

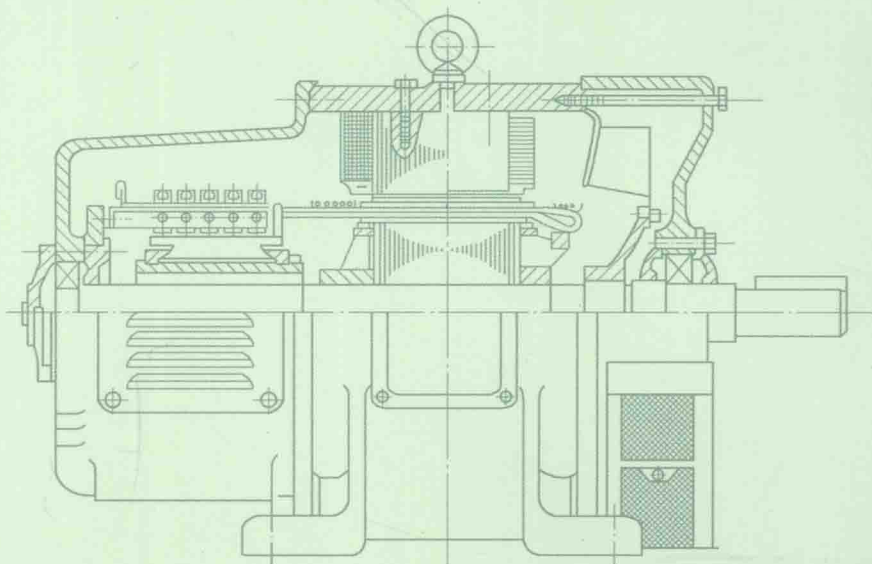


高职高专“十二五”规划教材
机电专业系列

电机与拖动

DIANJI YU TUODONG

主编 周 斐 张会娜 主审 梁南丁



南京大学出版社

配电子课件，下载网址
<http://www.NjupCo.com>



高职高专“十二五”规划教材·机电类

模拟电子技术（项目化）

电路基础

电工电子技术

电工电子实验与实训

单片机原理及应用

电动机维修工艺（项目化）

数控编程与加工项目化教程

自动化专业英语

电气控制与PLC原理（项目化三菱机型）

传感器原理与检测技术（项目化）

电机与电气控制项目化教程

● 电机与拖动

变频器技术与应用（项目化）

可编程控制器（项目化西门子机型）

普通机床电路故障检修

机电专业英语

工厂供电技术

电工技术

电子技术

电力电子技术

高频电子线路

电子产品工艺

数字电子技术

责任编辑 王环宇
何永国
责任校对 邓海琴
装帧设计 朱 兰

ISBN 978-7-305-10374-2



9 787305 103742 >

定价：29.80元



高职高专“十二五”规划教材

机电专业系列

电机与拖动

主 编	周 斐	张会娜
副主编	任佑平	贾宇向
	陈 伟	李 丽
参 编	田慧玲	赵 楠
	刘国华	梁 嵩
	何湘龙	
主 审	梁南丁	



南京大学出版社

内容简介

本书由6个项目组成,每个项目都包含应知和应会两部分,除了系统介绍相关的知识点,更主要的是考虑到生产实际中在这些知识点指导下的实践操作。项目1由4个任务组成,主要介绍直流电动机的基本组成、工作原理以及直流电动机性能测试、拆装、使用、维护;项目2由4个任务组成,详细介绍了变压器的基本结构、工作原理、性能测试、使用维护,简要介绍了互感器等其他变压器的应用;项目3由4个任务组成,主要介绍交流电动机的基本组成、工作原理,以及直流电动机性能测试、拆装、使用、维护;项目4由2个任务组成,主要介绍同步电动机的基本组成、工作原理以及启动方法;项目5由6个任务组成,简要介绍了伺服电机、步进电机等控制电动机的基本结构和工作原理;项目6由2个任务组成,主要介绍了电动机的选用原则、典型机械用电动机的选用方法。

本书可作为高等职业技术学院及成人高校的电类、机电类等专业的教材,也可供相关专业工程技术人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

电机与拖动 / 周斐,张会娜主编. — 南京:南京大学出版社,2012.9

高职高专“十二五”规划教材·机电专业系列

ISBN 978-7-305-10374-2

I. ①电… II. ①周… ②张… III. ①电机—高等职业教育—教材 ②电力传动—高等职业教育—教材 IV. ①TM3 ②TM921

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 174365 号

出版发行 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093

网 址 <http://www.NjupCo.com>

出 版 人 左 健

丛 书 名 高职高专“十二五”规划教材·机电专业系列

书 名 电机与拖动

主 编 周 斐 张会娜

责任编辑 王环宇 何永国 编辑热线 025-83596997

照 排 南京南琳图文制作有限公司

印 刷 江苏南大印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 14.5 字数 358 千

版 次 2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-305-10374-2

定 价 29.80 元

发行热线 025-83594756 83686452

电子邮箱 Press@NjupCo.com

Sales@NjupCo.com(市场部)

