

# 汽车电动机、发电机 结构与维修

汽车实用  
维修技术丛书

郑仁皋 朱顺泉 编



63

国防工业出版社

汽车实用维修技术丛书

# 汽车电动机、发电机结构与维修

郑仁皋 朱顺泉 编

国防工业出版社

·北京·

## 图书在版编目(CIP)数据

汽车电动机、发电机结构与维修/郑仁皋,朱顺泉编.  
北京:国防工业出版社,1999.1  
(汽车实用维修技术丛书)  
ISBN 7-118-01748-5

I. 汽… II. ①郑… ②朱… III. ①汽车-电动机-构造  
②汽车-电动机-维修③汽车-发电机-构造④汽车-发电机-  
维修 IV. U463.63

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 09189 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

开本 350×1168 1/32 印张 8% 225 千字  
1999 年 1 月第 1 版 1999 年 1 月北京第 1 次印刷  
印数:1—4000 册 定价:12.00 元

---

(本书如有印装错误,我社负责调换)

## 出版者的话

汽车是现代社会的主要交通运输工具之一。随着我国经济的高速发展和人民生活水平的日益提高,汽车的作用越来越重要,无论是公车还是私车的市场保有量都在大幅度上升,而且上升的趋势还在不断继续。

为了促进汽车工业更好地为经济建设和人民生活服务,保证汽车的正常运行,减少事故的发生,如何正确使用、检查、保养、维护汽车,诊断、排除故障、维修汽车,已成为驾驶人员、保修人员的当务之急,特别是一大批汽车驾驶员只会开车,对汽车结构、常见故障的现象与排除等非常陌生,是汽车安全运行的极大隐患。为解决这一问题,我们策划出版“汽车实用维修技术丛书”。

为此,我们拜读了市场上目前已有的多种汽车类书籍,吸取其精华,剔除其不足,对本书的分类、写法做了一些包括读者、作者、新华书店在内的社会调查,力求使本书能够贴近读者,解决实际问题。确定编写原则后,我们聘请了多位工作在汽车工业第一线的专家、教授来编写本丛书。

本丛书按汽车部件分为15册,书目详见每本书的前勒口。

本丛书略去了诸多的汽车理论,内容侧重实践,强调针对性和实用性,图文并茂,语言通俗易懂,具有初中以上文化程度的汽车驾驶人员、汽车维修人员都可阅读。

我们期望,本丛书将成为驾驶人员、维修人员的良师益友,为我国汽车的安全运行做出贡献。

## 前 言

本书主要介绍了汽车电动机、发电机的工作原理,不同车型电动机、发电机的结构、维修、故障排除和相关的电子技术基础知识。本书既有理论知识,又有实践经验的总结,可供汽车电工、汽车驾驶员、汽车修理工和汽车管理人员、汽车技术学校师生阅读、参考。

本书由郑仁皋、朱顺泉主编,参加编写的人员还有李荣芳、朱林海、王海沁。

由于作者水平有限,编写时间仓促,书中错误在所难免,敬请读者批评指正。

作者

# 目 录

<b>第一章 电动机</b> .....	1
第一节 直流电动机的工作原理.....	1
第二节 直流电动机的激磁方式和机械特性.....	4
第三节 电动机开关.....	7
第四节 带有继电器的电磁开关电路 .....	10
第五节 电动机单向离合器 .....	13
第六节 电动机驱动齿轮的啮合方式 .....	18
第七节 电压转换开关 .....	27
第八节 汽车电动机实例 .....	30
第九节 电动机基本数据的选择 .....	40
第十节 柴油机电动机辅助装置 .....	42
<b>第二章 电动机的检修</b> .....	50
第一节 电动机的分解和组装程序 .....	50
第二节 电动机零部件的检测与修理 .....	54
第三节 电动机的性能测试 .....	63
第四节 电枢线圈和磁场线圈的检修绕制 .....	70
第五节 电动机继电器的检测调校 .....	78
第六节 柴油机辅助起动装置的检测 .....	81
第七节 电动机故障诊断程序与实例分析 .....	82
<b>第三章 交流发电机及调节器</b> .....	95
第一节 交流电的产生 .....	95
第二节 交流发电机的结构.....	106
第三节 交流发电机的工作原理.....	109
第四节 交流发电机的工作特性.....	113

