零点起步——技术工人维修技能速成丛书

电机维修速成图解

王吉华　主编

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

图书在版编目(CIP)数据

电机维修速成图解/王吉华主编. —南京:江苏科学技术出版社,2008.7

(零点起步)

ISBN 978-7-5345-6030-9

Ⅰ. **电…** Ⅱ. **王…** Ⅲ. **电机-维修-图解** Ⅳ. TM307-64

中国版本图书馆 CIP **数据核字(**2008**)第** 071978 **号**

电机维修速成图解

主　　编	**王吉华**
责任编辑	**汪立亮**
特约编辑	**汪云梅**
责任校对	**郝慧华**
责任监制	**张瑞云**

出版发行	**江苏科学技术出版社(南京市湖南路** 47 **号,邮编:** 210009)
网　　址	http://www.pspress.cn
集团地址	**凤凰出版传媒集团(南京市中央路** 165 **号,邮编:** 210009)
集团网址	**凤凰出版传媒网** http://www.ppm.cn
经　　销	**江苏省新华发行集团有限公司**
照　　排	**南京展望文化发展有限公司**
印　　刷	**南京通达彩印有限公司**

开　　本	787 mm×1 092 mm 1/32
印　　张	10.625
字　　数	310 000
版　　次	2008 **年** 7 **月第** 1 **版**
印　　次	2008 **年** 7 **月第** 1 **次印刷**

标准书号	ISBN 978-7-5345-6030-9
定　　价	21.00 **元**

图书如有印装质量问题,可随时向我社出版科调换。

内 容 提 要

本书系统地介绍了电机结构特点、电机维修常用工具及仪器、电机维修常用电工材料等基础知识，突出介绍了直流电机、单相异步电动机、三相异步电动机、同步电机、微控电机及特种电动机的使用与维修等内容。

本书叙述通俗易懂，内容丰富，书中介绍的大量维修经验、新工艺和新方法，在维修实践中非常实用。本书可供具有初中以上文化程度的电机修理人员、工厂和农村电机维修人员阅读，也可供电气技术人员、设备管理人员学习、参考。

Forword 前　言

电机是国民经济中应用最广泛的一种动力设备、发电设备和自动控制元件。随着工农业生产和国防事业的迅速发展，自动化程度的日益提高，以及家用电器的日益普及，电机的品种和产量日益增加，对电机的性能和质量提出了越来越高的要求。与此同时，电机的维修量也随之增大，其维修技术要求也越来越高。为了帮助广大技术工人，特别是中青年技术工人提高操作技能和技术水平，我们组织编写了《电机维修速成图解》。

《电机维修速成图解》一书是根据国家职业技能鉴定标准的初、中级技术工人等级标准及职业技能鉴定规范编写的。本书系统地介绍了电机结构特点、电机维修常用工具及仪器、电机维修常用电工材料等基础知识，突出介绍了直流电机、单相异步电动机、三相异步电动机、同步电机、微控电机及特种电动机的使用与维修等内容。本书叙述通俗易懂，内容丰富，书中介绍的大量维修经验、新工艺和新方法，在维修实践中非常实用。本书可供具有初中以上文化程度的电机修理人员、工厂和农村电机维修人员阅读，也可供电气技术人员、设备管理人员学习、参考。

本书由上海电机设备有限公司组织编写，王吉华高级工程师为主编。本书在编写过程中得到上海机电设备有

限公司及上海机电学院的大力支持和帮助，同时参考了大量的图书出版物和企业培训资料，在此向上述作者和有关企业表示衷心感谢和崇高敬意！

因编者水平有限，加上时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编　者

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　　录

第一章　电机维修基础知识 …… 1
第一节　电磁基本知识 …… 1
一、电磁基本现象 …… 1
二、正弦交流电 …… 7
三、三相交流电 …… 11
第二节　电机实用技术基础 …… 15
一、电机的分类与产品型号 …… 15
二、电机的结构组成 …… 17
三、电机的正确选用 …… 21
四、电机的安装与调整 …… 25
第三节　电机维修常用工具及仪器 …… 30
一、电机维修常用量具和工具 …… 30
二、电机维修常用仪表 …… 40
第四节　电机维修常用电工材料 …… 48
一、导电材料 …… 48
二、绝缘材料 …… 56
三、铁磁材料 …… 64

