



电机与拖动基础

龙子俊 主编

航空工业出版社

电机与拖动基础

龙子俊 主编

航空工业出版社

1993

(京)新登字161号

内 容 提 要

本教材是根据大、中专教与学的特点,把“电机学”和“电力拖动基础”两门课程有机结合起来而成的。全书内容主要有:直流电机及电力拖动、变压器、异步电机及电力拖动、同步电动机、控制电机和电力拖动系统、电动机容量选择等。

本书采用物理概念、文字叙述来说明问题,力求做到深入浅出、重点突出、层次分明、易学易懂。每章后面都附有思考题和习题,以便于自测与复习。

本书可供大、中专工业电气自动化专业师生和职大、电大相应专业师生作为教材或参考教材,也可供工程技术人员自学参考。

电机与拖动基础

龙子俊 主编

航空工业出版社出版发行
(北京市安定门外小关东里14号)
一 邮政编码: 100029
全国各地新华书店经售
北京通县向阳印刷厂印刷

1993年10月第1版	1993年10月第1次印刷
开本: 787×1092 1/16	印张: 19
印数: 1—3 000	字数: 473千字

ISBN 7-80046-546-2/G·086

定价: 9.10元

前 言

本书是根据航空工业总公司教育司审定的招收初中毕业生学制四年(中专)、五年(大专)工业电气自动化专业教学计划和电机与拖动基础教学大纲而编写的,其中加*号的章节为非中专教学内容。本书也可作为职工大学、业余大学的教材,并可供有关工程技术人员参考。

全书内容包括《电机学》和《电力拖动基础》两门课程,其主要内容为直流电机及电力拖动、变压器、异步电机及电力拖动、同步电动机、控制电机和电力拖动系统、电动机容量的选择等。在编写过程中把这两门课有机地结合起来。本书根据大、中专学生的特点,多采用物理概念、文字叙述来说明问题,力求做到深入浅出、重点突出、层次分明和清楚易懂。在每一章的后面都附有思考题与习题,便于复习。

本书由西安航空工业技术专科学校龙子俊同志主编。书中第一章至第十一章由上海航空工业学校吴仁雄同志编写,第十二章至第十四章由大庸航空工业学校李正山同志编写,第十五章至第二十章由龙子俊同志编写,第二十一章由西安航空技术专科学校王丽娟同志编写。

本书由北京航空航天大学梁怀壁副教授主审,梁怀壁副教授仔细阅读了全部书稿,并提出了许多宝贵意见。值此书出版之际,特向梁怀壁副教授,并向为本书提出过宝贵意见的同志们表示感谢。由于水平有限,书中不当和错误之处在所难免,诚恳希望读者批评指正。

编 者

1993年7月

目 录

绪论	(1)
----------	-------

第一篇 直流电机与拖动

第一章 直流电机的基本原理和结构	(3)
§1-1 直流电机的基本原理	(3)
§1-2 直流电机的基本结构	(5)
§1-3 直流电机的铭牌数据和主要系列	(7)
思考题与习题	(9)
第二章 直流电机电枢绕组	(10)
§2-1 概述	(10)
§2-2 单叠绕组	(11)
§2-3 单波绕组	(14)
思考题与习题	(16)
第三章 直流电机的磁场	(17)
§3-1 直流电机空载时的磁场	(17)
§3-2 直流电机负载时电枢的磁势	(19)
§3-3 直流电机的电枢反应	(22)
§3-4 直流电机的感应电势和电磁转矩	(23)
思考题与习题	(25)
第四章 直流电机的换向	(26)
§4-1 概述	(26)
§4-2 换向的电磁理论	(26)
§4-3 改善换向的方法	(29)
思考题与习题	(31)
第五章 直流发电机	(32)
§5-1 直流发电机的基本方程式	(32)
§5-2 他励直流发电机特性	(33)
§5-3 并励直流发电机特性	(35)
§5-4 复励直流发电机特性	(37)
思考题与习题	(38)
第六章 直流电动机	(39)
§6-1 直流电机的可逆原理	(39)
§6-2 直流电动机的基本方程式	(40)
§6-3 直流电动机的工作特性	(42)