* 版权所有,侵权必究

* 凡购买南大版图书,如有印装质量问题,请与所购图书销售部门联系调换

前 言

本书结合我国高等职业教育的现状,以培养机电一体化应用型人才为目标,在注重基础理论教育的同时,针对实际工作中经常面对的实践操作内容,突出实用性和先进性,在内容叙述上,力求通俗易懂、由浅入深地阐明问题。全书以直流电动机和异步电动机的应用为重点内容,兼顾了变压器、同步电动机、控制电动机的应用。每一个项目后的思考练习分知识检验和技能测评两部分,使学习者更加明确要掌握的知识点和技能点。

本书依据高等职业教育“以就业为导向,以职业能力培养为重点”的原则,采用项目任务格式编写,主要有以下特点:

(1) 以项目的实践实施为落脚点,系统介绍知识点的学习、基本技能的训练,使学生的学习目标更加明确,学习兴趣更加浓厚。

(2) 每一个任务都兼顾了知识的系统介绍和相关生产操作的需要,既保持了知识的系统性,又很明晰地表达了理论指导相关实践的根本道理。

本书由平顶山工业职业技术学院周斐、张会娜任主编,武昌职业学院任佑平、郑州信息科技职业学院贾宇向、永城职业学院陈伟、济源职业技术学院李丽任副主编,平顶山工业职业技术学院梁南丁教授任主审,参与教材编写的还有平顶山工业职业技术学院田慧玲、湖南水利水电职业技术学院赵楠、株洲职业技术学院刘国华、武汉城市职业学院梁嵩、湖南石油化工职业技术学院何湘龙。平煤集团的现场工程技术人员牛玉敏、徐其祥也为本书编写提出了许多宝贵意见。

全书编写分工如下:周斐负责编写项目1的任务1.2和任务1.3、项目2的任务2.2和任务2.3、项目3的任务3.4;张会娜负责编写项目1的任务1.1和任务1.4、项目2的任务2.1和任务2.4、项目3的任务3.2;任佑平负责编写项目5的任务5.1和任务5.2;贾宇向负责编写项目4的任务4.1和任务4.2,陈伟负责编写项目5的任务5.3和任务5.4;李丽负责编写项目5的任务5.5和任务5.6;田慧玲负责编写项目3的任务3.1和任务3.3,赵楠和刘国华共同负责项目6任务6.1和任务6.2的编写。梁嵩和何湘龙负责附录内容的收集和整理工作。

在编写过程中,编者参阅了国内外许多专家、同行的教材、著作、论文,对此,致以诚挚的谢意!

由于编者水平有限,书中难免有不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2012年6月16日

目 录

项目 1 直流电动机的应用	1
任务 1.1 直流电动机的基本结构及工作原理	1
1.1.1 直流电动机的工作原理	1
1.1.2 直流电动机的基本结构	4
1.1.3 直流电动机的励磁方式	7
1.1.4 直流电动机的铭牌	7
1.1.5 直流电动机的拆装	9
任务 1.2 直流电动机性能检测	10
1.2.1 直流电动机的电枢绕组	10
1.2.2 直流电动机的电枢反应和换向	17
1.2.3 直流电动机各性能参数的测试	21
任务 1.3 直流电动机常见故障处理	24
1.3.1 直流电动机的电枢电动势与电磁转矩	24
1.3.2 直流发电机	27
1.3.3 直流电动机	29
1.3.4 直流电动机的常见故障分析与处理	31
任务 1.4 直流电动机的电力拖动控制	35
1.4.1 电力拖动系统的运动方程式	35
1.4.2 生产机械的负载特性	37
1.4.3 他励直流电动机的机械特性	38
1.4.4 直流电动机的启动和反转	42
1.4.5 直流电动机的调速	44
1.4.6 直流电动机的制动	48
1.4.7 直流电动机的使用与维护	53
思考与训练	55
项目 2 变压器的应用	57
任务 2.1 变压器的基本结构及工作原理	57
2.1.1 变压器工作原理与结构	57

