

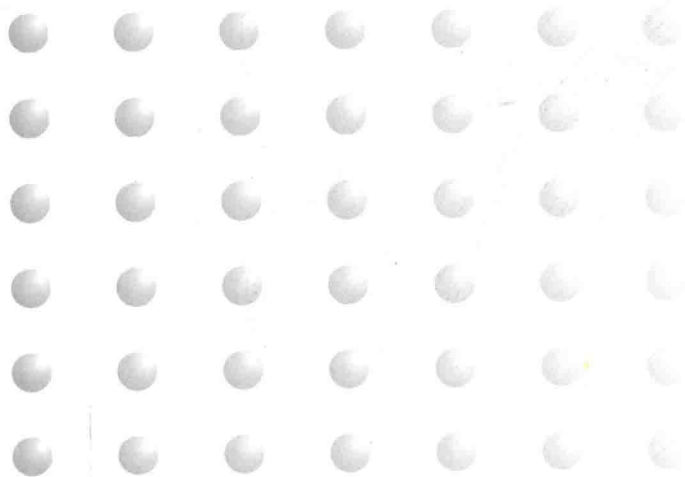


高等职业教育教学改革“十二五”规划教材

电机运行维护与故障处理



主编 张桂金



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等职业教育教学改革“十二五”规划教材

电机运行维护与故障处理

主 编 张桂金

副主编 张 芬

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书分为六个项目,分别为直流电机、变压器、三相异步电动机、其它电机、电动机的选择和三相异步电动机综合实训。

本书在内容选择上以高职高专学生的认知能力和培养目标为原则,突出企业生产实际的需要,列举了大量的应用实例,并结合从业人员在生产实践中遇到的故障现象,分析其存在的可能原因及对应的处理方法,加以分类总结,重点培养学生的动手操作能力。

通过本书的学习,学生可具备直流电机、变压器、三相异步电动机及其它电机的安装、运行维护、故障诊断与分析处理以及电动机选择等方面的知识和能力。

本书适合作为高职高专院校电气自动化、机电一体化、生产过程自动化等专业的教材,也可作为企业电工的参考书或电工培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电机运行维护与故障处理/张桂金主编. —西安:西安电子科技大学出版社, 2013.2

高等职业教育教学改革“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2989-6

I. ① 电… II. ① 张… III. ① 电机维护—高等职业教育—教材 ② 电机—故障修复—高等职业教育—教材 IV. ① TM30

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 023803 号

策 划 毛红兵

责任编辑 雷鸿俊 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2013 年 2 月第 1 版 2013 年 2 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 18.5

字 数 437 千字

印 数 1~3000 册

定 价 28.00 元

ISBN 978-7-5606-2989-6/TM

XDUP 3281001-1

如有印装问题可调换

前 言

本书主要适用于高职高专院校电气自动化、机电一体化等相关专业，包括六个项目，即直流电机、变压器、三相异步电动机、其它电机、电动机的选择及三相异步电动机综合实训。

为了体现高职高专教学以就业为导向的特点，同时也为了将学生培养成技术应用型人才，笔者在编写本书的过程中，力求使内容通俗易懂、涉及面广，将理论与实践有机地结合起来，重点突出实践项目，侧重于对电机、变压器等电气设备的检查、维护及故障处理等相关内容的介绍，旨在提高学生分析和解决实际问题的能力。

本书由西安航空职业技术学院张桂金担任主编，西安航空职业技术学院张芬担任副主编，其中项目一和项目二由张芬编写，项目三到项目六及附录由张桂金编写，编者均具有多年电气设备现场维护及“电机及拖动”理论教学的经验。本书层次分明，简明扼要，实用性强，能满足一体化教学的需要。

本书在编写过程中得到了学院领导和同行们的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。同时也对资料作者表示感谢！

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2012 年 10 月

目 录

项目一 直流电机	1
任务一 直流电机的认识	1
活动 1 直流发电机和直流电动机的基本工作原理	1
活动 2 直流电机的基本结构	4
活动 3 直流电机主要部件的故障检查与处理	11
任务二 直流电机的换向	18
活动 直流电机的换向过程、影响换向的原因及改善换向的方法	18
任务三 他励直流电动机的应用	22
活动 1 他励直流电动机的启动和正反转	22
活动 2 他励直流电动机的调速	25
活动 3 他励直流电动机的制动	30
任务四 直流电机的运行维护与故障处理	35
活动 1 直流电机的拆装、检查与嵌线	35
活动 2 直流电机的运行维护	42
活动 3 直流电机的常见故障与处理	46
项目二 变压器	50
任务一 变压器的认识	50
活动 1 变压器的基本工作原理	50
活动 2 电力变压器的基本结构	52
活动 3 变压器主要部件的故障检查与处理	56
任务二 三相变压器	59
活动 1 三相变压器的两种形式及绕组的连接方法	59
活动 2 三相变压器的并联运行	62
任务三 变压器的应用	64
活动 1 自耦变压器	64
活动 2 仪用互感器	66
任务四 变压器的运行维护与故障处理	69
活动 1 变压器的拆装与检查	69
活动 2 变压器的运行与维护	72
活动 3 变压器的常见故障与处理	76
项目三 三相异步电动机	79
任务一 三相异步电动机的认识	79