§6-4 直流并(他)励电动机的机械特性	(43)
思考题与习题	(48)
第七章 电力拖动系统运动方程式、工作机构转矩与飞轮矩的折算和生产机械的负载特性	(49)
§7-1 电力拖动系统运动方程式	(49)
*§7-2 工作机构旋转运动转矩和飞轮矩的折算	(51)
*§7-3 工作机构直线运动时转矩与飞轮矩的折算	(52)
§7-4 生产机械的负载转矩特性	(54)
§7-5 电力拖动系统稳定运行的条件	(56)
思考题与习题	(58)
第八章 直流并(他)励电动机起动、调速和反转	(60)
§8-1 直流并(他)励电动机起动和反转	(60)
§8-2 直流并(他)励电动机的调速	(64)
思考题与习题	(69)
第九章 直流他励电动机的制动	(71)
§9-1 概述	(71)
§9-2 能耗制动	(71)
§9-3 反接制动	(73)
§9-4 回馈制动	(75)
思考题与习题	(78)
第十章 直流串励电动机和复励电动机	(79)
§10-1 直流串励电动机	(79)
§10-2 直流复励电动机	(81)
思考题与习题	(82)
第十一章 直流电力拖动系统的过渡过程	(83)
*§11-1 概述	(83)
*§11-2 他励直流电动机过渡过程的数学分析	(83)
*§11-3 他励直流电动机起动的过渡过程	(86)
*§11-4 他励直流电动机制动的过渡过程	(89)
思考题与习题	(95)

第二篇 变压器

第十二章 变压器的分类、结构和额定值	(96)
§12-1 变压器的应用和分类	(96)
§12-2 变压器的基本结构	(97)
§12-3 变压器的型号和额定值	(99)
思考题与习题	(100)
第十三章 变压器的运行分析	(101)
§13-1 变压器的空载运行	(101)

§13-2 变压器的负载运行	(105)
§13-3 变压器参数的测定	(111)
§13-4 标么值	(114)
§13-5 变压器的运行特性	(115)
思考题与习题	(117)
第十四章 三相变压器和其他特殊变压器	(119)
§14-1 三相变压器的磁路系统	(119)
§14-2 三相变压器的连接组	(120)
*§14-3 三相变压器线圈接法和磁路系统对电势波形的影响	(125)
§14-4 三相变压器的并联运行	(127)
§14-5 自耦变压器与仪用互感器	(130)
思考题与习题	(135)

第三篇 交流电机与拖动

第十五章 异步电动机的基本原理	(136)
§15-1 三相异步电动机的原理与结构	(136)
§15-2 线圈的感应电势	(142)
§15-3 三相单层绕组	(146)
§15-4 三相双层绕组	(150)
§15-5 交流绕组的磁势	(153)
思考题与习题	(166)
第十六章 三相异步电动机的运行原理与特性	(169)
§16-1 三相异步电动机转子不转动时的情况	(169)
§16-2 转子旋转时的异步电动机	(174)
§16-3 三相异步电动机参数的测定	(183)
§16-4 三相异步电动机机械特性的三种表达式	(185)
§16-5 三相异步电动机的机械特性	(191)
§16-6 三相异步电动机的工作特性	(193)
思考题与习题	(195)
第十七章 三相异步电动机的起动调速和制动	(197)
§17-1 三相异步电动机的起动	(197)
§17-2 三相异步电动机的调速	(207)
§17-3 三相异步电动机的制动	(214)
思考题与习题	(221)
第十八章 在特殊情况下运行的三相异步电动机和单相异步电动机	(224)
§18-1 低电压下运行的三相异步电动机	(224)
§18-2 三相异步电动机转子不对称运行	(225)
§18-3 三相异步电动机的缺相运行和单相异步电动机	(227)
思考题与习题	(232)

第十九章 同步电动机	(233)
§19-1 同步电动机的原理和结构	(233)
§19-2 同步电动机的磁势、电势平衡方程式和向量图	(234)
§19-3 同步电动机的特性	(238)
§19-4 同步电动机功率因数的调节	(241)
§19-5 同步电动机的起动	(245)
思考题与习题	(245)

