发动机由静止状态变为运转状态的过程称为起动,发动机的起动必须借助外力实现,起动机就是使发动机由静止变为运转的一个器件,如图1-13所示。

1. 组成

起动机的组成,如图1-14所示。



图 1-13 起动机

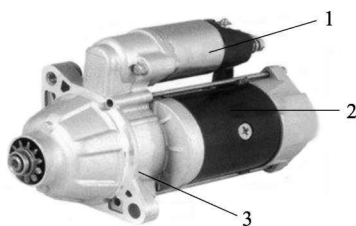


图 1-14 起动机的组成

1—控制机构; 2—直流电动机; 3—传动机构

直流电动机——产生电磁转矩。

传动机构（啮合机构）——起动时，啮合传动；起动后，打滑脱开。

控制机构（电磁开关）——接通、切断电动机与蓄电池之间的电路。

2. 分类

根据起动机的传动机构和控制装置的不同，起动机可以分为以下四种：

- (1) 惯性啮合式起动机（基本不采用）。
- (2) 强制啮合式起动机（基本不采用）。
- (3) 电磁啮合式起动机（应用于各种汽车）。
- (4) 还有减速起动机、永磁起动机。

3. 型号

① QD 表示起动机。

QDJ 表示减速起动机。

QDY 表示永磁起动机，包括永磁减速起动机。

② 电压等级：1 表示 12 V；2 表示 24 V。

③ 功率等级：1 表示 0 ~ 1 kW；2 表示 > 1 ~ 2 kW……
9 表示 > 8 ~ 9 kW。

④ 设计序号：按产品设计先后顺序，以 1 ~ 2 位数字表示。

⑤ 变型代号：变型代号用字母 A, B, C……顺序表示。

例如：QD1225——12 V，1 ~ 2 kW，第 25 次设计的起动机。

(1) 直流电动机。

直流电动机的组成，如图 1-15 所示。

电枢：产生电磁转矩。

磁极：产生磁场。

换向器：改变电流方向。

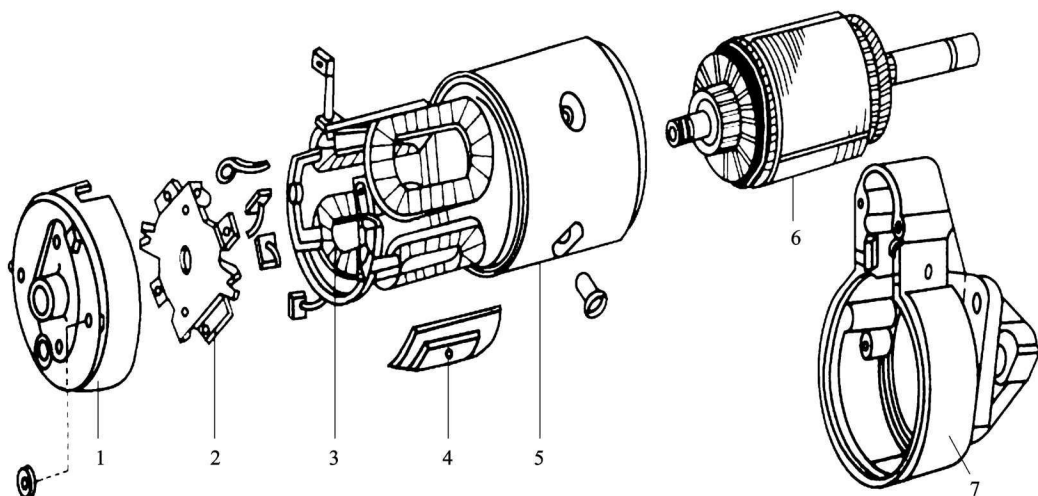


图 1-15 直流电动机的组成

1—端盖；2—电刷和刷架；3—磁场绕组；4—磁极铁芯；5—机壳；6—电枢；7—后端盖

电刷组件：引入电流。

壳体：安装磁极，固定机件。

① 电枢（转子），如图 1-16 所示。

电枢主要由电枢轴、电枢绕组、铁芯和换向器组成。它的作用是产生电磁转矩。电枢铁芯由硅钢片叠压而成，内以花键固定在电枢轴上。铁芯槽内嵌电枢绕组，为了获得较大的电磁转矩，流经电枢绕组的电流很大（一般汽油发动机为 200 ~ 600 A，柴油发动机可达 1 000 A），因此，电枢绕组都用较粗的矩形裸铜线绕制。换向器的作用是将电流引入电枢绕组并使不同磁极下导线中的电流方向保持不变。换向器由截面成燕尾的铜片围合而成。燕尾形铜片称为换向片，换向片与换向片之间以及换向片与轴承之间用云母绝缘。

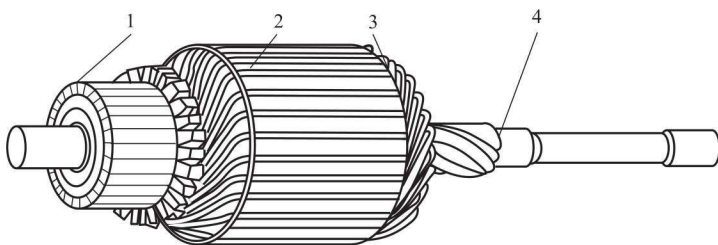


图 1-16 电枢（转子）

1—换向器；2—铁芯；3—绕组；4—电枢轴

② 磁极，如图 1-17 所示。

磁极的作用是建立电动机的磁场。由外壳、磁极、磁场线圈等部分组成。外壳内壁装有四个磁极（有些是两个磁极），在其上面装有磁场线圈，相对的是同极，相邻的是异极。磁场线圈用扁而粗的铜线（或小铜线）并联的方法绕成。磁场线圈采用串联或并联，一端与外壳上的绝缘接柱（即磁场接柱）相连，另一端与正电刷相连。