活动 1	三相异步电动机的工作原理	79
活动 2	三相异步电动机的基本结构	82
活动 3	三相异步电动机主要部件的常见故障与处理	87
任务二	三相异步电动机的启动	96
活动 1	三相笼型异步电动机的启动	96
活动 2	三相绕线转子异步电动机的启动	102
任务三	三相异步电动机的调速	105
活动 1	三相笼型异步电动机的调速	105
活动 2	三相绕线转子异步电动机的调速	110
任务四	三相异步电动机的制动	112
活动	三相异步电动机的制动	112
任务五	三相异步电动机的运行维护与故障处理	116
活动 1	三相异步电动机的选配、安装及检查试车	116
活动 2	三相异步电动机运行维护与故障处理	122
活动 3	三相异步电动机的常见故障与处理	133
项目四	其它电机	146
任务一	单相异步电动机	146
活动 1	单相异步电动机的认识	146
活动 2	单相异步电动机的常见故障与处理	150
任务二	三相同步电动机	158
活动 1	三相同步电动机的认识	158
活动 2	三相同步电动机的常见故障与处理	162
任务三	控制电机	163
活动 1	伺服电动机	164
活动 2	伺服电动机的常见故障与处理	168
活动 3	步进电动机的结构与工作原理	171
活动 4	步进电动机的常见故障与处理	174
活动 5	直线异步电动机的结构与工作原理	176
活动 6	直线异步电动机的常见故障与处理	178
活动 7	测速发电机	180
项目五	电动机的选择	184
任务	电动机类型、结构及容量的选择	184
活动 1	电动机类型、结构、额定电压及额定转速的选择	184
活动 2	电动机容量的选择	186
项目六	三相异步电动机综合实训	190
实训一	实训的基本要求	190

实训二	实训常用工器具及材料的认识	191
实训三	三相异步电动机定子绕组的认识	199
实训四	三相异步电动机的拆卸	211
实训五	三相异步电动机定子线圈的绕制	222
实训六	三相异步电动机线圈重绕后的嵌线	225
实训七	三相异步电动机重绕线圈的连接与焊接	233
实训八	三相异步电动机重绕后的检验	239
实训九	三相异步电动机嵌线后的浸漆与整机检验	257
实训十	三相异步电动机的装配	264
附录 1	三相变压器连接组的表示方法	271
附录 2	三种工作制所对应的电动机容量的选择方法	274
附录 3	总复习题	277
参考文献		287



项目一 直流电机

直流电机是直流发电机和直流电动机的总称。直流电机既可作为直流发电机，也可作为直流电动机，因此具有可逆性。用作直流发电机时，它将机械能转换成直流电能输出；用作直流电动机时，它将直流电能转换成机械能输出。直流电动机指的是采用直流电源(如干电池、蓄电池等供电)的电动机。直流电动机一般用在低电压要求的电路中，因为直流电源方便携带，如电动自行车、电脑风扇、收录机的电机等就是用直流电动机作直流电源的。直流发电机主要用作直流电源，为直流电动机、化学工业中的电解和电镀等提供电源，也可作为发电厂中同步发电机的励磁电源(即励磁机)。

虽然直流发电机和直流电动机的用途各不相同，但是它们的结构基本上一样，都是利用电和磁的相互作用来实现机械能与电能的相互转换。

与交流电动机相比，直流电动机的优点是：具有良好的启动性能(如启动转矩大)和调速性能以及较大的过载能力，并能在较宽的范围内平滑无级调速，还适宜于频繁启动。直流电动机的缺点是：存在电流换向困难、制造工艺复杂、有色金属消耗多、价格昂贵、运行可靠性差、维护比较困难、运行过程中容易产生火花等问题，因而在易燃易爆场合不宜使用。但无论如何，在许多工业部门，例如大型轧钢设备、大型精密机床、矿井卷扬机、市内电车、电缆设备等要求线速度严格一致的地方，通常都采用直流电动机作为原动机来拖动机械设备。

直流发电机通常作为直流电源，向负载输出电能；直流电动机则作为原动机带动各种生产机械工作，向负载输出机械能。由于直流电动机具有大的启动转矩和优越的调速性能，因此，在一些对电动机启动转矩有特殊要求的场合常用直流电动机。