第四篇 控制电机和电机容量的选择

第二十章 控制电机	(247)
§20-1 伺服电动机	(247)
§20-2 旋转变压器	(255)
§20-3 测速发电机	(261)
§20-4 自整角机	(267)
§20-5 步进电动机	(274)
思考题与习题	(282)
第二十一章 电动机容量的选择	(284)
§21-1 概述	(284)
§21-2 电动机发热和冷却	(284)
§21-3 电机的绝缘等级和工作制	(286)
§21-4 连续工作制电动机容量的选择	(288)
§21-5 短时工作制电动机容量的选择	(291)
§21-6 周期性断续工作制电动机容量的选择	(293)
思考题与习题	(295)
参考书目	(296)

绪 论

一、电机和电力拖动在国民经济中的作用

在现代工业生产、农业生产、交通运输、科学技术、信息传输和日常生活等各方面都广泛地应用电能，其原因是由于电能具有生产和变换比较经济、传输和分配比较容易、使用和控制比较方便等优点，因此电能成为国民经济中使用极为普遍的一种能量。

电能的生产、变换、传输、分配、使用和控制都必须利用电机这种进行能量变换或讯号变换的电磁装置。在电力工业中，发电机和变压器是电站和变电所中的主要设备。在工业企业中，大量应用电动机作原动机去拖动各种生产机械。如机械工业、航空工业、冶金工业、化学工业中，各种机床、电铲、轧钢机、吊车、空气压缩机、鼓风机等等都是用电动机来拖动。这种以电动机来拖动生产机械的拖动方式称为电力拖动。电力拖动主要由电动机、控制电动机的设备和传动机构等三个基本环节所组成。电动机的作用是将电能转换为机械能去带动生产机械的运行，因而电动机是生产机械的原动机。在有些情况下，电动机也起制动作用，将机械能转换为电能。电动机可以分为直流电动机和交流电动机两大类。直流电动机是将直流电能转换为机械能，交流电动机则是将交流电能转换为机械能。控制设备的作用是控制电动机的运行，从而控制生产机械的运行。从简单的开关到各种复杂的控制装置均为控制设备。传动机构的作用是将电动机输出的机械功率传递给工作机构并改变转速或运动方式。齿轮是最常见的传动机构，用来使转速升高或降低；卷筒——钢绳也是一种传动机构，它将旋转运动变为直线运动。随着科学技术的发展，电力拖动系统日益复杂，自动化程度也越来越高，近代已有包括电子计算机在内的复杂的自动化电力拖动系统，在此系统中各种小巧灵敏的控制电机广泛地作为检测、放大、执行和解算元件使用。

二、本课程的性质、任务、内容和特点

《电机与拖动基础》是工业电气自动化专业的一门专业基础课。它的主要任务是使学生掌握常用的交直流电机、变压器、控制电机等的基本结构与工作原理，电力拖动系统的运行性能、分析计算，电机容量选择及试验方法等，为学习《工厂电气控制设备》、《自动控制原理与系统》等课程准备必要的基础知识。

《电机与拖动基础》主要研究电机与电力拖动系统的基本问题，主要包括直流电机及拖动、变压器、异步电机及拖动、同步电动机、控制电机和电动机容量的选择等内容。课程学完后中专学生应达到下列要求：

1. 掌握常用的交直流电机及变压器的基本原理(电磁关系、能量关系)；
2. 掌握控制电机的工作原理、特性及用途；
3. 掌握分析电动机机械特性及各种运行状态的基本原理；
4. 掌握电力拖动系统中电动机的调速方法、调速原理和技术经济指标；
5. 掌握电动机容量的选择；
6. 掌握电机与电力拖动系统的基本实验方法与技能，并具有熟练的运算能力；

7. 了解电机与电力拖动的发展方向。

对大专学生除达到上述要求外，还应掌握电力拖动的机械过渡过程特性及其主要分析方法，并了解机械惯性和电磁惯性同时作用时对直流电力拖动过渡过程的影响。

为了使学生深入掌握本课程的有关内容，在教学过程中应布置适当的课外作业，除课堂教学外还必须进行必要的实验和参观，这对理论与实践相结合，培养学生动手能力和增强感性知识都很有好处。

本书还附有例题、思考题和习题，可供参考。

本课程的先修课是高等数学、物理及电工基础等。由于电力拖动系统内容较多，根据教学大纲的要求，本课程仅讲授电力拖动系统的某些基本原理，例如对交直流电机的起动、调速、制动等，只介绍其基本原理、方法和特性，至于如何实现自动起动、调速和制动的线路以及分析系统的动态特性等问题，将在有关的后续课程中讨论。