第二章　直流电机的维修 …… 65
第一节　直流电机的结构原理 …… 65
一、直流电机的基本工作原理 …… 65
二、直流电机的基本结构组成 …… 66
三、直流电机的铭牌数据和型号 …… 67

第二节　直流电动机的维修 …… 71
一、直流电动机的维护 …… 71
二、直流电动机的检修 …… 74
三、直流电动机常见故障及处理 …… 80
四、直流电动机的修理 …… 82
第三节　直流电机拆装和试验 …… 93
一、直流电机的拆装 …… 93
二、直流电机修复后的试验 …… 109

第三章　单相异步电动机 …… 114
第一节　单相异步电动机的结构原理 …… 114
一、单相异步电动机的工作原理 …… 114
二、单相异步电动机的基本结构 …… 118
第二节　单相异步电动机的维修 …… 123
一、单相异步电动机的使用与维护 …… 123
二、单相异步电动机常见故障的分析 …… 124
三、单相电动机绕组的修理 …… 126
第三节　单相交流异步电动机的试验 …… 136
一、单相串励电动机的检验 …… 136
二、单相异步电动机其他检查试验 …… 138

第四章　三相异步电动机 …… 139
第一节　三相异步电动机的结构原理 …… 139
一、产品分类及铭牌 …… 139
二、三相异步电动机的基本结构 …… 141
三、三相异步电动机的运行原理 …… 144
四、三相异步电动机的性能指标 …… 145
第二节　三相异步电动机的维修 …… 147
一、交流异步电动机的运行维护 …… 147
二、三相异步电动机常见故障及处理 …… 153

三、定子绕组的检修 …… 156
四、转子绕组故障的处理 …… 164
五、铁芯故障及修理 …… 166
六、转轴故障及修理 …… 172
七、滚动轴承的代用 …… 181
八、三相异步电动机的拆装和修复后的试验 …… 191
第三节　三相交流电机绕组的重绕修理 …… 196
一、填写原始记录卡 …… 196
二、判别三相定子绕组接线方式 …… 198
三、拆除旧绕组的方法 …… 200
四、清理铁芯 …… 200
五、绕制线圈 …… 200
六、嵌线 …… 202
七、接线 …… 215
八、电动机绝缘浸渍烘干处理 …… 220

第五章　同步电机 …… 224
第一节　同步电机的结构特点 …… 224
一、同步电机的特点 …… 224
二、同步电机的分类 …… 225
三、同步电机的基本结构 …… 227
四、同步电机的额定值 …… 229
五、同步发电机与同步电动机 …… 230
第二节　同步电机的维修 …… 234
一、同步发电机常见故障及处理 …… 234
二、同步电动机的常见故障及处理 …… 238

第六章　微控电机 …… 246
第一节　常用微控电机介绍 …… 246
一、测速发电机 …… 246

二、伺服电动机 …… 250
三、旋转变压器 …… 254
四、自整角机 …… 256
五、步进电动机 …… 260
第二节　微控电机的维修 …… 262
一、直流伺服电动机常见故障及处理 …… 262
二、交流伺服电动机常见故障及处理 …… 263
三、测速发电机常见故障及处理 …… 265
四、旋转变压器修理要点和使用 …… 268
五、自整角机常见故障及处理 …… 273
六、步进电动机常见故障及处理 …… 274