任务一 直流电机的认识

活动1 直流发电机和直流电动机的基本工作原理

一、活动目标

- (1) 理解直流发电机的基本工作原理。
- (2) 理解并掌握直流电动机的基本工作原理。

二、活动内容

1. 直流发电机的基本工作原理

直流发电机是利用电磁感应定律，将机械能转换成电能的一种装置。根据电磁感应定



律可知,在磁感应强度为 B_x 的均匀磁场中,一根长度为 l 的导体以匀速 v 作垂直切割磁力线的运动时,就会在导体中产生感应电动势 e , e 的大小为:

$$e = B_x l v \quad (1-1)$$

图 1-1 是一台最简单的直流发电机的工作原理模型。N 和 S 为一对固定的磁极,两磁极之间有一个可以转动的圆柱体铁芯(称为电枢铁芯),在电枢铁芯表面的槽内安置了一个电枢线圈 $abcd$,线圈的两端分别焊接在两个相互绝缘的半圆弧形铜片(称为换向片)上,由换向片 1 和 2 就构成了最简单的换向器,换向片分别与固定不动的电刷 A 和 B 保持滑动接触,这样,旋转着的线圈就可以通过换向片、电刷与外电路接通,构成回路。

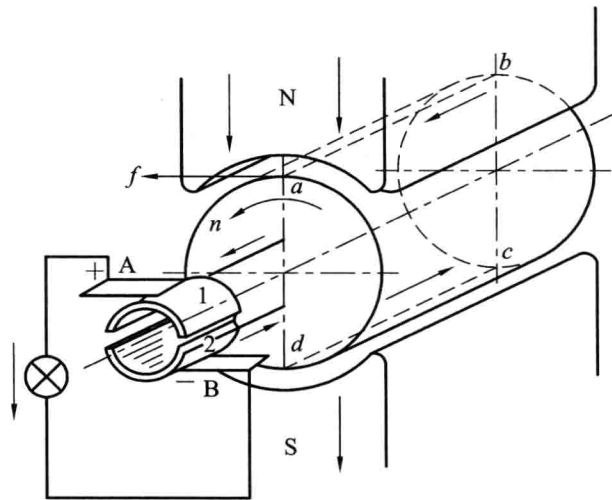


图 1-1 直流发电机工作原理模型图

在图 1-1 中,当原动机(泛指利用能源产生动力的一切机械)拖着电枢以一定的速度在磁场中按逆时针方向旋转时,根据电磁感应定律,线圈 ab 边和 cd 边切割磁力线产生感应电动势,其方向用右手定则确定。在图中所示的位置,线圈的 ab 边处于 N 极下,产生的感应电动势方向是从 b 指向 a 而引到电刷 A,所以电刷 A 的极性为正;同理可得电刷 B 的极性为负;对于整个线圈来说,此过程的电动势方向为 $d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$ 。反之,当电枢转过 180° ,即线圈的 ab 边与 cd 边互换位置后,每个边的感应电动势方向都要随之改变,于是,整个线圈的感应电动势方向变为 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$,因此线圈中的感应电动势是交变的。同时,电刷 A 由原来与换向片 1 接触,变为现在与换向片 2 接触,电刷 B 由原来与换向片 2 接触,变为现在与换向片 1 接触,这样,电刷 A 仍为正极,电刷 B 仍为负极。以上分析表明,当原动机拖动电枢线圈旋转时,线圈中的感应电动势方向不断改变,而通过换向器和电刷的作用,在电刷 A 和 B 间输出的电动势的方向是不变的,即为直流电动势。由此可见,电刷 A 总是与旋转到 N 极下的导体接触,可以得出电刷 A 总是正极性,而电刷 B 总是与旋转到 S 极下的导体接触,可以得出电刷 B 总是负极性,故在电刷 A、B 之间得到直流电动势。若外电路接上负载,且构成闭合回路,就有电流从正极 A 流出,经负载流向负极 B,发电机就能向负载输出直流电流。这就是直流发电机的基本工作原理。



2. 直流电动机的工作原理

直流电动机是利用电磁力定理, 将电能转换成机械能的一种装置。若磁感应强度为 B_x 的磁场与长度为 l 的导体互相垂直, 且该导体中通过的电流为 i , 则作用于载流导体即通电导体 l 上的电磁力 f 为:

$$f = B_x li \quad (1-2)$$

图 1-2 是一台最简单的直流电动机的工作原理模型。通过观察可知, 直流电动机的工作原理模型实际上就是在直流发电机的工作原理模型中的 A、B 两电刷之间施加一直流电源。在图示位置中, 电流从电源的正极流出, 经过电刷 A 及换向片 1 流入电动机线圈, 电流方向是 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$, 然后再经过换向片 2 及电刷 B 流回到电源负极。根据电磁力定律, 线圈边 ab 和 cd 在磁场中受到磁场力的作用, 其方向可用左手定则确定, 如图中所示。由众多的电磁力形成的电磁转矩施加在电动机轴上使电枢按逆时针方向旋转。

