

电机与拖动基础  
上册

# 电机与拖动基础

上册

李发海 王岩 编

M3

8-1

电视大学出版社

中央广播电视大学出版社

# 电机与拖动基础

上册

李发海 王岩 编

中央广播电视大学出版社

## 内 容 简 介

本书介绍各种交、直流电机的基本原理及交、直流电力拖动的基础知识,着重基本原理及工程计算方法的阐述和运用,物理概念清楚。在内容和形式上比较适合自学。

全书分上、下两册,共十一章。上册内容为直流电机原理及其电力拖动,变压器原理。

本书被指定为中央广播电视大学电气工程类专业教材,亦可作为工科大专院校自动化专业的参考书;也可供有关科技人员阅读。

## 电机与拖动基础

李发海 王 岩 编

\*

中央广播电视大学出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育印刷厂印装

开本 787×1092 1/16 印张 15 千字 324

1985年4月第1版 1985年10月第1次印刷

印数 1—38,000

书号: 15300·27 定价: 2.70 元

## 前 言

本书是为中央广播电视大学电气工程类专业编写的专业基础课教材。本书是根据中央广播电视大学电气工程类专业八四级教学计划,并考虑电视授课特点而编写的,也是在中央广播电视大学电类专业八二级“电机与拖动”教材的基础上,广泛征求了意见而编写的。本书可供大专院校自动化专业参考。

全书分上、下两册,共十一章。主要内容有:直流电机及其电力拖动,变压器,异步电机及其电力拖动,异步电动机继电接触控制,同步电动机,电机容量选择及微控电机等,其中以直流电机及其拖动、异步电动机及其拖动为重点内容。

上册包括直流电机、直流电机电力拖动和变压器,共三章。主要阐述了直流电机的磁路、电枢绕组、运行原理、机械特性及换向;电力拖动系统运动方程式;直流电动机的调速及各种运行状态;变压器运行原理、运行特性、联接组别、并联运行及其他变压器等。

下册包括三相异步电动机原理、异步电动机电力拖动、异步电动机继电接触控制、同步电动机、电机容量选择及微控电机,共八章。主要阐述了交流电机绕组电势与磁势;异步电动机运行原理、异步电动机机械特性、异步电动机起动、调速与运行状态;异步电动机的继电接触控制;同步电动机原理;电机的发热冷却过程、各种工作制电动机容量的选择;各种微控电机等。

本书着重基本原理及工程计算方法的阐述和运用,编写中力求物理概念清楚。每一章开始均有内容提要,末尾有基本要求,章后附有习题,章内包括有思考题与练习题,所有这些方面有机结合在一起,便于读者理解和掌握各章节的主要内容。

本书是由李发海副教授、王岩同志合编的,其中第一章、第四章、第五章、第六章、第八章、第九章由李发海副教授编写,第二章、第三章、第七章、第十章、第十一章由王岩同志编写。

由于水平有限,书中可能有不少缺点和错误,尚希读者批评指正。

编 者  
1985年4月

# 目 录

<b>第一章 直流电机</b> .....	1
内容提要 .....	1
§ 1-1 直流电机的主要结构 .....	1
§ 1-2 直流电机的基本工作原理 .....	5
§ 1-3 直流电机的磁路、空载时气隙磁通密度的分布波形与空载磁化特性 .....	12
§ 1-4 直流电机的电枢绕组 .....	22
§ 1-5 直流发电机 .....	30
§ 1-6 直流电机的可逆原理——直流电动机 .....	46
§ 1-7 直流电机的换向 .....	65
基本要求 .....	69
习题 .....	73
<b>第二章 直流电机的电力拖动</b> .....	76
内容提要 .....	76
§ 2-1 电力拖动系统的转动方程式、工作机构转矩和飞轮矩的折算 .....	76
§ 2-2 负载的机械特性 .....	87
§ 2-3 他励直流电动机的调速 .....	93
§ 2-4 他励直流电动机的各种运行状态 .....	108
§ 2-5 常用直流调速系统原理简介 .....	121
§ 2-6 电力拖动系统的过渡过程 .....	125
基本要求 .....	140
习题 .....	147
<b>第三章 变压器</b> .....	152
内容提要 .....	152
§ 3-1 概述 .....	152
§ 3-2 变压器的空载运行 .....	159
§ 3-3 变压器的负载运行 .....	168
§ 3-4 标么值 .....	186
§ 3-5 变压器参数的测定 .....	188
§ 3-6 变压器的运行特性 .....	193
§ 3-7 变压器的联接组别 .....	199
§ 3-8 变压器的并联运行 .....	209
§ 3-9 自耦变压器 .....	214
§ 3-10 仪用互感器 .....	217
§ 3-11 电焊变压器 .....	220