本课程既是基础理论课，又结合一定的生产实际。电机与电力拖动问题往往包含电学、磁学、力学和热学的规律，几个方面的因素又互相影响，所以分析问题时，必须全面考虑，不能作为单纯的电学问题或单纯的力学问题来处理。又因为实际问题而涉及的因素很多，但可以根据具体条件忽略一些次要因素，抓住主要矛盾，从而得出比较简单而又足够准确的结论。所谓次要因素是对一定条件来说的，在一定条件下是次要的，而在另一种条件下却可能是主要的。注意到这些特点，对于学习本课程将会有很大的帮助。

第一篇 直流电机与拖动

直流电机是电能和机械能互相转换的旋转电机之一，它可以将机械能转换为直流电能，也可将直流电能转换为机械能，前者称直流发电机，后者称直流电动机。

直流电动机具有调速性能好，过载倍数大、控制性能好等优点，因此在调速要求比较高的场合，例如轧钢机、电机车、造纸机和要求调速范围宽广的金属切削机床等设备上直流电动机得到广泛应用。直流发电机主要用作直流电源，但由于电力电子学的发展，直流发电机正在被晶闸管整流装置所取代。本篇主要分析直流电机的基本工作原理、结构、运行特性以及直流电动机的电气拖动性能。

第一章 直流电机的基本原理和结构

§ 1-1 直流电机的基本原理

一、交流发电机的工作原理

在分析直流电机工作原理之前，先研究一下图1-1所示的物理模型。

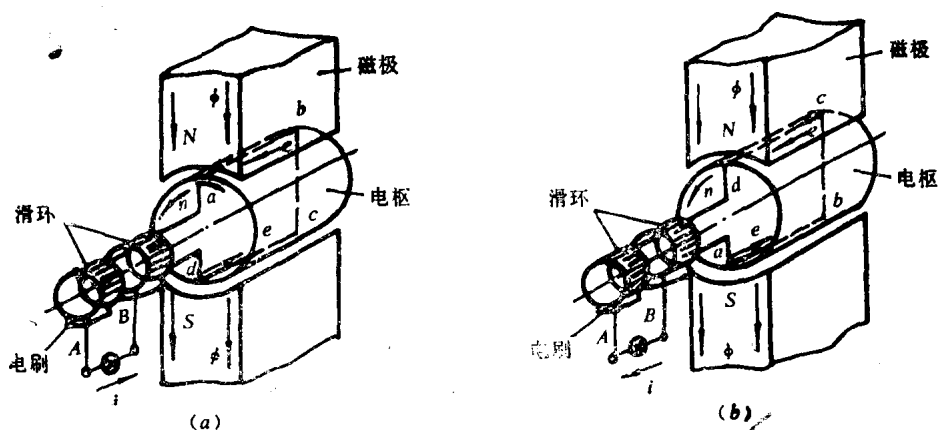


图 1-1 交流发电机的物理模型

图中N、S是一对空间位置固定的磁极(可以是永久磁铁，也可以是电磁铁)。abcd是装在可以转动的钢质圆柱体上的一个线圈，(整个转动部分称转子或电枢)，其两端分别接到两个称做滑环的铜制圆环上，滑环分别与固定不动的电刷A和B保持滑动接触，旋转着的线圈

经滑环、电刷与外部电路相连接。

当原动机拖动电枢以恒定转速 n 逆时针方向旋转时,根据电磁感应定律可知,在线圈 $abcd$ 中会产生感应电势,在图1-1(a)所示瞬间,位于N极下的导体 ab 和位于S极下的导体 cd 感应电势大小为:

$$e = B_x l v \quad (\text{伏}) \quad (1-1)$$

式中: B_x 为导体所在处的磁通密度(韦/米²);

l 为导体 ab 或 cd 的长度(米);

v 为导体 ab 或 cd 与 B_x 间的相对运动线速度(米/秒)。

导体中感应电势的方向用右手定则确定,在图1-1(a)所示瞬间,导体 ab 、 cd 中感应电势方向分别由 b 指向 a 和由 d 指向 c ,此时电刷A呈正极性,电刷B呈负极性,外电路负载中电流由A流向B。