2.1.2 变压器的拆装步骤	62
任务 2.2 单相变压器性能检测	62
2.2.1 单相变压器的运行原理	62
2.2.2 单相变压器的负载运行	68
2.2.3 单相变压器参数的测定	75
任务 2.3 三相变压器性能检测	78
2.3.1 三相变压器的原理	78
2.3.2 电力变压器交流耐压试验	84
任务 2.4 其他用途变压器	88
2.4.1 自耦变压器	88
2.4.2 仪用互感器	90
2.4.3 电焊变压器	93
思考与训练	94
项目 3 异步电动机的应用	96
任务 3.1 三相异步电动机的基本结构	96
3.1.1 三相异步电动机的基本结构	96
3.1.2 交流电动机的绕组	100
3.1.3 绕组故障的分析与处理	107
任务 3.2 三相异步电动机的性能检测	117
3.2.1 三相异步电动机的工作原理	117
3.2.2 三相异步电动机的功率和转矩平衡方程式	120
3.2.3 三相异步电动机的运行特性	124
3.2.4 三相异步电动机参数测定	132
任务 3.3 三相异步电动机的拖动控制	135
3.3.1 三相异步电动机的启动	135
3.3.2 三相异步电动机的调速	145
3.3.3 三相异步电动机的制动	154
3.3.4 三相异步电动机的使用与维护	157
任务 3.4 单相异步电机的应用	161
思考与训练	166
项目 4 同步电动机的应用	167
任务 4.1 同步电动机的基本结构及工作原理	167
任务 4.2 同步电动机的性能检测	175

思考与训练	176
项目 5 控制电动机的应用	178
任务 5.1 伺服电动机的应用	178
任务 5.2 测速发电机应用	181
任务 5.3 步进电动机的应用	184
任务 5.4 旋转变压器	187
任务 5.5 自整角机的应用	195
任务 5.6 开关磁阻电机的应用	197
思考与训练	202
项目 6 电动机的选择	203
任务 6.1 电动机的选择原则	203
任务 6.2 常用生产机械电动机的选择	205
思考与训练	210
附录	211
附表 1 单相异步电动机的常见故障及处理	211
附表 2 三相异步电动机常见故障及处理	212
附表 3 电动机允许振动值	214
附表 4 电动机允许窜动值	215
附表 5 绕线型异步电动机滑环、电刷的常见故障及处理方法	215
附表 6 直流电机运行中的常见故障处理方法	216
附表 7 高压电动机绝缘优劣的判断方法	219
附表 8 高压电动机绝缘老化的原因及其防止对策	220
附表 9 三相异步电动机的解体保养	221
附表 10 电动机修理后容易出现的故障及处理方法	222
参考文献	223

项目 1 直流电动机的应用

任务 1.1 直流电动机的基本结构及工作原理

1.1.1 直流电动机的工作原理

在电动机的发展史上,直流电动机发明得最早,其电源为电池,后来才出现了交流电动机。三相交流电动机出现以后,交流电动机得到迅速的发展。但是,迄今为止工业领域里仍有许多场所使用直流电动机。这是由于直流电动机具有以下突出的优点:

- (1) 调速范围广,易于平滑调速;
- (2) 启动、制动和过载转矩大;
- (3) 易于控制,可靠性较高。

直流电动机的主要优点是启动和调速性能好,过载能力强,因此多应用于对启动和调速要求较高的生产机械,如轧钢机、电力机车,造纸机及纺织机械等。

直流电动机是实现直流电能和机械能相互转换的电气设备,其中,将机械能转换为直流电能的是直流发电机,将直流电能转换为机械能的是直流电动机。

直流发电机作为直流电源,电势波形好,抗干扰能力强,主要应用在电镀、电解行业中。

直流电动机的缺点主要表现在电流换向方面。这个问题的存在使其结构、生产工艺复杂,且使用有色金属较多,价格昂贵,运行维护较困难。

在很多领域内,直流电动机将逐步被交流调速电动机取代,直流发电机正在被电力电子整流装置取代。但是,直流电动机仍在许多场合发挥作用。

一、直流发电机的基本工作原理

直流发电机是根据导体在磁场中作切割磁力线运动,从而在导体中产生感应电势的电磁感应原理制成的。

图 1-1 是一台直流发电机模型,N 和 S 为一对固定的磁极,磁极之间有一个可以旋转的铁质圆柱体,称为电枢铁芯。电枢铁芯表面固定一个用绝缘体构成的线圈 $abcd$,线圈的两端分别接到两个相互绝缘的弧形铜片上,弧形铜片称为换向片,换向片组合在一起称为换向器。在换向器上放置固定不动而与换向片滑动接触的电刷 A 和 B,线圈 $abcd$ 通过换向器和电刷接通外电路。电枢铁芯、电枢线圈和换向器组合在一起称为电枢。

当转子在原动机的拖动下按逆时针方向旋转时,线圈 ab 边和 cd 边中将有感应电势产生。在图 1-1(a)所示的时刻,线圈 ab 边处在 N 极下面,根据右手定则判断其感应电势方向为由 b 到 a ;线圈 cd 边处在 S 极下面,其感应电势方向为由 d 到 c ;所以电刷 A 为正极性,电刷 B 为负极性。