第五节	交流发电机的分类	115
第六节	交流发电机调节器	120
<b>第四章</b>	<b>交流发电机及调节器的检修</b>	<b>139</b>
第一节	交流发电机的分解和组装	139
第二节	交流发电机的测试	142
第三节	交流发电机零部件的检测与修理	145
第四节	电枢线圈和磁场线圈的绕制	151
第五节	交流发电机调节器的检测与调整	155
第六节	交流发电机调节器的代用	165
第七节	交流发电机及调节器故障诊断	167
第八节	充电系统故障实例分析	170
<b>第五章</b>	<b>直流发电机及调节器</b>	<b>181</b>
第一节	直流发电机的工作原理和结构	181
第二节	直流发电机调节器	187
第三节	直流发电机的检修	199
第四节	直流发电机调节器的检修	205
第五节	直流发电机故障诊断及检修	209
<b>第六章</b>	<b>电子技术基础</b>	<b>215</b>
第一节	半导体基础知识	215
第二节	半导体二极管	220
第三节	半导体三极管	227
第四节	整流原理	239
第五节	滤波电路	244
第六节	硅稳压二极管稳压电路	247
第七节	三极管放大电路	249
第八节	晶闸管(可控硅)	255
第九节	集成电路	265

# 第一章 电动机

汽车发动机起动时,必须用外力克服各种阻力,使发动机被带动起来,并使曲轴转速达到一定数值,混合气被吸入气缸,满足点火和燃烧的必要条件,直到混合气做功,发动机所发出的功率能维持运转。原始发动机的起动方式是人手握摇手柄使曲轴旋转。1911年美国凯特林发明了电动机,1912年起开始广泛应用于汽车。电动机的应用在汽车发展史上占有重要地位。

汽车电动机实际上是由直流电动机加上操纵驱动装置组成。当电动机开关闭合时,一方面直流电动机转动,另一方面驱动装置的齿轮与发动机飞轮上的齿环啮合,于是发动机跟着旋转;开关断开,直流电动机停止旋转,驱动装置的齿轮也和飞轮松脱。

电动机从开始使用到现在,其基本工作原理没有大的变化,在结构上的主要改进是:

①电动机开关(即操纵机构)由过去的机械式改变为电磁操纵式,现代汽车电动机还设计有保护电路;

②单向离合器除了传统的滚柱式和摩擦片式外,还有弹簧式、棘轮式和复合式;

③传动方式多样化,有惯性式、强制啮合式、电枢移动式、齿轮移动式、减速起动式。

## 第一节 直流电动机的工作原理

### 一、直流电动机的工作原理

能把直流电转换成机械能的电机称为直流电动机。汽车上的电动机都是采用直流电动机,它的工作原理是通电导体在磁场中



受到电磁力的作用而产生运动,如图 1-1 所示。

图 1-1(b)中左边导线周围所产生的磁力线方向是逆时针的,右边导线所产生的磁力线方向是顺时针的。这样左边导线所产生的磁力线上方将磁极的磁力线抵消一部分使磁场减弱,在下方和磁极的磁力线叠加在一起,使磁场增强;右边导线产生的磁力线在上方和磁极的磁感线叠加在一起,使磁场增强;下方将磁极的磁力线抵消一部分,使磁场减弱。这样综合磁场磁力线变得弯曲,推动左边导线向上运动,右边导线向下运动,线圈就产生顺时针方向的转动。

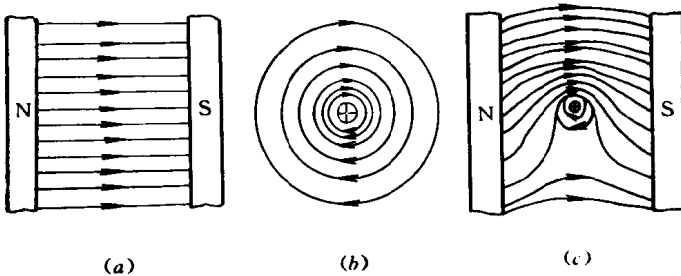


图 1-1 直流电动机工作原理

(a)电动机两极间原有的磁场;