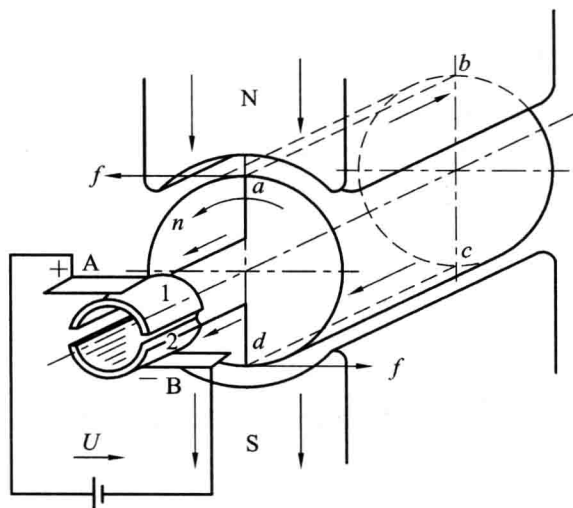


图 1-2 直流电动机工作原理模型图

电枢转过 180° , 电流流经的路径是通过电刷 A、换向片 2、线圈边 dc 和 ba , 最后经过换向片 1 及电刷 B 回到电源的负极。线圈中的电流方向为 $d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$ 。因此流经线圈中的电流方向改变了, 这样导体所受的电磁力方向才能不变, 从而保证电动机始终沿着一个固定的方向旋转。

通过以上分析可知, 一个线圈边从一个磁极下转到另一个相邻的异性磁极下时, 流过线圈的电流方向就改变一次, 而电枢的转动方向仍保持不变。改变线圈中的电流方向是由换向器和电刷来完成的。

当线圈中通过电流时, 处在磁场中的线圈因受到电磁力而转动, 众多的电磁力形成电磁转矩从而带动整个电枢旋转, 通过转轴便可带动生产机械运转。这就是直流电动机的工作原理。实际的直流电动机中, 有许多线圈按一定的规律牢固地嵌在电枢铁芯槽中。



综上可知,一台直流电机既可以作为直流发电机,也可以作为直流电动机,这主要取决于外部条件。若用原动机拖动电枢旋转,输入机械能,电机就将机械能转换为直流电能,作为发电机运行。若将直流电源加在电刷两端,电机就能将直流电能转换为机械能,作电动机运行。这种运行状态的可逆性即为直流电机的可逆原理。实际的直流发电机和直流电动机在结构制造上是稍有区别的,这主要是考虑到直流发电机与直流电动机不同的运行性能和不同的场合要求,因此并不像理论上分析的那样完全可逆。

三、活动小结

直流电机的工作原理是建立在电磁感应定律和电磁力定律的基础之上的。在不同的外部条件下,电机中能量转换的方向是可逆的。如果从轴上输入机械能,且当电枢绕组的感应电动势大于电枢绕组的端电压时,电机就运行于发电状态,向外电路输出电能;如果从电枢输入电能,且当电枢绕组的感应电动势小于电枢绕组的端电压时,电机就运行于电动状态,从轴上输出机械能。

四、活动回顾与拓展

- (1) 简述直流发电机的基本工作原理。
- (2) 简述直流电动机的基本工作原理。如何改变直流电动机的转向?
- (3) 直流电机的换向器在直流发电机和直流电动机中各起什么作用?
- (4) 直流发电机和直流电动机中的电磁转矩的作用是否相同?为什么?
- (5) 如何判断直流电机是处于发电运行状态还是处于电动运行状态?
- (6) 查找相关资料或预习相关内容,以熟悉直流电动机电磁转矩的表达式。

活动2 直流电机的基本结构

一、活动目标

- (1) 理解并掌握直流电机的基本结构和各主要部件的作用。
- (2) 理解铭牌数据的含义。

二、活动内容

1. 直流电机的基本结构

直流电机由两个主要部分组成:

- (1) 静止部分,即定子;
- (2) 转动部分,即转子,通称电枢。

在定子与转子之间有一定的间隙,称为气隙。

图 1-3 是一台直流电机的半剖面结构图,图 1-4 是直流电机主要部件结构图,图 1-5 是直流电机的径向剖面示意图。下面分别介绍直流电机两大组成部分和各主要部件的结构及其作用。