当转子旋转 180° 后到图 1-1(b)所示的时刻时,线圈 cd 边处在 N 极下面,根据右手定

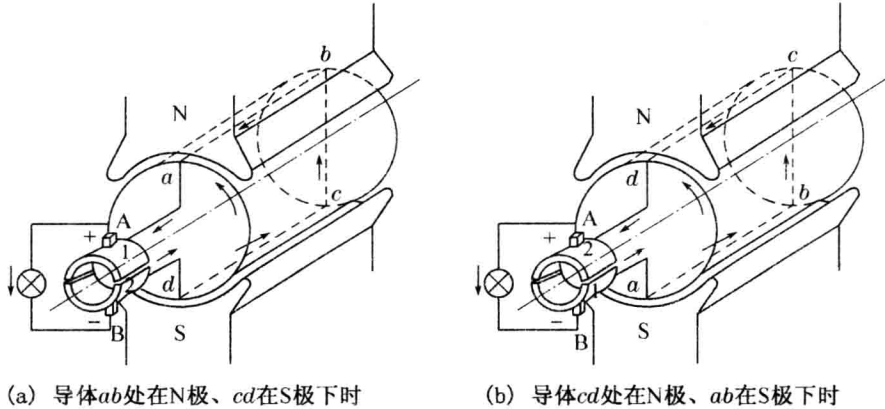


图 1-1 直流发电机工作原理

则判断其感应电势方向为由 c 到 d ，电刷 A 这时与 d 所连接的换向片接触，仍为正极性，线圈 ab 处在 S 极下面，其感应电势方向变为由 a 到 b ；电刷 B 与 a 所连接的换向片接触，仍为负极性。可见，直流发电机电枢线圈中的感应电势的方向是交变的，而通过换向器和电刷的作用，在电刷 A 和电刷 B 两端输出的电动势是方向不变的直流电动势。若在电刷 A 、 B 之间接上负载，发电机就能向负载供给直流电能，这就是直流发电机的基本工作原理。

一个线圈产生的电势波形如图 1-2(a) 所示，这是一个脉动的直流电势，不适合于做直流电源使用。实际应用的直流发电机是由很多个元件和相同个数的换向片组成的电枢绕组，这样可以在很大程度上减步其脉动幅值，从而得到稳恒直流电势，其电势波形如图 1-2(b) 所示。

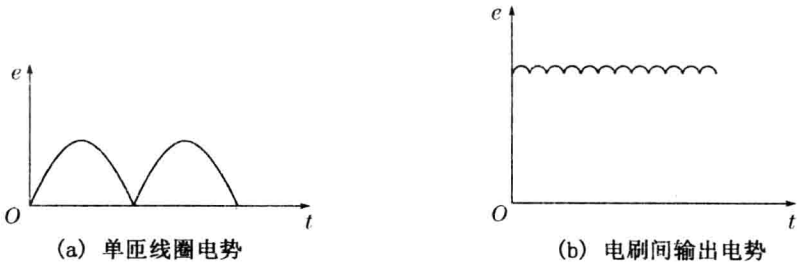


图 1-2 直流发电机输出的电势波形

直流发电机的基本工作原理可概括如下：

- (1) 原动机拖动转子(即电枢)以 $n \text{ r/min}$ 转动；
- (2) 电机的固定主磁极建立磁场；
- (3) 转子导体在磁场中运动，切割磁力线而感应交流电动势，经电刷和换向器整流作用输出直流电势。

某一根转子导体的电势性质是交流电，经电刷输出的电动势却是直流电。

二、直流电动机的基本工作原理

直流电动机根据通电导体在磁场中会受到磁场力作用的原理制成。

直流电动机的模型与直流发电机相同，不同的是不用原动机拖动电枢朝某一方向旋转，

而是在电刷 A 和 B 之间加上一个直流电压,如图 1-3 所示。线圈中会有电流流过,若起始时线圈处在图 1-3(a)所示位置,则电流由电刷 A 经线圈按 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$ 的方向从电刷 B 流出。根据左手定则可判定,处在 N 极下的导体 ab 受到一个向左的电磁力;处在 S 极下的导体 cd 受到一个向右的电磁力。两个电磁力形成一个使转子按逆时针方向旋转的电磁转矩。当这一电磁转矩足够大时,电机就按逆时针方向开始旋转。当转子转过 180° 到达如图 1-3 (b)所示位置时,电流由电刷 A 经线圈按 $d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$ 的方向从电刷 B 流出,此时元件中电流的方向改变了,但是导体 ab 处在 S 极下受到一个向右的电磁力,导体 cd 处在 N 极下受到一个向左的电磁力,两个电磁力矩仍形成一个使转子按逆时针方向旋转的电磁转矩。