基本要求 .....	221
习题 .....	226
附 习题答案(供参考) .....	230
参考书目 .....	233

\*

# 第一章 直流电机

## 内 容 提 要

本章主要介绍直流电机的基本运行原理及主要结构，为学习第二章直流电机的电力拖动打下基础。在主要结构方面，着重介绍直流电机的磁路及电枢绕组。其它结构不作详细说明。在基本运行原理方面，着重分析直流电动机的性能。通过介绍直流电机的可逆原理，说明同一台直流电机，在一定的条件下作发电机运行，条件变了，又可作电动机运行。直流电机运行时，尤为重要是它的机械特性。包括固有与人为两类机械特性。直流电动机之所以可贵，主要是它的机械特性比较理想，能满足某些生产机械对调速方面的高要求。最后简单地叙述一下直流电机的换向问题。

### §1-1 直流电机的主要结构

直流电机可以作为发电机运动，也可以作为电动机运行。如果是发电机，必须由原动机（例如汽油机、柴油机或交流电动机）拖动，在满足其他条件下，发出直流电能，供生产或生活上的需要。如果是电动机，本身就是原动机，能够拖动各种生产机械，作有益于生产或生活的工作。可见，不管是直流发电机还是直流电动机，它们都得有一个可旋转的部件，所以是旋转电机。但是，从直流电机的主要结构上看，发电机与电动机没有多大的差别。

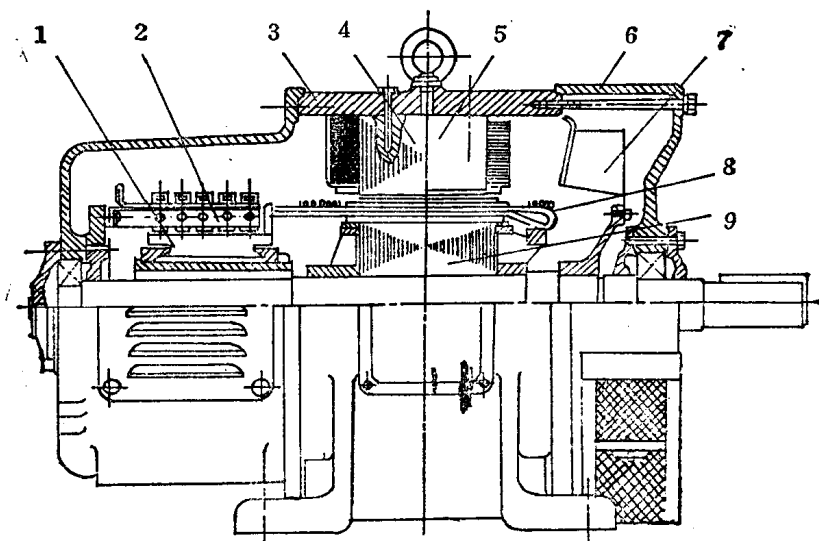


图 1-1 小型直流电机的结构

1—换向器 2—电刷杆 3—机座 4—主磁机 5—换向极 6—端盖 7—风扇 8—电枢绕组 9—电枢铁心

直流电机的结构是多种多样的,我们不想仔细叙述,这里仅从学习电机原理的角度,介绍一下它的主要部件。图 1-1 是一台常用的小型直流电机的结构图。图 1-2 是一台四极不带绕组垂直于轴向的剖面图。从图中看出,它主要由定子部分(静止的)和转子部分(旋转的)所组成。简述如下:

### 一、定子部分

定子部分主要包括有机座、主磁极、换向极和电刷装置等。

#### 1. 机座

直流电机有两种机座:一种是整体机座;一种是叠片机座。

一般直流电机都用整体机座。所谓整体机座,就是一个机座同时能起两方面的作用:一方面起导磁的作用;一方面起机械支撑的作用。由于机座要起导磁的作用,所以它是主磁路的一部分,叫定子磁轭。一般多用导磁效果较好的铸钢材料制成。小型直流电机也有用厚钢板的。主磁极、换向极以及架起中、小型电机转动部分的两个端盖都固定在电机的机座上。所以机座又起了机械支撑的作用。