(c)两极间导线与磁铁的合成磁场。

通电导线在磁场中的受力方向可以用左手定则来确定,如图 1-2 所示,平摊左手,使掌心面向磁力线,四指表示电流方向,平

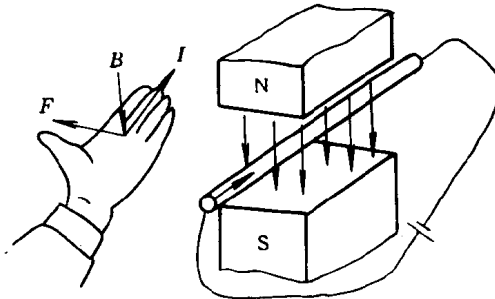


图 1-2 左手定则

伸的拇指表示导线受力后的运动方向。

## 二、最简单的直流电动机

图 1-3 是最简单的直流电动机。在两个固定的磁极 N、S 之间放置一个可以旋转的圆柱形铁心(图中未画出),铁心上固定一匝线圈,称为电枢线圈,线圈的两端  $a$ 、 $d$  分别接在两个跟铁心与轴一起旋转的半圆形铜片上,两铜片相互绝缘,这两块半圆形的铜片组成最简单的换向器(又称为整流器),在换向器铜片上装有两个固定的石墨炭刷,在换向器旋转时能可靠地接触,通过换向器与炭刷,直流电动机的电枢线圈可与外电路接通。

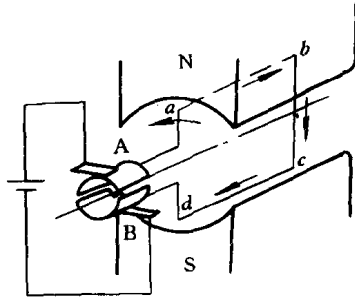


图 1-3 最简单的直流电动机

把电动机的炭刷引出端接在直流电源上,电流经电源正极、炭刷、换向器 A 流入线圈  $abcd$ ,经换向器 B、炭刷流回电源负极。由于载流导线  $ab$  和  $cd$  在磁场中受力,产生电枢转矩,用左手定则可以确定电枢逆时针方向旋转。当导线  $ab$  从 N 极转入 S 极时,由于整流器 A 也同时旋转,与电源负极端炭刷接触,使导线  $ab$  中的电流方向发生改变,也就是说 N 极端的导线电流方向总是流入,S 极端的导线电流方向总是流出,从而保证了电磁转矩的方向始终保持不变。所以在直流电动机中,换向器把外加直流电源的直流电改变方向,使电枢内部流过交流电,以产生方向不变的电磁转矩。

## 第二节 直流电动机的励磁方式和机械特性

直流电动机磁场与电枢的接法可分为并激式、串激式和复激式三种,如图 1-4 所示。目前汽车电动机普遍采用串激式直流电动机,也有一些大功率电动机采用复激式直流电动机。

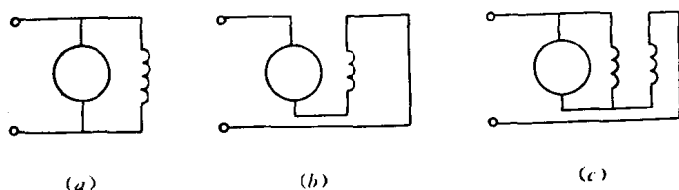


图 1-4 直流电动机励磁方式  
(a)并激式;(b)串激式;(c)复激式。

### 一、串激式直流电动机

图 1-5 是串激式直流电动机两种不同接法的线路图,图 1-6 是磁极和磁路。因为励磁线圈和电枢线圈是串联,所以流经励磁线圈的电流  $I_{\text{励}}$  与流经电枢线圈的电流  $I_{\text{枢}}$  相等,而且等于输入电动机的总电流。