当电枢逆时针转过 180° ,如图1-1(b)所示,导体 ab 位于S极下,导体 cd 位于N极下,此时 cd 内感应电势方向由 c 指向 d , ab 内感应电势方向由 a 指向 b ,都改变了方向,电刷A呈负极性,电刷B呈正极性,外电路负载中电流由B流向A。如果电枢继续逆时针旋转 180° ,导体 ab 、 cd 又转到图1-1(a)所示位置,电刷A又呈正极性,电刷B呈负极性。由此可见在图1-1所示情况下,电枢每转一周,线圈 $abcd$ 内感应电势方向交变一次,电刷A、B的极性交变一次,外电路负载电流方向改变一次,这就是最简单的交流发电机模型。

二、直流发电机的工作原理

由上分析我们知道图1-1所示交流发电机模型不可能直接发出方向不变的直流电势,外电路如果需要直流电势的话,很显然,必须把线圈 $abcd$ 感应的交变电势进行整流。整流方式基本有两大类:电子式、机械式,在直流发电机中采用的是机械式整流装置,通常称换向器。图1-2是最简单的直流发电机物理模型,由图可见,它是由两个其间互相绝缘的半圆铜片(换向片)来代替图1-1中的两个滑环,这就是最简单的换向器。

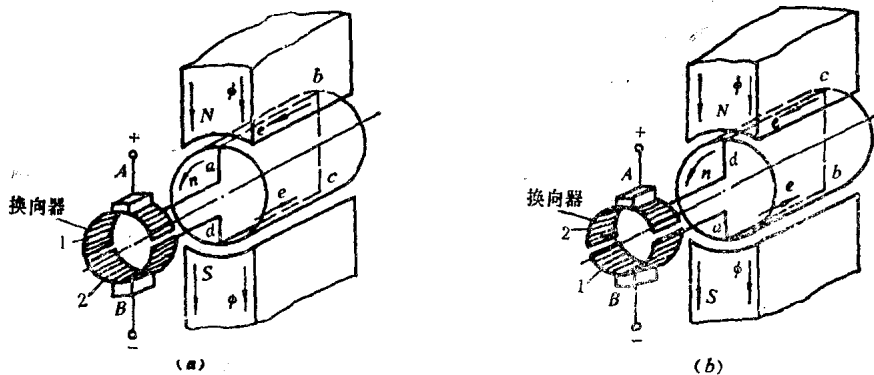


图 1-2 直流发电机物理模型

换向片1、2分别接到线圈 ab 、 cd 的一端,电刷安放在换向片上。

现在再分析一下线圈 $abcd$ 内产生的感应电势和流过外电路负载电流的性质。在图1-2(a)所示瞬间,根据右手定则确定,线圈 $abcd$ 内感应电势的方向如图所示,这时电刷A与换向片1接触,呈正极性,电刷B与换向片2接触,呈负极性。当线圈逆时针转过 180° ,见图1-2(b),导体 ab 、 cd 内的感应电势都改变了方向,但此刻电刷A已与换向片2相接触,电刷B与换向片1相

接触,因此A电刷仍呈正极性,B电刷呈负极性。可见用换向器代替滑环以后,虽然线圈中产生的感应电势仍是交变的,但通过换向器的作用,使电刷A固定与N极下的导体相接触,总呈正极性,电刷B固定与S极下的导体相接触,总呈负极性。于是在外电路负载上就获得了直流电。

三、直流电动机的工作原理

直流电动机的物理模型如图1-3所示,电刷A、B分别接到直流电源的正、负端,电流*i*从电刷A流入线圈*abcd*,再从电刷B流出。根据毕-沙电磁力定律,在图1-3(a)所示瞬间载流导体*ab*、*cd*都受到电磁力的作用,其大小为:

$$f = B_x i l \quad (\text{牛}) \quad (1-2)$$

式中: B_x 、 l 的物理意义同前;

i 为流过导体里的电流(安)。

导体受力的方向可用左手定则确定,在此瞬间*ab*受力方向是从右向左,*cd*受力方向是从左向右,两个力与转子半径的乘积所形成的转矩称电机的电磁转矩。如果电磁转矩能克服电枢上的阻转矩,电动机转子就会逆时针方向旋转起来。