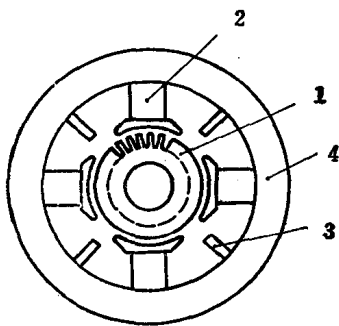


图 1-2 四极直流电机垂直于轴向的剖面图

1—电枢铁心 2—主极铁心 3—换向极铁心  
4—定子磁轭

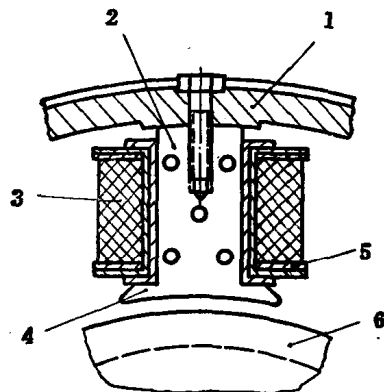


图 1-3 主磁极装配

1—机座 2—极身 3—励磁线圈 4—极靴  
5—框架 6—电枢

在要求直流电机的调速性能较高的场合,为了使主磁通变化快,有时采用叠片机座。叠片机座的含意,就是把起导磁作用的定子磁轭与起支撑作用的机座分开。具体的作法是,用薄钢板两面涂上漆叠压成定子磁轭,专起导磁的作用。然后把整个定子磁轭装在一个专起机械支撑作用的机座里。这样一来,机座本身不需要再用铸钢材料了,而用钢板焊接成的机座即可。

#### 2. 主磁极

主磁极又叫主极,它的作用是能够在电枢表面外的气隙空间里产生一定形状分布的气隙磁密。绝大多数直流电机的主磁极都是由直流电流来励磁的,所以主磁极上还应有励磁线圈。只有小直流电机的主磁极才用永久磁铁,这种电机叫永磁直流电机。图 1-3 是主磁极的装配图。

主极铁心是用 1~1.5 毫米厚的低碳钢板冲成一定形状,然后把冲片叠在一起,用铆钉铆成主极铁心。把事先绕制好的励磁线圈套在主极铁心的外面,整个主磁极再用螺钉紧固在机座内表面上,如图 1-3 所示。



套在主极铁心上的励磁线圈有并励和串励两种。并励线圈的匝数多,导线细;串励线圈的匝数少,导线粗。电机中分别把各个主极上的并励或串励励磁线圈串联起来统称为励磁绕组。

当给励磁绕组通入直流电流时,各主极都产生了一定的极性。电机中,相邻主磁极的极性应为  $N$ 、 $S$  交替出现。为此,在把各主磁极上的励磁线圈相串联时,应注意它们的极性问题。

为了让气隙磁密在沿电枢的周围方向气隙空间里分布得更加合理,主极铁心作成图 1-3 所示的形状,其中较窄的部分叫极身,较宽的部分叫极靴。当然极靴也能起到支撑励磁线圈的作用。

**思考题 1-1** 主极铁心用的薄钢板之间没有绝缘,为什么一般不用整块钢做主极铁心?用薄钢板有什么好处?

### 3. 换向极

当直流电机的容量超过 1 千瓦时,在相邻两主极之间都要装上换向极(见图 1-2)。换向极又叫附加极或间极。换向极的作用是为了改善直流电机的换向,至于如何才能起到改善换向的作用,将在 §1-7 中介绍。

换向极铁心的形状比主极的简单,一般都用整块钢板刨削而成。在换向极的外面套上换向极绕组。换向极绕组总是和电枢绕组相串联的,流的是电枢电流,所以换向极绕组的匝数少而导线较粗。