第七章　特殊电动机 …… 278
第一节　家用洗衣机电动机 …… 278
一、波轮式洗衣机电动机 …… 278
二、滚筒式洗衣机电动机 …… 282
三、洗衣机电动机常见故障及维修 …… 284
第二节　电冰箱与空调器压缩机电动机 …… 285
一、压缩机电动机分类及结构 …… 285
二、压缩机电动机定子绕组结构 …… 288
三、压缩机电动机常见故障及维修 …… 293
第三节　吸尘器电动机 …… 294
一、吸尘器电动机结构 …… 294
二、吸尘器电动机拆装 …… 298
三、吸尘器电动机常见故障及维修 …… 302
第四节　电钻的检修 …… 304
一、单相电钻的结构与特性 …… 304
二、单相电钻的常见故障与排除 …… 305
三、电钻的技术数据 …… 307
四、电钻的修理 …… 307

第五节　交直流电焊机的修理 …… 312
一、交直流电焊机的特性 …… 312
二、直流电焊机的修理 …… 313
三、交流电焊机的修理 …… 316

第八章　电机修复后的试验 …… 320
第一节　试验前的检查 …… 320
第二节　绕组冷态直流电阻的测定 …… 320
第三节　绝缘试验 …… 321
一、绝缘电阻的测量 …… 322
二、绝缘耐压试验 …… 322
第四节　空载试验 …… 324
第五节　温升试验 …… 325
一、互馈试验法 …… 325
二、用空载法间接测定绕组的温升 …… 326
第六节　超速试验和短时电流过载试验 …… 327
第七节　换向故障的检查 …… 327
第八节　确定变压系数 …… 327

第一章

电机维修基础知识

在电机修理的实践中，时刻都要接触到各种电磁现象，为了用理论来指导和解决电机修理实践中的各种问题，我们必须了解和掌握这些电磁现象。本章对其中一些基本的规律性的认识作一简单介绍。

第一节　电磁基本知识

一、电磁基本现象

1. 磁现象和磁的性质

大家都很熟悉永久磁铁有以下两个基本的特性：

① 有两个磁极，即北极（也称为 N 级）和南极（也称为 S 级）永远同时存在。

② 同极性相斥，异极性相吸。

如果在一条形磁铁上面放块玻璃或纸板，然后撒一些铁屑，就会看到铁屑因受到磁铁的引力，排成如图 1－1 所示的线条。很明显，在磁铁周围的一定范围内，铁屑受到磁铁磁性的影响。磁铁所能影响的范围，就是我们经常所说的磁铁的磁场。