当电枢转过 180° 如图1-3(b)所示,导体*ab*转到S极下,导体*cd*转到N极下,由于直流电源产生的

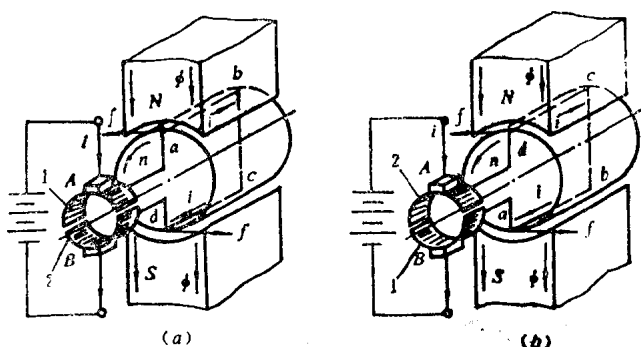


图 1-3 直流电动机物理模型

电流*i*方向不变,仍从电刷A流入,经导体*dc*、*ba*后从电刷B流出,显然,导体内电流方向改变了,用左手定则来判定这一瞬间导体所受电磁力的方向,可知导体*cd*受力方向是从右向左;导体*ab*受力方向是从左向右。由此产生的电磁转矩方向没有改变,电机继续逆时针方向旋转下去。

总之,虽然直流电动机电枢线圈内流过的电流方向是交变的,但由于换向器的作用,使其产生的电磁转矩却是单方向的,保持了电动机持续定向地旋转。

§ 1-2 直流电机的基本结构

学习电机结构的目的是了解电机各主要部件的名称、作用、形状及所用材料。

直流电动机和发电机在结构上没有什么差别,只是由于外部条件不同,得到相反的能量转换过程。图1-4是一台小型直流电机的结构图。图1-5是一台四极不带绕组、垂直于轴向的直流电机剖面图。

由图可见,直流电机的基本结构由定子和转子两大部分组成,定子和转子之间具有一定大小的气隙。下面对直流电机主要部件的结构和作用作简要介绍。

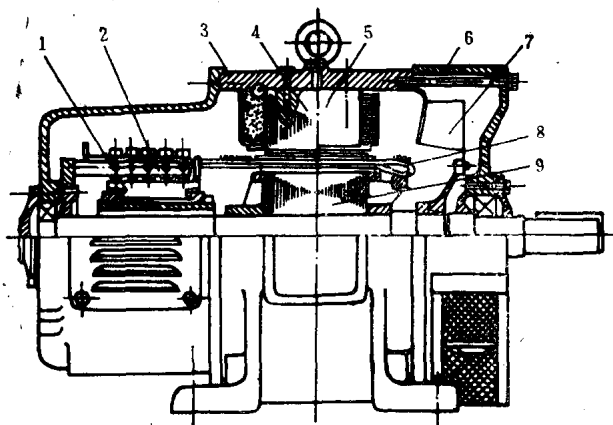
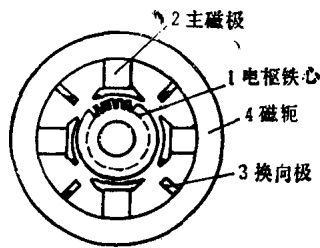


图 1-5 直流电机剖面示意图

1—换向器； 4—主磁极线圈； 5—主磁极铁心； 6—电枢绕组； 9—电枢铁点



一、定子部分

定子部分主要有机座、主磁极、换向极和电刷装置等部件组成。

1. 机座

机座有两个方面的作用，一方面用来固定主磁极、换向极和端盖等，另一方面作为电机磁路的一部分，其导磁部分叫做磁轭。机座一般由铸钢铸成，也有用钢板弯成筒形焊接而成。

2. 主磁极

主磁极的作用是产生主磁通。它由主极铁心和励磁绕组组成。图1-6是主磁极的装配图。主极铁心包括极身和极掌(又称极靴)两部分，通常用1~1.5毫米厚的低碳钢板冲片叠压而成。铁心上套有用绝缘铜线绕制成形的线圈称励磁绕组，线圈和铁心之间用绝缘纸和腊布等绝缘材料绝缘起来，各主磁极上的励磁绕组一般都是串联连接，连接时应使相邻主磁极的极性为N、S交替排列，整个磁极用螺钉固定在机座上。