直流电动机产生的电磁转矩  $M$  与电枢电流  $I_{\text{枢}}$  和磁极磁通  $\Phi$

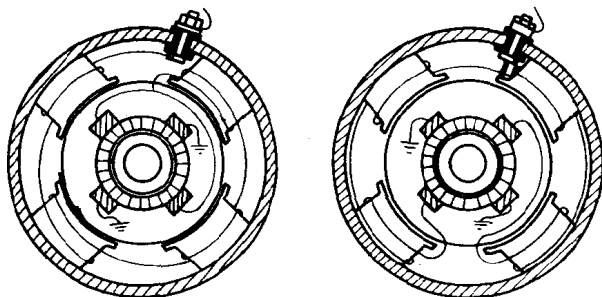


图 1-5 串激式电动机线路连接

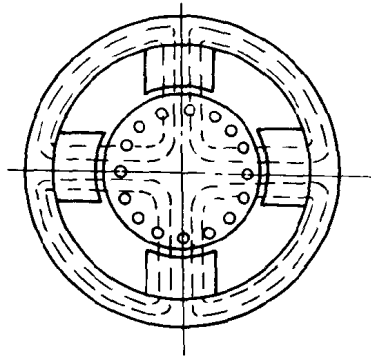


图 1-6 磁极与磁路

的乘积成正比：

$$M = C_m I_{\text{枢}} \Phi \quad (1-1)$$

式中  $C_m$ ——电机转矩常数，决定于电机的构造。

直流电动机通电产生电磁转矩而旋转的同时，电枢线圈在磁场中切割磁力线，也会产生感应电动势。根据右手定则，可知感应电动势的方向与电源电压和电流的方向相反，因而此感应电动势又称为反电动势。当电动机转速增加时，由于电枢线圈切割磁力线的速率增加，反电动势也跟着增加，结果电源电压与反电动势的差额降低，电流减小。转速和反电动势是决定电枢电流强弱的因素，当电动机转速因负荷增加而降低时，反电动势也跟着降低，电源电压就可以对电枢线圈提供较强的电流，增大电动机的转矩，所以电动机的磁通  $\Phi$  随负荷的变化而变化，电压平衡方程是：

$$U = E_{\text{反}} + I_{\text{枢}}(R_{\text{枢}} + R_{\text{磁}}) \quad (1-2)$$

$$E_{\text{反}} = C_e \Phi n \quad (1-3)$$

将式(1-3)代入式(1-2)

$$U = C_e \Phi n + I_{\text{枢}}(R_{\text{枢}} + R_{\text{磁}}) \quad (1-4)$$

$$n = \frac{U - I_{\text{枢}}(R_{\text{枢}} + R_{\text{磁}})}{C_e \Phi} \quad (1-5)$$

$$\text{因为} \quad M = C_m \Phi I_{\text{枢}} \quad (1-6)$$

$$\text{所以} \quad n = \frac{U}{C_e \Phi} - \frac{(R_{\text{枢}} + R_{\text{磁}})}{C_e C_m \Phi^2} M \quad (1-7)$$

式(1-7)表达了电动机的转速  $n$  与转矩  $M$  之间的关系,称为电动机的机械特性。

式中  $I_{\text{枢}}$  —— 电枢电流(A);

$R_{\text{枢}}$  —— 电枢电阻( $\Omega$ );

$\Phi$  —— 磁通;

$C_m$  —— 电动机转矩常数;

$U$  —— 电源电压(V);

$R_{\text{磁}}$  —— 磁场线圈电阻( $\Omega$ );

$C_e$  —— 电动机电势常数;

$n$  —— 转速(r/min);

$E_{\text{反}}$  —— 电枢产生的反电动势(V)。

串激式直流电动机的特性曲线如图 1-7 所示。串激式直流电动机在空载时转速很高,随着负载的增加,磁通也跟着增加,转速急剧下降。当负载进一步增加,即电流较大时,磁通  $\Phi$  几乎不再随电流的增加而增加,此时电动机转速下降较慢,机械特性曲线渐趋平直。