### 4. 电刷装置

电刷装置是直流电机里的一个很重要的装置。通过它才可以把电机转动部分的电流引出到静止的电路里,或者把静止电路里的电流引入到电机的旋转电路里。电刷装置与换向器配合才能使电机获得直流电机的效果。图 1-4 是一个电刷盒的装配图,图中 1 是刷盒,2 是电刷,3 是铜辫,4 是压紧弹簧。电刷放在电刷盒里,上面用弹簧压紧。在电刷上嵌上铜辫,用以引入、引出电流。直流电机里,常常把若干个电刷盒装在同一绝缘的刷杆上,如图 1-5 所示。在电路联接上,把同一个绝缘刷杆上的电刷盒并联起来,成为一组电刷。可见电刷组的数目可以用电刷杆数

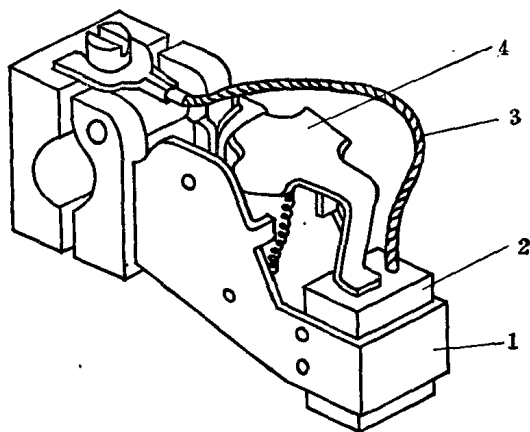


图 1-4 电刷盒装配

1—刷盒 2—电刷 3—铜辫 4—压紧弹簧

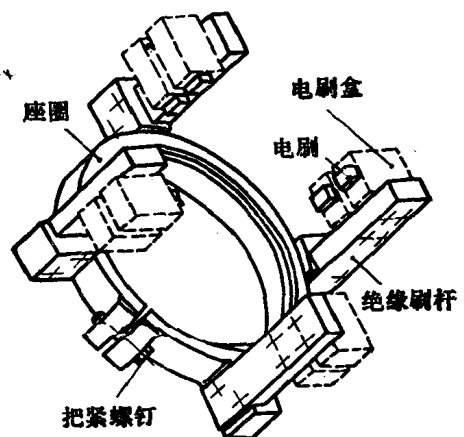


图 1-5 直流电机的座圈装置

表示, 刷杆的数目与电机的主极数目一样多。刷杆在换向器外表面上沿圆周方向均匀分布。正常运行时, 电刷杆相对于换向器表面有一个正确的位置。如果电刷杆的位置放得不合理, 将直接影响电机的性能。为此, 在小型直流电机里, 把所有的刷杆都装在一个可以转动的座圈上, 见图 1-5。当转动这个座圈时, 就可以调整电刷杆在换向器外表面上的相对位置。当把位置调整后, 就固定住, 即固定在电机的端盖上。

## 二、转动部分

直流电机转动部分包括电枢铁心、电枢绕组、换向器、风扇、转轴和轴承等。

### 1. 电枢铁心

电枢铁心是直流电机主磁路的一部分。当电枢在旋转时, 铁心中磁通方向发生变化, 会在铁心中引起涡流与磁滞损耗。为了减小这部分损耗, 通常采用 0.5 毫米厚的低硅硅钢片或冷轧硅钢片, 冲成如图 1-6 所示的形状(小型直流电机用这种冲片), 然后把这此冲片两面涂上漆再叠装起来, 就构成了电枢铁心。图 1-7 是电枢铁心装配图。