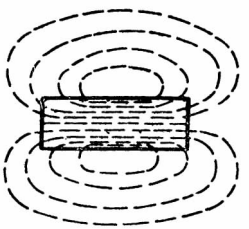


图 1－1

铁屑在磁场中会有规律地排列成线条，给我们提示了一个用形象化的方法来描绘磁场，这就是画磁力线。虽然磁力线

需要全本请访问 www.ertongbook.com

仅是一种假想的概念，但它能直观地、有效地帮助我们进行大量电磁现象和电磁过程的分析研究，因此，它是分析电机磁场的一个有效的工具。

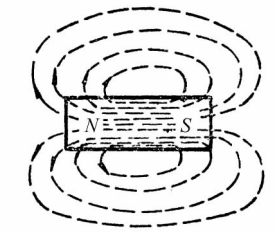


图 1－2

从上面介绍的一些磁现象，人们从实践经验中得出磁力线有以下的特点：

① 在磁铁外部，磁力线总是由北极发出，而进入南极；在磁铁内部，再由南极又回到北极。因此，磁力线总是无头无尾，构成一个闭合的环路，如图 1－2 所示。

② 磁力线像有弹性的橡皮筋一样，具有缩短自己长度的倾向，这就是异性磁极相吸的原因，如图 1－3 所示。

③ 磁力线互不交叉，并具有互相向侧面排斥的倾向，这就是同性磁极相斥的原因，如图 1－4 所示。

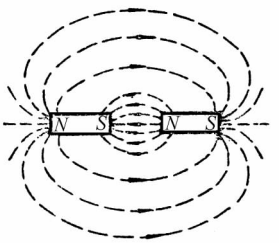


图 1－3

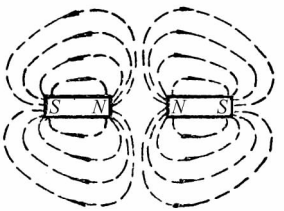


图 1－4

④ 磁力线的疏密程度通常表明了磁场的强弱：在磁场强的地方磁力线比较密；在磁场较弱的地方磁力线比较疏；磁场均匀的地方，磁力线疏密均匀并互相平行。

前面讲到，磁极会发出许多磁力线，而且磁力线是一根一根的线条，为了定量地进行分析，我们引入磁通这个物理量。

磁通就是通过某一面积内的磁力线数。磁力线既然是一根一根的线条，所以磁通可以用多少根“线”来做单位。譬如，像图 1－5 所示那样，若有一万根磁力线通过该垂直面，我们就可以说这个磁极的磁通为一万线。除线这个单位外，磁通还有别的单位，其中“马克士威”(简称“马”，P) 和

“韦伯”(简称“韦”,Wb)是最通用的单位。它们两者有如下关系：

$$1\text{Wb} = 10^8\text{P}$$

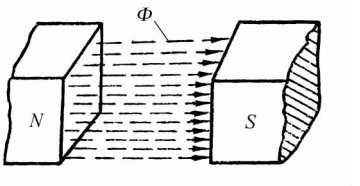


图 1－5

磁通有时不能完全说明问题，因为磁通是通过某一面积的磁力线的总和，不能说明在这一面积上磁力线分布的疏密情况，所以有必要用单位面积的磁力线数来表示。单位面积内通过的磁力线数(该面积与磁通垂直)，就叫做磁通密度。

磁通一般用字母 Φ 代表，磁通密度一般用字母 B 代表，如用 S 表示磁通所通过的垂直面积，那么磁通密度可写成：

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

式中，B——磁通密度，Wb/m^2；

Φ——磁通，Wb；

S——磁通所通过的垂直面积，m^2。

如果磁通用 P 做单位，面积用 cm^2 做单位，那么磁通密度的单位就是 P/cm^2。P/cm^2 一般都是用“高斯”(Gs)这个单位来代表，因为 $1\text{ Wb} = 10^8\text{ P}$，$1\text{ m}^2 = 10^4\text{ cm}^2$，所以

$$1\text{ Wb}/\text{m}^2 = \frac{10^8}{10^4}\text{P}/\text{cm}^2 = 10^4\text{Gs}$$

在国际单位制中，磁通密度单位的新名称叫“特斯拉”，简称为“特”(T)。磁通密度各单位之间的转换关系为

$$1\text{ T} = 1\text{ Wb}/\text{m}^2 = 10^4\text{Gs}$$

2. 电磁感应现象

科学实验证明了磁和电是一对矛盾，有着非常密切的联系。在一定条件下，磁可以生电，电也可以生磁。首先我们来谈一谈磁怎样生电，请大家看下面的实验：

把一根导体两端接一个电流表，构成闭合回路，当导体在磁场中做切

割磁力线运动时，电流表指针发生偏转，如图 1－6 所示。

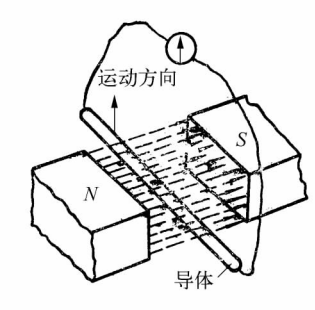


图 1－6

以上试验表明，当导体切割磁力线或者在导体周围的磁场发生变化时，就会在导体中产生推动电流的力量，这种现象叫做电磁感应，推动电流的力量叫做感应电动势，通常用字母 e 来代表。