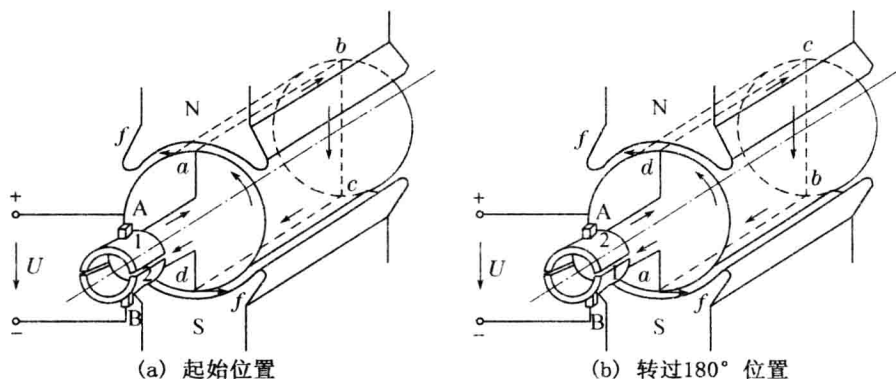


图 1-3 直流电动机的工作原理

可以看出,转子在旋转过程中,线圈中电流方向是交变的,由于受换向器的作用,处在同一磁极下面的导体中的电流方向是恒定的,使得直流电动机的电磁转矩方向不变。

为使直流电动机产生一个恒定的电磁转矩,同直流发电机一样,电枢上安放若干个元件和换向片。

直流电动机基本工作原理可概括如下:

- (1) 将直流电源通过电刷接通电枢绕组,使电枢导体有电流流过;
- (2) 电机主磁极建立磁场;
- (3) 载流的转子(即电枢)导体在磁场中受到电磁力的作用;

(4) 所有导体产生的电磁力作用于转子,形成电磁转矩,驱使转子旋转,以拖动机械负载。

在直流电动机中,外加直流电压并非直接加于线圈,而是通过电刷和换向器加到线圈上。通过电刷和换向器的作用,导体中的电流成为交变电流,从而使电磁转矩的方向始终保持不变,以确保直流电动机旋转方向一定。

三、直流电机的可逆原理

由直流发电机和直流电动机的基本工作原理可以看出,直流电机原则上既能作电动机运行,又可以作发电机运行。将直流电源加于电刷,向电枢内输入电能,电机将电能转换为机械能,拖动生产机械旋转,电机作电动机运行;如用原动机拖动直流电机的电枢旋转,输入机械能,电机将机械能转换为直流电能,从电刷上引出直流电动势,电机作发电机运行。同一台电机,既能作电动机运行,又能作发电机运行,这个原理称为电机的可逆原理。

1.1.2 直流电动机的基本结构

直流电动机的结构是多种多样的,图 1-4 所示为国产 Z2 系列直流电动机的剖视图。由图可见,直流电动机由定子与转子构成,通常把产生磁场的部分做成静止的,称为定子;把产生感应电势或电磁转矩的部分做成旋转的,称为转子(又叫电枢)。定子与转子间因有相对运动,故有一定的空气隙,一般小型电动机的空气隙为 0.7~5 mm,大型电动机为 5~10 mm。

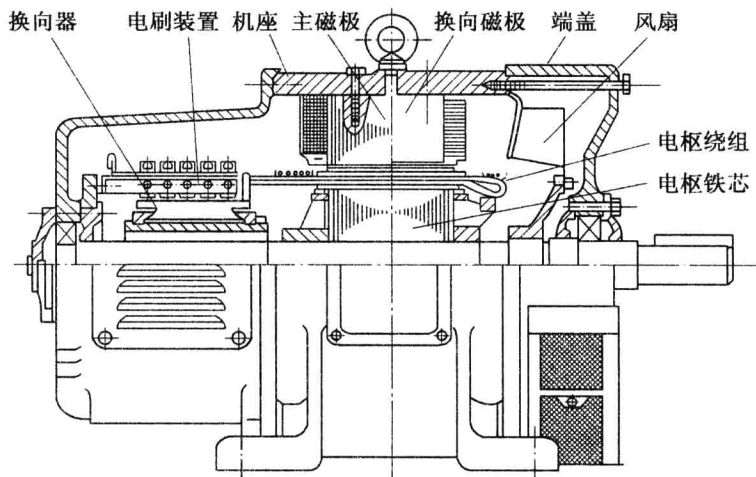


图 1-4 国产 Z2 系列直流电动机的剖视图

一、定子

定子由主磁极、换向磁极、机座、端盖和电刷装置等组成。

1. 主磁极

主磁极的作用是产生主磁通。主磁极由铁芯和励磁绕组组成,如图 1-5 所示。

铁芯包括极身和极靴两部分,其中极靴的作用是支撑励磁绕组和改善气隙磁通密度的波形。铁芯通常由 0.5~1.5 mm 厚的硅钢片或低碳钢板叠装而成,以减少电机旋转时极靴表面磁通密度变化而产生的涡流损耗。