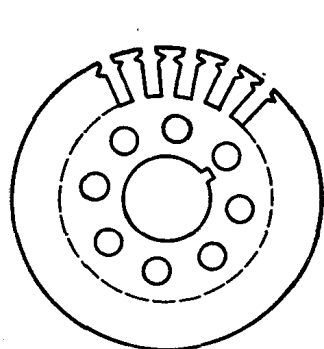


图 1-6 电枢冲片

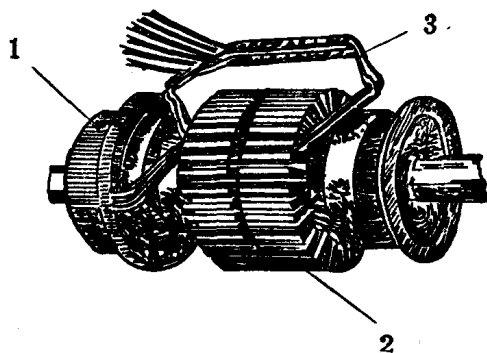


图 1-7 电枢铁心装配

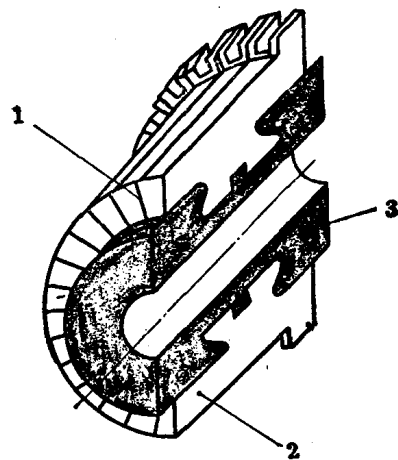


图 1-8 塑料换向器

1—换向器 2—电枢铁心 3—电枢元件 1—片间绝缘 2—换向片 3—塑料

**思考题 1-2** 直流电机磁路中的磁通  $\Phi$  一般情况不随时间发生变化, 为什么电枢铁心却要用薄的硅钢片叠成? 并且在硅钢片间还要涂漆绝缘?

### 2. 电枢绕组

用带绝缘的导体绕成线圈, 它的形状如图 1-7 中的 3。图中的线圈是小型直流电机用的散下线圈, 对大、中型直流电机, 多用成型线圈。在直流电机里, 线圈也叫元件。一个元件有两个出线端, 图 1-7 中是把 3 个元件绑在一起, 一起嵌入电枢铁心上的槽里。把电枢铁心里各个元件按照一定规律联接起来, 就组成了电枢绕组。

### 3. 换向器

换向器是由许多片换向片组成的, 如图 1-7 中的 1。各个换向片之间都要彼此绝缘起来。大、中型直流电机多用云母作为换向片间的绝缘。小型直流电机可以作成塑料压制的换向器, 如图 1-8 所示。

转动部分的风扇、转轴以及轴承等就不予以介绍了。

思考题 1-3 直流电机的主要结构部件有哪些?它们各起什么作用?

## §1-2 直流电机的基本工作原理

### 一、基本工作原理

在分析直流电机的基本工作原理之前,先研究一下图 1-9 所示的物理模型。图中  $N, S$  是主磁极,它可以是永久磁铁,也可以是电磁铁。所谓电磁铁,就是在磁极铁心上绕上励磁线圈,当在励磁线圈中通入直流电流(叫励磁电流),磁极铁心便产生了固定的极性。图中  $abcd$  是装在可以转动的圆柱体上的一个线圈,线圈的两端分别接到两个圆环(叫滑环)上。这个可以转动的部分叫转子,或者叫电枢。在每个滑环上放上固定不动的电刷,通过电刷、滑环可以把旋转着的电路(如线圈  $abcd$ )与外部静止的电路相联接。

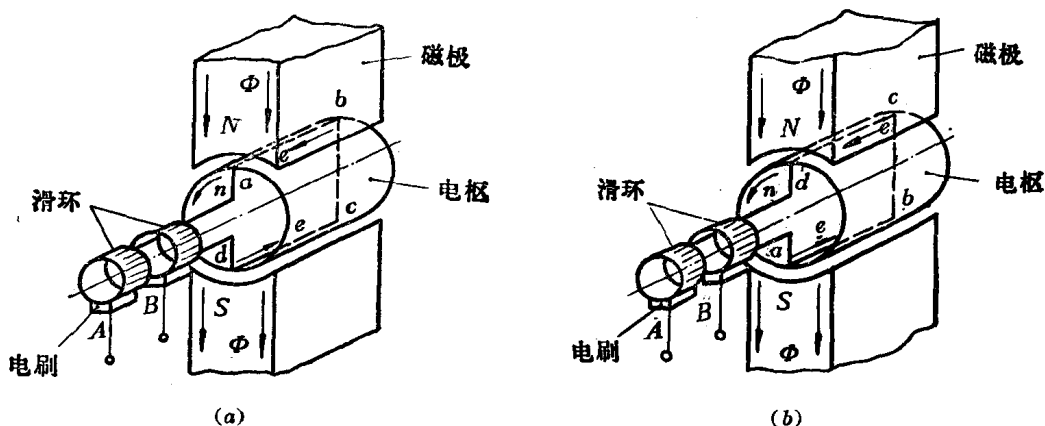


图 1-9 交流发电机的物理模型

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,就会在线圈  $abcd$  中感应电势。在图 1-9(a)所示的瞬间,导体  $ab$  位于  $N$  极下,  $cd$  位于  $S$  极下,由于磁感应线、导体和导体移动方向三者互相垂直,则在每根导体中感应电势的大小为

$$e = B_x l v \text{ 伏}$$

式中  $B_x$  是导体所在处的磁通密度,简称磁密(韦/米<sup>2</sup>);