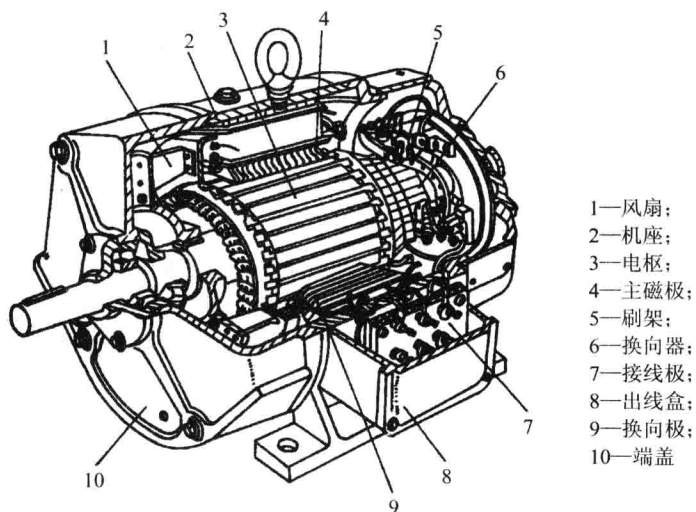


图 1-3 直流电机的半剖面结构图

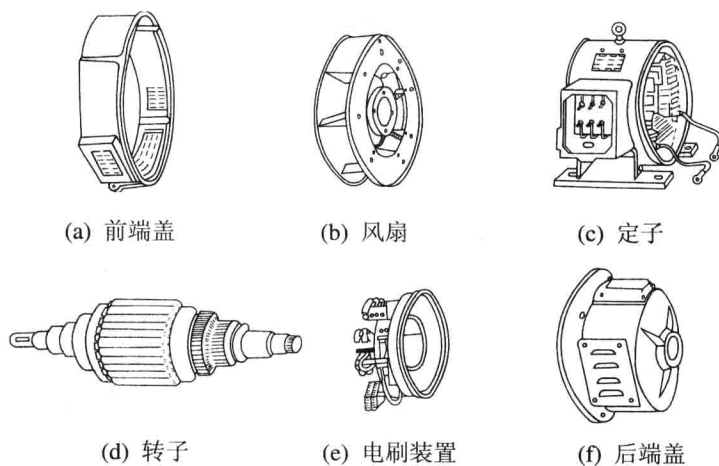


图 1-4 直流电机主要部件结构图

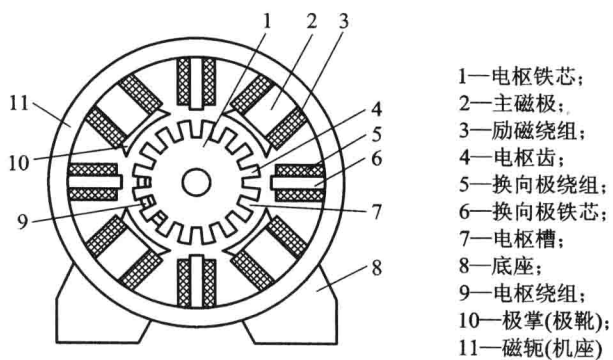


图 1-5 直流电机的径向剖面示意图



1) 定子部分

定子的作用是产生磁场并作为电机的机械支架。定子主要由主磁极、换向极、电刷装置、机座、端盖和轴承等部件组成。

(1) 主磁极。主磁极的作用是产生气隙磁场。主磁极又由主磁极铁芯和励磁绕组两部分组成。主磁极所产生的气隙磁场分布如图 1-6 所示。主磁极铁芯一般用 1 mm~1.5 mm 厚的低碳钢板冲片叠压而成，主磁极铁芯的柱体部分称为极身，靠近气隙一端较宽的部分称为极靴，极靴与极身交界处形成一个突出的肩部，用以支撑励磁绕组；极靴沿表面处做成弧形，使极下气隙磁通密度分布更合理。整个主磁极用螺杆固定在机座上。励磁绕组通常用绝缘铜线或绝缘铝线制成一个集中的线圈，套在磁极铁芯外面。绕组与铁芯之间垫有绝缘材料。