3. 换向极

当直流电机容量超过1千瓦时，在相邻两主磁极之间都装有一个叫做换向极的小磁极(见图1-5)，它的作用是用来改善直流电机的换向，具体原理将在§4-2节中分析说明。换向极铁心一般用整块钢或钢板加工而成，换向极的绕组与电枢绕组相串联。

4. 电刷装置

电刷装置是把直流电压、直流电流引入(在直流电动机中)或引出(直流发电机中)的装置。它由电刷、刷握、刷杆和刷杆座等组成。图1-7为电刷与刷握装置，电刷放在刷握的刷盒内，用压紧弹簧压在换向器表面上；刷握固定在刷杆上，容量较大的电机，每一刷杆上安放由一排电刷组成的一个电刷组。刷杆安装在刷杆座上，刷杆与刷杆座之间应有良好的绝缘，刷杆座装在端盖或轴承内盖上，调整位置后，将它固定。

此外，装有轴承的端盖也是电机定子部分的主要部件，电机转子轴压入端盖上的轴承内圈。端盖和轴承起着支撑电机转子的作用。

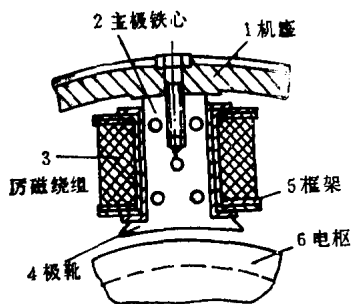


图 1-6 主磁极

二、转动部分

直流电机的转动部分包括电枢铁心、电枢绕组、换向器、风扇和转轴等。

1. 电枢铁心

电枢铁心的作用是通过磁通和安放电枢绕组，当电枢在磁场中旋转时，铁心将产生涡流和磁滞损失，为了减少损耗、提高效率，电枢铁心用0.5毫米的硅钢片冲叠而成，为了加强冷却，电枢铁心还开有轴向通风孔。图1-8是电枢铁心冲片，图1-9是电枢铁心装配图。

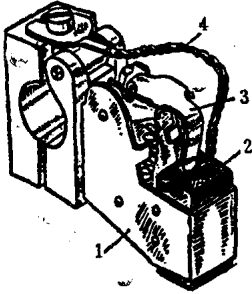


图 1-7 刷握与电刷

1—刷握 2—电刷 3—压紧弹簧
4—铜丝辫

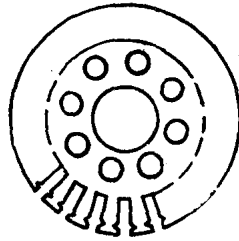


图 1-8 电枢冲片

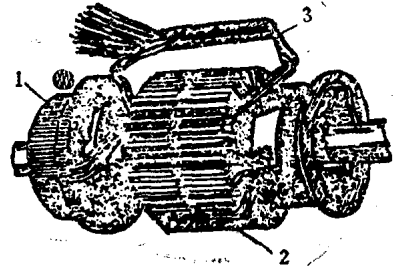


图 1-9 电枢铁心装配

1—换向器 2—电枢铁心
3—电枢元件

2. 电枢绕组

电枢绕组是由许多按一定规律连接的线圈构成，它是直流电机的主要电路部分，也是通过电流、产生电磁转矩和感应电势实现机电能变换的关键部件，线圈由绝缘铜线绕成后嵌入电枢铁心的槽内，线圈和铁心之间以及上下层线圈之间都要妥善地绝缘，然后在铁心槽口用竹楔或木楔压紧，同时将伸出槽外的端部用玻璃丝带或钢丝扎紧，防止离心力将绕组甩出槽外。

3. 换向器

换向器又称整流子，在直流电动机中它的作用是将电刷上的直流电流转换成绕组内的交流电流。在直流发电机中它将绕组产生的交流电势转换为电刷端上输出的直流电压。换向器由许多鸽尾形铜片（换向片）组成。换向片之间用云母片绝缘，电枢绕组每一个线圈两端分别接在两个换向片上，换向器的结构如图1-10所示。