$l$  是导体  $ab$  或  $cd$  的长度(米);

$v$  是导体  $ab$  或  $cd$  与  $B_x$  之间的相对线速度(米/秒)。

关于导体中感应电势的方向,用右手定则确定。把右手手掌伸开,大拇指与其他四个手指呈  $90^\circ$  角,如图 1-10 所示,如果让磁感应线(与磁密  $B$  同方向)指向手心,大拇指指向导体运动的方向,则其他四个手指的指向就是导体中感应电势的方向。我们把由右手定则判定的导体中感应电势的方向,叫导体感应电势的瞬时实际方向。可见,图 1-9(a)所示瞬间,导体  $ab, cd$  感应电势的

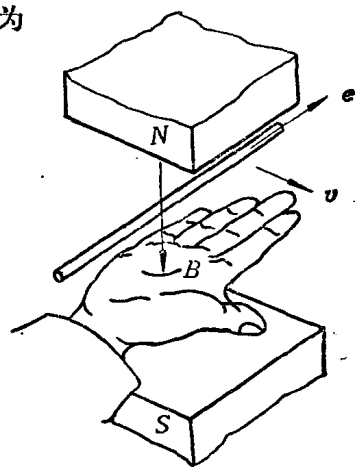


图 1-10 确定感应电势的右手定则

瞬时实际方向分别由  $b$  指向  $a$  和由  $d$  指向  $c$ 。这时电刷  $A$  呈高电位(正极性); 电刷  $B$  呈低电位(负极性)。当电枢逆时针转过  $180^\circ$  时(两极电机), 如图 1-9(b) 所示, 这时导体  $ab$  与  $cd$  互换了位置, 即导体  $ab$  转到  $S$  极下,  $cd$  转到了  $N$  极下。根据感应电势的右手定则判断, 在这个瞬间, 导体  $cd$  感应电势的方向是由  $c$  指向  $d$ , 导体  $ab$  感应电势的方向是由  $a$  指向  $b$ , 都分别改变了方向。电刷  $A$  呈低电位; 电刷  $B$  呈高电位。如果电枢继续逆时针方向旋转  $180^\circ$ , 导体  $ab$ 、 $cd$  又转到图 1-9(a) 所示的位置, 显然这时电刷  $A$  又呈高电位; 电刷  $B$  呈低电位。由此可见, 在图 1-9 两极电机的情况下, 电枢每转一周, 线圈  $abcd$  里感应电势瞬时实际方向交变一次, 电刷  $A$ 、 $B$  的极性也同时交变一次。可见, 图 1-9 是最简单交流发电机的模型。

我们知道, 磁极都是成对出现的, 图 1-9 里导体  $ab$  或  $cd$  不可能在旋转时只切割一种极性的磁通。所以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, 必须得把上述线圈  $abcd$  感应的交变电势进行整流。整流的方式很多, 但可以归纳为两大类: 电子式、机械式。在直流发电机里, 采用的是机械式整流装置, 叫换向器。

图 1-11 是最简单直流发电机的物理模型。它是由两个对面放置的导电片, 叫换向片, 来代替图 1-9 中的两个滑环。换向片之间用绝缘材料隔开。两个换向片分别接到线圈  $abcd$  的一端。电刷放在换向片上。这就是最简单的换向器。有了换向器, 在电刷  $A$ 、 $B$  之间的感应电势就和图 1-9 中两个滑环之间的感应电势大不相同了。例如, 在图 1-11(a) 所示瞬间, 线圈  $abcd$  中感应电势的方向如图所示, 这时电刷  $A$  呈正极性, 电刷  $B$  呈负极性。当线圈逆时针旋转  $180^\circ$  时[如图 1-11(b) 所示], 这时导体  $cd$  位于  $N$  极下,  $ab$  位于  $S$  极下, 各导体中感应电势都分别改变了方向。但是, 由于换向片随着线圈一道旋转, 本来与电刷  $B$  相接触的那个换向片, 现在却与电刷  $A$  接触了; 与电刷  $A$  相接触的换向片与电刷  $B$  接触了, 显然这时电刷  $A$  仍呈正极性; 电刷  $B$  呈负极性。