励磁绕组用绝缘的圆铜或扁铜线绕制而成,并励绕组多用圆铜线绕制,串励绕组多用扁铜线绕制。各主磁板的励磁绕组串联相接,但要使其产生的磁场沿圆周交替呈现 N 极和

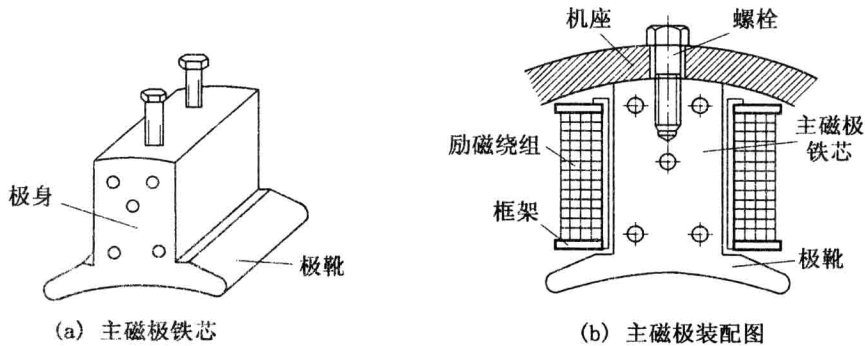


图 1-5 直流电机主磁极

S 极。

绕组和铁芯之间用绝缘材料制成的框架相隔,铁芯通过螺栓固定在磁轭上。

对某些大容量电机,为改善换向条件,常在极靴处装设补偿绕组。

2. 换向磁极

换向磁极又称为附加磁极,用于改善直流电机的换向,位于相邻主磁极间的几何中心线上,其几何尺寸明显比主磁极小。换向磁极由铁芯和套在铁芯上的换向磁极绕组组成,如图 1-6 所示。

铁芯常用整块铜或厚钢板制成,其绕组一般用扁铜线绕成。为防止磁路饱和,换向磁极与转子间的气隙都较大。换向磁极绕组匝数不多,与电枢绕组串联。换向磁极的极数一般与主磁极的极数相同。换向磁极与电枢之间的气隙可以调整。

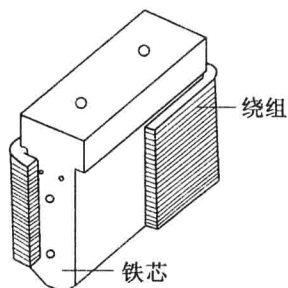


图 1-6 直流电机换向磁极

3. 机座和端盖

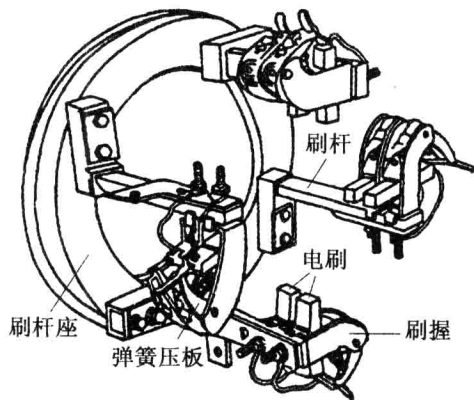
机座的作用是支撑电机、构成相邻磁极间磁的通路,故机座又称磁轭。机座一般用铸钢或厚钢板焊成。

机座的两端各有一个端盖,用于保护电机和防止触电。在中小型电机中,端盖还通过轴承担负支持电枢的作用。对于大型电机,考虑到端盖的强度,一般采用单独的轴承座。

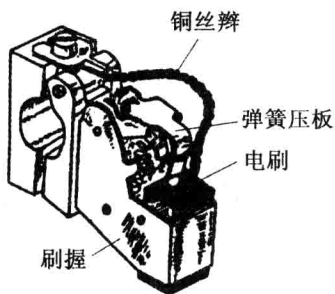
4. 电刷装置

电刷装置的作用是使转动部分的电枢绕组与外电路连通,将直流电压、电流引出或引入电枢绕组。电刷装置由电刷、刷握、刷杆、刷杆座和弹簧压板等零件组成,如图 1-7 所示。

电刷一般采用石墨和铜粉压制烧焙而成,它放置在刷握中,由弹簧将其压在换向器的表面上,刷握固定在与刷杆座相连的刷杆上,每个刷杆装有若干个刷握和相同数目的电刷,并把这些电刷并联形成电刷组,电刷组的个数一般与主磁极的个数相同。



(a) 电刷装置



(b) 电刷与刷握的装配

图 1-7 电刷装置

二、转子

转子由电枢铁芯、电枢绕组、转向器、转轴和风扇等组成。

1. 电枢铁芯

电枢铁芯的作用是构成电机磁路和安放电枢绕组。通过电枢铁芯的磁通是交变的,为

减少磁滞和涡流损耗,电枢铁芯常用 0.35 mm 或 0.5 mm 厚冲有齿和槽的硅钢片叠压而成,为加强散热能力,在铁芯的轴向留有通风孔,较大容量的电机沿轴向将铁芯分成长 4~10 cm 的若干段,相邻段间留有 8~10 mm 的径向通风沟,如图 1-8 所示。