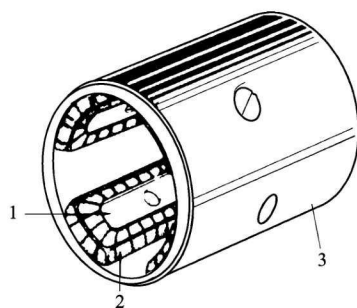


图 1-17 磁极

1—磁极铁芯；2—励磁线圈；3—外壳

③ 电刷组件，如图 1-18 所示。

电刷组件由电刷、电刷架和电刷弹簧组成。电刷用铜粉和碳粉（或石墨）压制而成，一般有四个，相对的电刷为同极。两个负电刷搭铁，两个正电刷接磁场线圈，它们在压簧的作用下紧密地与换向器接触。

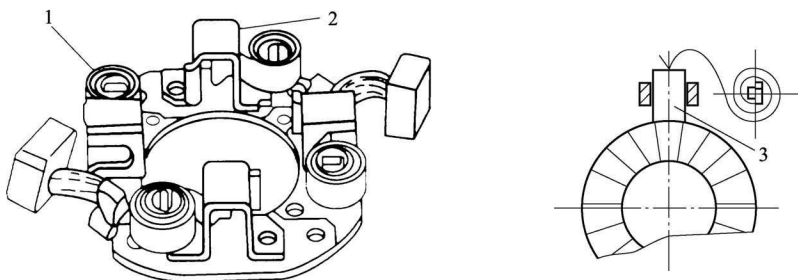


图 1-18 电刷组件

1—电刷弹簧；2—电刷架；3—电刷

④ 直流电动机的工作原理，如图 1-19 所示。

将通电导线放入磁场中，导线会在磁场力的作用下做有规律的运动（其运动方向可以用左手定则来判断），这是直流电动机能够转动的基本道理。一个线圈的电动机，虽能旋转，但转动力量小，转速也不稳定，而且在某些位置时不能转动。所以，实际使用的起动电动机都是由较多的线圈和配有相应换向片构成，同时采用多对电磁铁来产生较强的磁场，但其工作原理还是一样的。

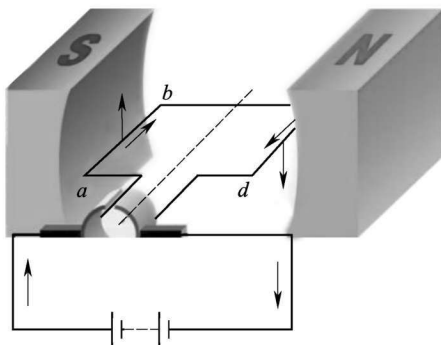


图 1-19 直流电动机的工作原理

受力分析：由左手定则得 ab 受力向上， cd 受力向下，这两个力不是平衡力。

运动分析：在这两个力作用下，线圈做顺时针转动。

(2) 传动机构（啮合机构—离合器），如图 1-20 所示。

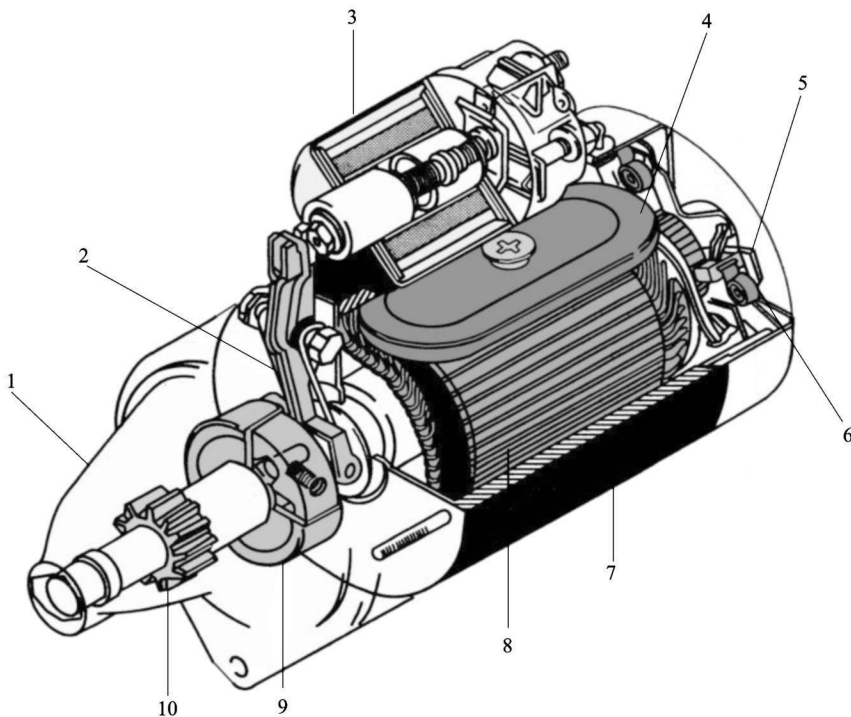


图 1-20 传动机构（啮合机构—离合器）

1—传动机构外壳；2—拨叉；3—电磁开关；4—励磁线圈；5—电刷；6—电刷弹簧；
7—外壳；8—电枢；9—起动机离合器；10—传动齿轮