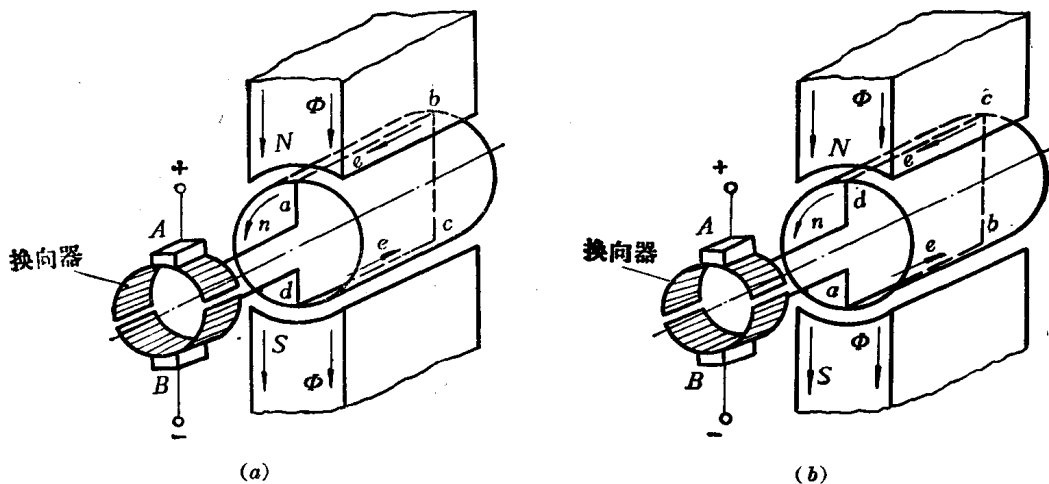


图 1-11 直流发电机的物理模型

从图 1-11 中看出, 和电刷  $A$  相接触的导体, 永远位于  $N$  极之下; 和电刷  $B$  相接触的导体, 永远位于  $S$  极之下。可见电刷  $A$  总是正极性; 电刷  $B$  为负极性。

以上通过把交流发电机的滑环换成换向器, 就可以在电刷两端获得直流电势。但是, 现代生

产的直流电机,电枢上绝非一个线圈,而是根据需要有多个线圈。这些线圈分布在电枢铁心表面上的不同位置,并把它们之间按照一定规律联接起来,构成了所谓的电枢绕组(下一节详细介绍)。

**思考题 1-4** 在直流发电机中,电刷之间的感应电势与电枢绕组里某一根导体中的感应电势有什么不同?

**思考题 1-5** 在直流电机里,换向器起了什么作用?

如果把图 1-11 中电刷  $A$ 、 $B$  接到一直流电源,并把它的原动机撤去,于是电枢线圈里就会有电流通过。假设由直流电源产生的直流电流  $i$  是从电刷  $A$  流入,经过导体  $ab$ 、 $cd$  后,从电刷  $B$  流出,如图 1-12(a)所示。根据毕-萨电磁力定律知道,载流导体  $ab$  或  $cd$  都与气隙磁密  $B$  垂直,作

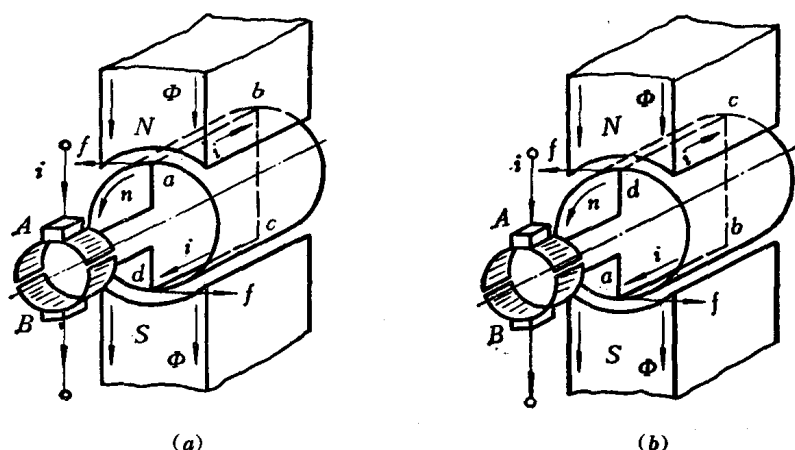


图 1-12 直流电动机的物理模型

用在导体上的电磁力用  $f$  表示,大小为

$$f = B_x l i \text{ 牛顿}$$

式中  $B_x$  是导体所在处的磁密(韦/米<sup>2</sup>);