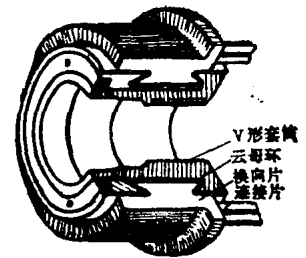


图 1-10 换向器的结构

转动部分中的风扇、转轴等这里就不一一介绍了。

§ 1-3 直流电机的铭牌数据和主要系列

一、直流电机的铭牌数据

电机制造厂在每台直流电机的机座上都钉有一块标牌，这块标牌叫铭牌。上面标着电机的额定数据即额定值，是电机正常运行时有关的电量及机械量的规定数据。如果电机运行时这些电量和机械量都符合额定值，这种运行情况称为额定工况。在额定工况下运行可以保证

电机工作可靠、性能优良。

直流电机的额定值有：

1. 额定功率(额定容量) P_N (千瓦)；
2. 额定电压 U_N (伏)；
3. 额定电流 I_N (安)；
4. 额定转速 n_N (转/分)；
5. 励磁方式和额定励磁电流 I_{fN} (安)。

有些物理量虽然不标在铭牌上，但它也是额定值，例如在额定运行状态的转矩，效率分别叫做额定转矩、额定效率。

这里必须说明的是直流电动机的额定功率是指轴上输出的机械功率，它等于额定电压和额定电流的乘积再乘以电动机的额定效率，即 $P_N = U_N I_N \cdot \eta_N$ 。而直流发电机的额定功率是指电机电刷端输出的电功率，它等于额定电压与额定电流的乘积，即 $P_N = U_N I_N$ 。

例1-1 已知一台直流电动机的额定功率 $P_N = 17$ 千瓦， $U_N = 220$ 伏， $n_N = 1500$ 转/分， $\eta_N = 0.83$ 。求它的额定电流及额定运行状态时的输入功率：

解：额定电流 I_N ：

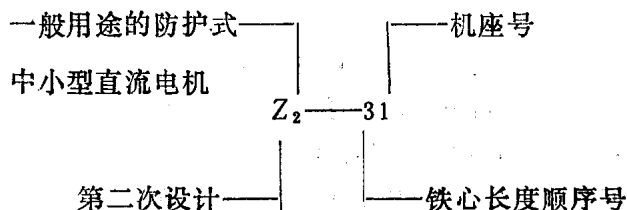
$$I_N = P_N / U_N \cdot \eta_N = (17000 / 220 \times 0.83) = 93.1 \text{ (安)}$$

额定运行状态时的输入功率 P_1 ：

$$P_1 = P_N / \eta_N = 17 \text{ 千瓦} / 0.83 = 20.48 \text{ (千瓦)}$$

二、国产直流电机的主要系列产品

电机产品的型号一般采用大写印刷体汉语拼音字母和阿拉伯数字表示，例 Z_2-31 型电机的含义为：



电机的系列是指结构和形状基本相似，而容量按一定规律递增的一系列电机，它们的电压、转速、机座号和铁心长度都有一定的等级下面列出部分常见的国产直流电机产品系列。

1. Z_2 系列是一般用途的中小型直流电机，包括发电机和电动机；
2. ZF 系列是一般用途的大、中型直流发电机系列；
3. ZD 系列是一般用途的大、中型直流电动机系列；
4. ZZJ 系列是起重和冶金工业用的电机，运行速度可调，有加强了机械结构。
5. ZQ 系列是电力机车、工矿电机车和蓄电池供电电车用的直流牵引电动机。

还有其他各种型号的系列直流电机及所有各型号直流电机的详细规格、技术指标等在此不一一罗列，需要时可查阅产品目录和电机工程手册。

思考题与习题

1-1 直流电机的换向器在电机中的作用是什么？如果将电枢绕组装在定子上，磁极装在转子上，换向器和电磁应怎样装置，才能作直流电动机运行？

1-2 直流电机有哪些主要部件组成，各起什么作用？用什么材料制成？

1-3 直流电机的铭牌数据含义是什么？一台 Z_2 直流电动机，额定功率 $P_N=160$ 千瓦；额定电压 $U_N=220$ 伏，额定效率 $\eta_N=0.9$ ，额定转速 $n_N=1500$ 转/分，该电机的额定电流多大？

1-4 一台 Z_2 型直流发电机，其额定功率 $P_N=145$ 千瓦，额定电压 $U_N=230$ 伏，额定转速 $n_N=1450$ 转/分，求该电机的额定电流，如发电机的额定效率 $\eta_N=0.89$ ，原动机的输入功率应为多少？