导体中感应电动势的大小决定于：

① 磁场的磁通密度 B。因为磁通密度 B 越大，在一定时间内导线切割的磁通也越多。

② 导线在磁场中的运动速度 v。因为导线的运动速度越高，在一定时间内导线切割的磁通就越多。

③ 导线的有效长度 l（即位于磁场范围内的导线长度）。同样，因为导线越长，切割的磁通也越多。

所以，当磁通密度、导线和它的运动方向三者彼此互相垂直时，导体中感应电动势的大小等于磁通密度、导线的有效长度和导线的运动速度这三者的乘积，即

$$e = Blv$$

式中，B 的单位用 wb／m^2，l 的单位用 m，v 的单位用 m／s，则感应电动势 e 的单位用 V。但若各量的单位取为：B—Gs，l—cm，v—cm／s，而 e 的单位仍取用 V，则式 $e = Blv$ 应改为如下形式，即

$$e = Blv \times 10^{-8}$$

感应电动势的方向，采用发电机右手定则来确定，如图 1－7 所示。伸出右手，手掌朝向磁场的 N 极，即使磁力线穿过手心，使拇指指向导线运动方向，那么四指的指向就是感应电动势的方向。

感应电动势的大小还可以用另外的方法表示。如果将图 1－6 改为图 1－8 的形式，图中“＋”表示磁力线方向是流入纸面的，环路的 ab 边表示导线 l，若导线 l 在 Δt 的时间内均匀移动了 Δx 的距离到 cd 处，则穿过回路的磁通增加量为 $\Delta\Phi = B \cdot l \cdot \Delta x$。若将等式两边同时除以时间

Δt，则

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=Bl\,\frac{\Delta x}{\Delta t}=Blv=e'$$

式中的导体运动速度　　$v=\dfrac{\Delta x}{\Delta t}$

所以　　$e'=\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

式中，$\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ——单位时间内穿过回路的磁通的变化量，通常称为磁通变化率。

上述闭合回路相当于一匝线圈，即匝数 $W=1$，若穿过 W 匝的线圈的磁通发生变化时，则每匝都将产生感应电势，所以总感应电势将为一匝线圈的 W 倍，即

$$e=W\,\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

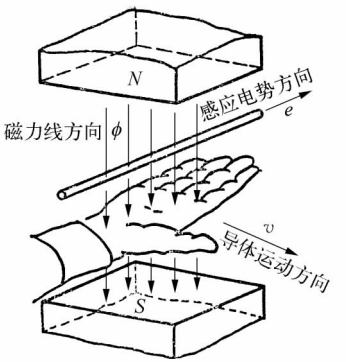


图 1－7

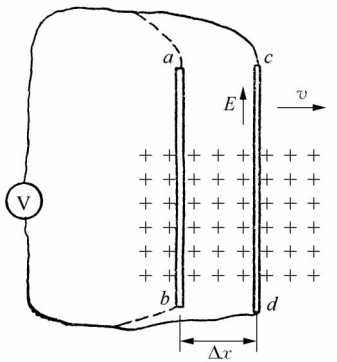


图 1－8

3．直流发电机的原理和直流电路

直流发电机就是根据导线在磁场中运动切割磁力线而感应出电动势的原理制成的。图 1－9 表示直流发电机的原理图，在磁场中转动的转子表面分布着很多线圈，现为简化图面仅画出其中一匝来说明其原理。转

子在磁场中可自由旋转，转子上的线圈两端接有两个铜的半环 1 和 2，两个半环之间是互相绝缘的，电刷 5 压在两个半环上。当外力拖动转子旋转时，线圈的边 3 和边 4 将切割磁力线而产生感应电势。因为导体 3 和 4 交替在 N 极和 S 极下，所以导体中感应的电势方向是交变的，但由于半环的作用，使电刷始终与固定极面下的导体联接，所以从电刷引出的是方向不变的电流，这就是通常所说的直流电。由于半环的存在，将方向交变的电流变成为方向不变的电流，所以我们称半环为换向器（或整流子）。