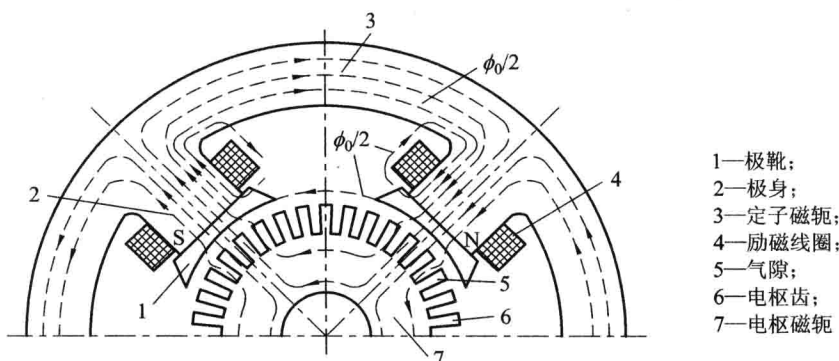


图 1-6 直流电机空载时的气隙磁场分布图

主磁极产生气隙磁场的过程为：当给励磁绕组中通入直流电流后，铁芯就成为一个固定极性的磁极，即可产生励磁磁通，并在气隙中建立励磁磁场，该磁场在直流电机处于空载(即直流电机不带负载)时，所产生的磁通势 $F_f = N_f I_f$ (其中， N_f 为励磁绕组的匝数， I_f 称为励磁电流，即流经励磁绕组上的电流)全部降落在气隙和铁磁材料这两大部分之中，也就是说励磁磁通势 F_f 是由气隙磁通势 F_δ 和铁磁材料磁通势 F_{Fe} ($F_f = F_\delta + F_{Fe}$) 两大部分组成的。虽然气隙长度在整个闭合回路中只占很小的一部分，但是，由于气隙的磁导率远比铁磁材料的磁导率小得多，所以气隙的磁阻大，可以认为，磁路的励磁磁通势 F_f 几乎全部消耗在气隙部分(即 $F_f \approx F_\delta$)。因此，把励磁绕组通入直流电流后激励主磁极铁芯产生的磁场称为空载气隙磁场，简称气隙磁场，又叫做主磁极磁场，同时将套在主磁极铁芯外面的绕组叫做励磁绕组，又叫主磁极绕组。主磁极总是 N、S 两极成对出现的。一般用 p 表示电机的磁极对数，图 1-5 中的 $p=2$ ，即有两对主磁极，该电机为 4 极电机。各主磁极的励磁绕组通常是相互串联连接的，连接时要能保证相邻磁极的极性按 N、S 极交替排列。

(2) 换向极。换向极又叫附加极，是由换向极铁芯和绕组组成的，换向极铁芯通常用整块钢板叠制而成，大容量电机采用薄钢片叠压而成。换向极绕组的匝数较少，并与电枢绕组串联，当换向极绕组通过直流电流后，所产生的磁场对电枢磁场产生影响，目的是改善换向，使电刷与换向器之间火花减少(详见本项目的任务三)。故换向极通过的电流较大，一般采用较粗矩形截面的绝缘导线绕制而成，通常用螺杆将换向极安装在相邻两个主磁极的中心线处，其极数一般与主磁极数相等。但当电机功率很小时，换向极可以减少为主磁



极极数的一半，也可以不安装换向极。

(3) 电刷装置。电刷装置主要由电刷、压紧弹簧、刷握、铜丝辫等零部件组成，如图 1-7 所示。电刷的作用是把旋转的电枢与固定不动的外电路相连，把直流电流引入或引出。电刷是用导电耐磨的石墨材料等做成的导电块，放置在刷握内，用压紧弹簧以一定的压力压在换向器表面上，刷握固定在刷杆上，刷杆固定在圆环形的刷杆座上。借助于铜丝辫将电流从电刷引入或引出。在换向器表面上，各电刷之间的距离应该是相等的。刷杆座装在端盖或轴承内盖上，整个电刷装置可以移动，用以调整电刷在换向器上的位置。容量大的电机，同一刷杆上可并接一组刷握和电刷。一般刷杆数与主磁极数相等。由于电刷有正、负极之分，因此刷杆必须与刷杆座绝缘。

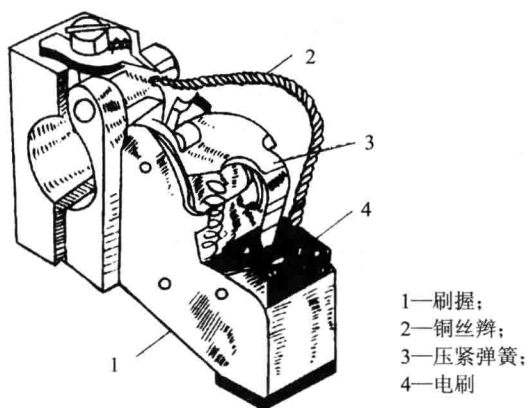


图 1-7 电刷装置

(4) 机座。机座一般用铸铁、铸钢或钢板焊接而成。机座中传导磁通的部分称为磁轭。机座的主要作用有三个：一是作为磁轭传导磁通，是电机磁路的一部分；二是用来把主磁极、换向极和端盖等零部件固定起来；三是借助机座的底脚把电机固定在基础上。所以机座必须具有足够的机械强度和良好的导磁性能。对于某些在运行中有较高要求的微型直流电机，通常将主磁极、换向极和磁轭用硅钢片一次冲制叠压而成，此时，机座只起固定零部件的作用。

机座上装有接线盒，电枢绕组和励磁绕组通过接线盒与外部连接。普通直流电机电枢回路的电阻比励磁回路的电阻要小得多。

2) 转子部分

转子是直流电机的重要部件，它的作用是将机械能转变为电能(发电机)或将电能转变为机械能(电动机)。转子部分主要包括电枢铁芯、电枢绕组、换向器、转轴、支架和风扇等部件。