串激式直流电动机具有较好的机械特性,在低转速下扭矩很大,随着转速的升高,扭矩逐渐减小,这一特性很适合汽车发动机的起动的要求。

## 二、复激式直流电动机

在一些大功率的汽车发动机上采用复激式直流电动机。绝大多数复激式电动机的串激磁场线圈和并激磁场线圈极性相同,也称为加复激电动机,具有并激式电动机和串激式电动机所有的优

点。

并激式直流电动机在电源电压不变时,激磁电流变化很小,磁通密度变化较小;当负荷增加时,电动机的转速略有下降,反电动势也略减,所以电动机转速相当平稳。

复激式电动机的空载运行情况与并激式电动机一样,当负载逐渐增加使串激磁场逐渐加强后,其运行情况接近串激式电动机。它的机械特性曲线介于并激式直流电动机与串激式直流电动机之间,如图 1-8 所示。

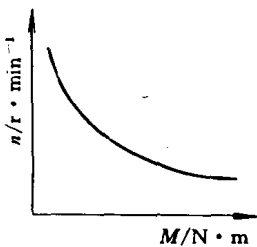


图 1-7 串激式直流电动机  
特性曲线

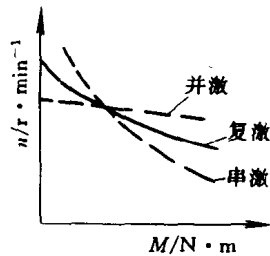


图 1-8 复激式电动机  
机械特性

复激式电动机中的并激磁场线圈可以使电动机有一定的磁通,因而在无负荷时具有稳定的转速。当负荷增大时,由于串激磁场线圈可以增加电动机的原有磁通,产生较大的转矩,因而可使转速降低。

各种复激式电动机串激磁场线圈和并激磁场线圈份额不一样。汽车电动机采用复激式电动机串激磁场线圈所占份额较大,以适应变化较大的负载。

### 第三节 电动机开关

电动机开关又称为电动机控制装置,一般有机械式(又称直接操纵式)和电磁式(又称电磁操纵式)两种。机械式开关直接装在电

动机机壳上,驾驶员在驾驶室踏下踏板或扳动拉杆,可以将开关闭合。电磁式开关在电动机机壳上装有电磁铁和开关触点,驾驶员在驾驶室按下电钮或打开电门开关,电磁铁将电动机开关触点闭合。

### 一、机械式开关

机械式开关具有构造简单、维修方便、工作可靠的特点,但操作不如电磁式方便。

机械式开关的构造如图 1-9 所示。在它的外壳上除了装有两个主接线柱 1 外,还有两个辅助接线柱 3。主接线柱 1 一个接蓄电池正极,另一个接电动机火线接线柱;辅助接线柱 3 分别接点火线圈起动开关接线柱和点火开关接线柱,其作用是在起动时将点火线圈的附加电阻短路,点火线圈能产生较强的火花,起动后附加电阻重新串入点火线圈初级电路,使点火线圈不致过热。

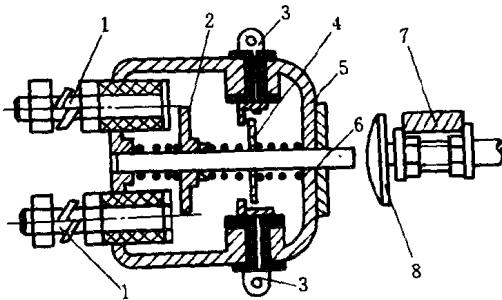


图 1-9 机械式开关

1—主接线柱;2—主接触盘;3—辅助接线柱;4—辅助接触盘;

5—外壳;6—顶杆;7—传动叉;8—推片。

当踩下电动机开关踏板时,辅助接触盘 4 先将辅助接线柱 3 接通,低压电流经过两辅助接线柱 3、辅助接触盘 4 接通点火线圈初级线圈;主接触盘 2 略迟瞬间接通主接线柱 1,电流流入电动机。松开踏板时,在回位弹簧的作用下,主接触盘 2 和辅助接触盘 4 都回到原来位置,使两对接线柱都处于常开状态。