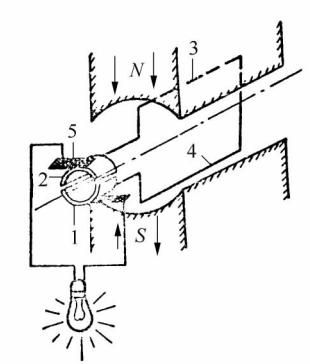


图 1－9

但是，在工程上实际应用的直流发电机，远不像图 1－9 所示的那样简单。为了满足实际上的需要，总是在转子上增加一些线圈，使它们均匀地分布在圆周上，并把它们适当地和换向器联接起来。

直流发电机一般作为直流电源，若把它和电灯等联接起来，就构成直流电路，如图 1－10 所示。图中 E 表示直流发电机发出的电势，R 表示负载电阻（电灯等），单位为欧姆（Ω）。在电势 E 的作用下，电路中将有电流通过，电流通常用字母 I 表示，单位为安培（A）。

大家知道，水是从高水位向低水位的地方流，两水位之差叫做水位差。同样在电路中，电流也是从高电位点流向低电位点，这两点间的电位之差，称为电位差，通常我们把电位差叫做电压。例如图 1－10 中，a、b 两点间的电位差就是 a、b 两点间的电压。电压通常用字母 U 表示，单位为伏特。

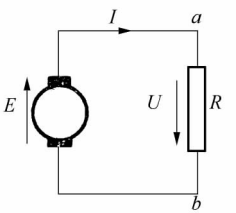


图 1－10

在图 1－10 所示的电路中，通过实验证明，流过电阻的电流 I 的大小与电阻两端的电压 U 成正比，与电阻 R 的大小成反比，可用数学式子表示如下：

$$I = \frac{U}{R}$$

上式是电工理论中的基本定律之一，就是通常所称的欧姆定律，对分析和计算电路有重大意义。

二、正弦交流电

现代工业、农业、交通运输业、通讯业等所需要的电气设备，大都采用交流电。即使在需要直流电的场合，往往也是将交流电通过整流设备变换为直流电，如各种电子仪器中的直流电源、直流电动机的电源、交流发电机的可控硅励磁等。

交流电之所以得到这样广泛的应用，主要是因为它在生产、输送和使用方面比直流电优越得多。首先，在交流电路中，可以应用变压器将电压升高或降低。输电时，将电压升高，扩大电能的输送距离而且损耗小；用电时，再将电压降低，既能保证安全，又能降低对设备绝缘水平的要求，减少用电设备的造价。其次，交流发电机和交流电动机的结构和制作工艺比直流电动机简单得多，造价比较便宜。所以，交流电在工业上占着很重要的地位。工业上用的交流电是按正弦规律变化的正弦交流电。

交流电，就是指大小和方向随着时间作周期性变化的电流。一般所用的交流电，都是按正弦规律变化的（图 1－11），其交变的电势或电压，也都是按正弦规律变化的。

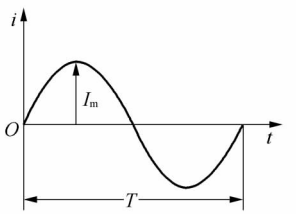


图 1－11　正弦电流的变化曲线

交变电流或电压完成一个循环的正负变化所需要的时间，叫做周期，用符号 T 表示；在每秒钟内所变化的周期次数，叫做频率，用符号 f 表示。根据以上定义，可以知道频率与周期之间存在着互为倒数的关系，即

$$f = \frac{1}{T} \text{ 或 } T = \frac{1}{f}$$

式中，周期的单位是秒（s），频率的单位是赫兹（简称赫，Hz）。1 Hz 就是每秒的变化为一周期。我国工业上采用的频率是 50 Hz，习惯上叫工频。

交变电流或电压的大小及方向，总是随着时间而变化的，所以在每一

需要全本请访问 www.ertongbook.com