(1) 电枢铁芯。电枢铁芯是电机主磁路的一部分，其作用是安放电枢绕组，并在电枢绕组通入电流后产生电枢磁场。由于电机运行时，电枢与气隙磁场间有相对运动，铁芯中就会产生感应电动势而出现涡流和磁滞损耗。为了减少损耗，电枢铁芯通常用厚度为 0.5 mm，表面涂绝缘的圆形硅钢冲片叠压而成。冲片圆周外缘均匀地冲有许多齿和槽，槽内可安放电枢绕组，有的冲片上还冲有许多圆孔，以形成改善散热的轴向通风孔。电机容



量较大时,电枢铁芯的圆柱体还分隔成几段,每段间隔约 10 mm,以形成径向的通风道。整个铁芯固定在电机的轴上,与轴一起旋转。

(2) 电枢绕组。电枢绕组是直流电机电路的主要部分,它的作用是产生感应电动势,形成电流,进而产生电磁转矩,实现机电能量转换。电枢绕组由许多线圈(又称绕组元件)按一定的规律连接而成。线圈通常用高强度聚酯漆包圆铜线或扁铜线绕制而成,且当它的一条有效边(线圈嵌入铁芯槽中的直导线部分)嵌入某个槽的上层时,另一条有效边则嵌入另一槽的下层,如图 1-8 所示。每个线圈的两个有效边的引出端都分别有规律地焊接到换向器的换向片上。

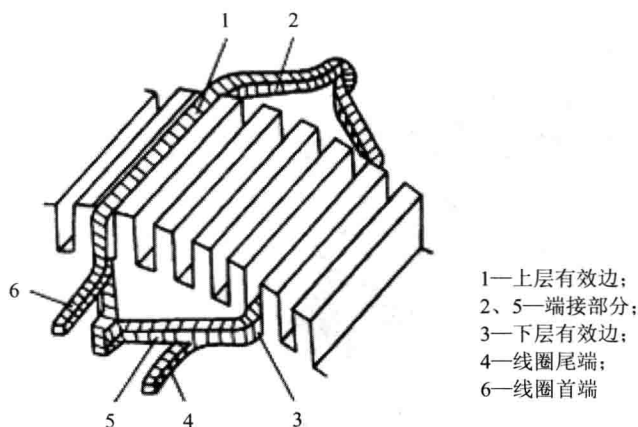


图 1-8 线圈在槽内安放示意图

电枢绕组线圈间的连接方法有叠绕组、波绕组等。不同连接规律的电枢绕组有不同的并联支路数 a , 其中:

① 单叠绕组是将所有主磁极下的电枢绕组线圈串联起来组成一条支路,电机共有 $2p$ 个主磁极,就有 $2p$ 条支路,即 p 对支路,用公式表示为: $a=p$ 。

② 单波绕组是将所有相同主磁极性下的电枢绕组线圈串联起来组成一条支路,电机共有 N、S 两种极性,故共有两条支路,即一对支路,用公式表示为: $a=1$ 。

单叠绕组与单波绕组的主要区别在于并联支路对数的多少。单叠绕组可以通过增加极对数来增加并联支路对数,一般适用于低电压、较大电流的直流电机;单波绕组的并联支路对数与电机的磁极极对数无关,但每条并联支路串联的线圈数较多,故一般适用于较高电压的小电流直流电机。

在实际的直流电机中,线圈与电枢铁芯槽之间及上、下层有效边之间均应绝缘,槽口处沿轴向打入绝缘材料制成的槽楔将线圈压紧以防止它在旋转时飞出。

(3) 换向器。换向器的作用是与电刷一起将直流发电机电枢绕组中的交变电动势转换成输出的直流电压,或者将直流电动机输入的直流电流转换成电枢绕组内的交变电流。换向器是由许多彼此相互绝缘的、厚为 0.4 mm~1.2 mm 的云母片组成的。

(4) 转轴、支架和风扇。转轴主要是对电枢起支撑作用,同时也是传递电磁转矩和输出能量的部件,因此要求具有足够的强度和刚度。支架主要是对大、中容量电机的转轴起支撑作用,以减轻重量和利于通风。风扇在电机中的主要作用是冷却、通风,以防止电机



温升过高。

3) 气隙

气隙是电机磁路的重要部分。它的路径虽然很短,但由于气隙磁阻远大于铁芯磁阻,对电机性能影响很大,因此在拆装直流电机时,应予以重视。(一般小型直流电机的气隙为 0.7 mm~5 mm,大型直流电机的气隙为 5 mm~10 mm。)