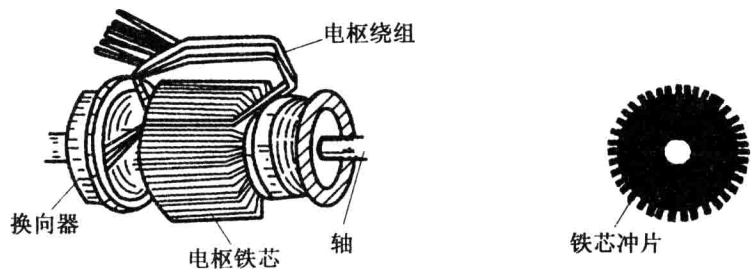


图 1-8 电枢

2. 电枢绕组

电枢绕组的作用是产生感应电动势和电磁转矩,从而实现机电能量的转换。电枢绕组是用绝缘铜线在专用的模具上制成一个个单独元件,然后嵌入铁芯槽中,每一个元件的端头按一定规律分别焊接到换向片上。元件在槽内部分的上下层之间及与铁芯之间垫以绝缘,并用绝缘的槽楔把元件压紧在槽中。元件的槽外部分用绝缘带绑扎和固定。

3. 换向器

换向器又称整流子。发电机将电枢元件中的交流电变为电刷间的直流电输出;电动机将电刷间的直流电变为电枢元件中的交流电输入。换向器的结构如图 1-9(a)所示。换向器由换向片组合而成,是直流电机的关键部件,也是最薄弱的部分。

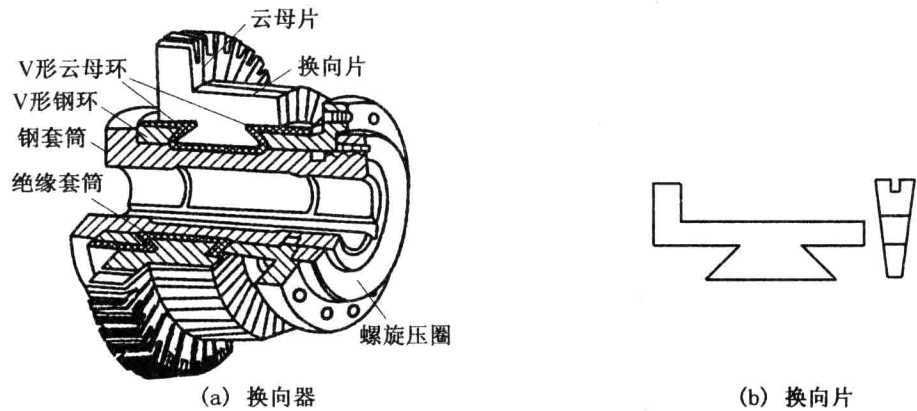


图 1-9 换向器结构

换向片采用导电性能好、硬度大、耐磨性能好的紫铜或铜合金制成。如图 1-9(b)所示,换向片凸起的一端称为升高片,用来与电枢绕组端头相连;换向片的底部做成燕尾形状,各换向片拼成圆筒形套入钢套筒上,相邻换向片间垫以 0.6~1.2 mm 厚的云母片绝缘,换向片下部的燕尾嵌在两端的 V 形钢环内,换向片与 V 形钢环之间用 V 形云母片绝缘,最后用螺旋压圈压紧。换向器固定在转轴的一端。

三、气隙

气隙是电动机磁路的重要部分,气隙磁阻远大于铁芯磁阻。一般小型电动机的气隙为 0.7~5 mm,大型电机的气隙为 5~10 mm。

1.1.3 直流电动机的励磁方式

直流电动机在进行能量转换时,必须以气隙中的主磁场作为媒介。一般在小容量电机中可采用永久磁铁作为主磁极,其他直流电机给主磁极绕组通入直流以产生主磁场。

主磁极上励磁绕组通以直流励磁电流产生,称为励磁磁势,也称为磁动势或磁势。励磁磁势单独产生的磁场称为励磁磁场,又称主磁场。励磁绕组的供电方式称为励磁方式,按励磁方式的不同,直流电动机可以分为 4 类。