## 二、电磁式开关

电磁式开关与机械式开关的主要区别在于电动机拨叉的运动和电动机主电路是由电磁开关控制的,其结构原理如图 1-10 所示。

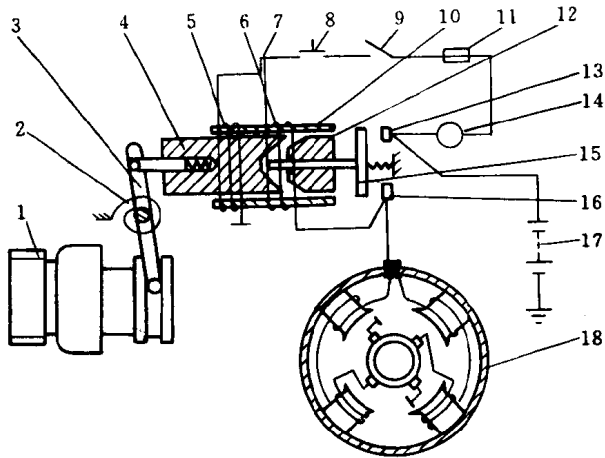


图 1-10 电磁开关结构原理图

- 1—驱动齿轮;2—回位弹簧;3—拨叉;4—活动铁心;5—保持线圈;6—吸引线圈;  
7、13、16—接线柱;8—起动按钮;9—电源开关;10—铜套;11—保险丝;  
12—挡铁;14—电流表;15—接触盘;17—蓄电池;18—电动机。

在铜套上绕有吸引线圈 6 和保持线圈 5,吸引线圈 6 串联于直流电动机主电路中,保持线圈 5 一端与吸引线圈 6 同接于接线柱上,另一端搭铁。在铜套内装有活动铁心 4,它与拨叉 3 相连。挡铁 12 中心装有推杆,可以带动铜质接触盘 15,以接通和切断电动机的主电路。

起动发动机时,接通开关,按下按钮,蓄电池电流分两路进入电磁开关:一路由蓄电池正极→接线柱 13→电流表 14→电源开关 9→起动按钮 8→接线柱 7→保持线圈 5→搭铁→蓄电池负极;另一路由蓄电池正极→接线柱 13→电流表 14→电源开关 9→起动



按钮 8→接线柱 7→吸引线圈 6→接线柱 16→电动机磁场线圈、电枢线圈→搭铁→蓄电池负极。这时活动铁心 4 在两个线圈磁力的共同作用下,克服回位弹簧 2 的作用力而向右行,一方面推动驱动齿轮 1,使其与飞轮齿环啮合(同时电流经吸引线圈 6 流向电动机的磁场线圈和电枢线圈,电动机电枢缓慢旋转,与飞轮齿环作无冲击啮合),另一方面压向接触盘 15,将接线柱 13、16 接通。于是蓄电池电流流向电动机磁场线圈和电枢,产生很大的扭矩,带动曲轴旋转起动发动机。同时吸引线圈 6 被短路,活动铁心 4 靠保持线圈 5 的吸力将电磁开关保持在闭合位置。

发动机起动后,放松起动按钮 8,保持线圈 5 中的电流被切断,活动铁心 4 在回位弹簧 2 的作用下回复原位,驱动齿轮 1 退出,接触盘 15 回位,切断了电动机主电路,电动机便停止运转。

#### 第四节 带有继电器的电磁开关电路

在电动机电磁开关电路中,继电器有两大功能:

①由于在起动发动机时,在起动电路中以点火开关的起动档来控制电动机的电磁开关,通过点火开关的电流强度较大,为了保护点火开关不被烧坏,在电路控制系统增加了一个继电器。

②发动机起动后,若未能及时断开起动开关,可能导致电枢因超速而损坏;在发动机工作时,若不慎将电动机开关再次接通,会造成电动机驱动齿轮与飞轮齿的撞击。

为了防止上述现象的发生,现代汽车一般都用继电器作为保护装置,以提高电动机的可靠性和寿命。

##### 一、单联继电器

其构造如图 1-11 所示,由铁心线圈、触点、触点臂,支架等组成。单联继电器有四个接线柱,从左起第一个是电动机电磁开关接线柱,第二个接蓄电池,第三个接发电机电枢接线柱,第四个接点火开关。