2. 直流电机的铭牌

铭牌的作用是向电机使用者简要说明该电机的一些额定数据和使用方法,因此看懂铭牌,按照铭牌的规定去使用电机,是正确使用电机的先决条件。

根据电机的设计和试验数据而规定电机在各种运行状态下所对应的各种数据称为电机的额定值。直流电机运行时,如果各量均为额定值,就称电机工作在额定运行状态,又称为满载运行状态。在额定运行状态下,电机利用充分、运行可靠并具有良好的性能。如果电机运行的电流小于额定电流,则称为欠载运行;如果电机的运行电流大于额定电流,则称为过载运行。当严重欠载运行时,电机利用不充分,效率低,不经济;过载运行时,则使电机温升过高而缩短电机的使用寿命,甚至可能损坏电机。所以根据负载条件合理选用电机,使其接近额定值才既经济合理,又可以保证电机可靠地运行,并且具有优良的性能。表 1-1 是一台直流电动机的铭牌。

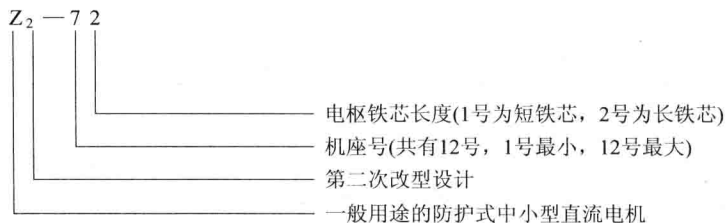
表 1-1 直流电动机的铭牌

型 号	Z ₂ —125	励磁方式	他励
功率	125 kW	励磁电压	220 V
电压	220 V	励磁电流	4.46 A
电流	635 A	定额	连续
转速	1500 r/min	温升	80℃
出品号数	XXXX	出厂日期	XXXX 年 XX 月
XXXX 电机厂			

下面对表中的几项主要参数进行说明。

1) 电机型号

型号表明该电机所属的系列及主要特点。要求使用者能够熟练掌握型号的含义,以便从相关的手册及资料中查出该电机的其它相关技术数据。直流电机的型号由汉语拼音字母和阿拉伯数字组成。例如,Z₂—72 的型号含义如下:



2) 额定值

直流电机的主要额定值如下:



(1) 额定功率 P_N : 指在规定的工作条件下, 长期运行时允许输出的功率, 单位为 kW。对于发电机来说, 它是指正负电刷之间输出的电功率; 对于电动机来说, 则是指轴上输出的机械功率。

(2) 额定电压 U_N : 指由电机电枢绕组采用的绝缘材料等级决定的、能够安全工作的最大电压值。对于发电机来说, 它是指输出电压; 对于电动机来说, 则是指加在电动机两端的直流电源电压。

(3) 额定电流 I_N : 指直流电机正常工作时输出或输入的最大电流值。

对于发电机, 有

$$P_N = U_N I_N$$

对于电动机, 有

$$P_N = U_N I_N \eta_N$$

其中, η_N 表示额定效率。

(4) 额定转速 n_N : 指电机在上述各项均为额定值时的运行转速, 单位为 r/min。

(5) 额定温升: 指电机允许的温升限度。温升高低与电机定子绕组使用的绝缘材料(即涂有绝缘漆的铜导线或铝导线)的绝缘等级有关, 电机的允许温升与绝缘等级的关系如表 1-2 所示。

表 1-2 电机允许温升与绝缘等级的关系

绝缘耐热等级	A	E	B	F	H	C
绝缘材料的允许温度/°C	105	120	130	155	180	180 以上
电机的允许温升/°C	60	75	80	100	125	125 以上

(6) 额定励磁电流 I_f : 指电机在额定状态时的励磁电流值。

上述额定值一般标在电机的铭牌上, 故又称为铭牌数据。另有一些额定值, 如额定转矩 T_N 、额定效率 η_N 和额定温升 τ_N 等不一定标在铭牌上, 使用者可查产品说明书或由铭牌上的额定数据计算得到。

3) 直流电机出线端子的标志

直流电机每个绕组的出线端子都有明确的标志, 用字母标注在接线柱旁或引出导线的金属牌上。直流电机出线端子标志如表 1-3 所示。

表 1-3 直流电机出线端子标志

绕组名称	出线端子标志	绕组名称	出线端子标志
电刷绕组	A ₁ A ₂	串励绕组	D ₁ D ₂
换向极绕组	B ₁ B ₂	并励绕组	E ₁ E ₂
补偿绕组	C ₁ C ₂	他励绕组	F ₁ F ₂

3. 直流电机的主要系列

电机系列化的目的是为了产品的标准化和通用化。所谓系列电机, 就是在应用范围、结构形式、性能水平、生产工艺等方面有共同性, 功率按某一系数递增而成批生产的电机。我国常用直流电机的主要系列有:

(1) Z 和 ZF 系列: 一般用途的中小型直流电机, 其中“Z”为直流电动机系列, “ZF”为直流发电机系列。