直流电动机各种励磁方式的接线如图 1-10 所示。

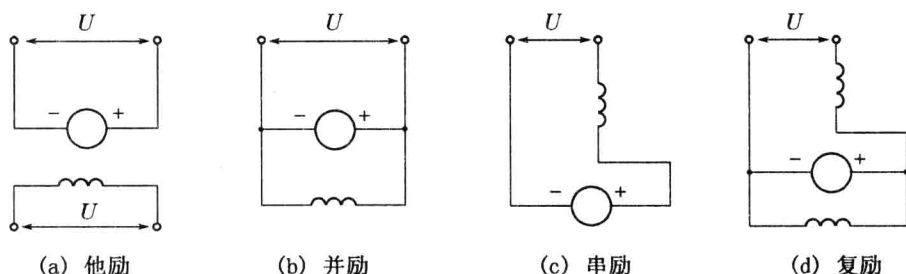


图 1-10 直流电动机各种励磁方式接线图

(1) 他励:他励直流电动机的励磁绕组由单独直流电源供电,与电枢绕组没有电的联系,励磁电流的大小不受电枢电流影响,接线如图 1-10(a)所示。用永久磁铁作为主磁极的电机也属他励电机。

(2) 并励:并励直流电动机的励磁绕组与电枢绕组并联,如图 1-10(b)所示。该励磁方式的励磁绕组匝数较多,采用的导线截面较小,励磁电流一般为电动机额定电流的 1%~5%。

(3) 串励:串励直流电动机的励磁绕组与电枢绕组串联,如图 1-10(c)所示。该励磁绕组与电枢绕组通过相同的电流,故励磁绕组的截面较大,匝数较少。

(4) 复励:复励直流电动机在主磁极铁芯上缠有两个励磁绕组,其中一个与电枢绕组并联,一个与电枢绕组串联,如图 1-10(d)所示。在复励方式中,通常并励绕组产生的磁势不少于总磁势的 70%。当串励磁势与并励磁势方向相同时,称为积复励;当串励磁势与并励磁势方向相反时,称为差复励。

不同的励磁方式对直流电动机的运行性能有很大的影响。直流发电机的励磁方式主要采用他励、并励和复励,很少采用串励方式。直流电动机因励磁电流都是外部电源供给的,因此不存在自励,所说的他励是指励磁电流和电枢电流不是由同一电源供给的。

1.1.4 直流电动机的铭牌

一、直流电动机的主要系列

我国直流电动机系列是指在应用范围、结构形式、性能水平、生产工艺等方面有共同性,

功率较大的成批生产的电动机。主要有以下几种系列。

(1) Z2 系列。一般用途的中小型直流电动机。

(2) Z 和 ZF 系列。一般用途的中小型直流电动机,Z 表示直流电动机,ZF 表示直流发电机。

(3) ZT 系列。用于恒功率且调速范围较宽的直流电动机。

(4) ZJ 系列。精密机床用直流电动机。

(5) ZTD 系列。电梯用直流电动机。

(6) ZZJ 系列。冶金起重用直流电动机,它启动快,过载能力很强。

(7) ZQ 系列。电力机车、工矿电机车和电车用直流牵引电动机。

(8) Z-H 系列。船用直流电动机。

(9) ZA 系列。防爆安全用直流电动机。

二、直流电动机的铭牌数据

为正确地使用电动机,使电动机在既安全又经济的情况下运行,电动机在外壳上都装有一个铭牌,上面标有电动机的型号和有关物理量的额定值。

1. 型号

型号表示的是电动机的用途和主要的结构尺寸,如 Z2-42 的含义是普通用途的直流电动机,第二次改型设计,4 号机座,2 号铁芯长度。

2. 额定值

铭牌中的额定值有额定功率、额定电压、额定电流和额定转速等。额定值是指按规定的运行方式,在该数值情况下运行的电动机既安全,又经济。

(1) 额定功率:额定条件下电动机所允许的输出功率。

对于发电机,额定功率是指电刷同输出的电功率,对于电动机,额定功率是指转轴输出的机械功率。

(2) 额定电压:在正常运行时,电动机出线端的电压值。

对于发电机,它是指输出额定电压;对于电动机,它是指输入额定电压。

(3) 额定电流:在额定电压下,运行于额定功率时对应的电流值。

对于发电机,它是指输出额定电流;对于电动机,它是指输入额定电流。

(4) 额定转速:在额定电压、额定电流下,运行于额定功率时对应的转速。

额定值之间的关系为

$$\text{发电机} \quad P_N = U_N I_N \quad (1-1)$$

$$\text{电动机} \quad P_N = U_N I_N \eta_N \quad (1-2)$$

电动机运行时,当各物理量均处在额定值时,电机处在额定状态运行;若电流超过额定值运行称为过载运行;电流小于额定值运行称为欠载运行。电动机长期过载或欠载运行都是不好的,应尽可能使电动机靠近额定状态运行。

例 1-1 一台 Z2 型直流电动机,额定功率为 $P_N = 160 \text{ kW}$,额定电压 $U_N = 220 \text{ V}$,额定效率 $\eta_N = 90\%$,额定转速 $n_N = 1500 \text{ r/min}$,求该电机的额定电流。

解

$$I_N = \frac{P_N}{U_N \eta_N} = \frac{160 \times 10^3}{220 \times 0.9} = 808 (\text{A})$$