$i$  是流过导体里的电流(安)。

导体受力的方向,用左手定则确定。把左手手掌伸开,大拇指与其他四个手指呈  $90^\circ$  角,如图 1-13 所示,如果让磁感应线指向手心,四个手指指向导体里电流流动的方向,则大拇指的指向就是导体受力的方向。在图 1-12(a) 所示瞬间,位于  $N$  极下的导体  $ab$  受到的作用力,其方向是从右向左;位于  $S$  极下的导体  $cd$  受力的方向是从左向右。这个力乘上转子的半径,就是转矩,称为电磁转矩。此时电磁转矩的作用方向是逆时针方向,企图使电枢逆时针方向旋转。如果电磁转矩能够克服电枢上的阻转矩(例如由摩擦引起的阻转矩以及其他负载转矩,后面还要介绍),电机就真的能按逆时针方向旋转起来。

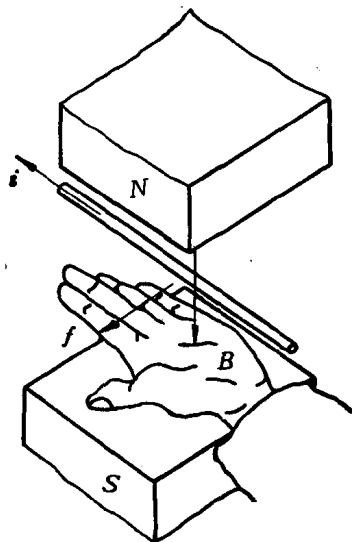


图 1-13 确定载流导体受力的左手定则

当电枢转到图 1-12(b)所示的位置时,导体  $cd$  转到  $N$  极下,  $ab$  转到  $S$  极下。由于直流电源

产生的直流电流  $i$  方向不变, 仍从电刷  $A$  流入, 经导体  $cd$ 、 $ab$  后, 从电刷  $B$  流出。可见这时导体  $cd$  里流过的电流  $i$  改变了方向, 即从原来在  $S$  极下时由  $c$  流向  $d$  [见图 1-12(a)], 变为在  $N$  极下由  $d$  流向  $c$ 。用载流导体在磁场里受力的左手定则确定, 这时导体  $cd$  受力是由右向左; 导体  $ab$  这时受力方向为从左向右, 如图 1-12(b) 所示。产生电磁转矩的方向并未改变, 仍然为逆时针方向。这就是直流电动机最简单的物理模型。

直流电动机电枢线圈里流过的电流, 其方向是交变的, 但是, 产生的电磁转矩却是单方向的, 这也是由于有换向器的缘故。例如原来在  $S$  极下的导体, 当它转到  $N$  极下时, 遇到的气隙磁密方向发生了变化, 由于有换向器的作用, 进入  $N$  极的导体其中流过的电流方向也跟着发生了变化。这样一来, 导体受力的方向或者产生电磁转矩的方向不发生任何变化。

与直流发电机模型一样, 作为直流电动机, 电枢上也不止一个线圈, 根据需要有若干个线圈放在电枢表面上。但是, 不管电枢上有多少个线圈, 产生的电磁转矩却始终是单一的作用方向。

**思考题 1-6** 在直流电动机里, 电刷中与电枢导体中流过的电流有什么共同和不同之处?

**思考题 1-7** 在直流电动机中, 换向器起了什么作用?

**例题 1-1** 当图 1-11 的直流发电机带上负载, 即线圈  $abcd$  里有了电流, 电流与电势同方向, 问这时导体  $ab$  与  $cd$  是否受到电磁力的作用, 如果有的话, 此电磁力的作用方向如何?

**解** 根据毕-萨电磁力定律  $f = B_x l i$  知道, 图 1-11 中导体  $ab$  与  $cd$  中有电流流过, 且都处于气隙磁场中, 因此会受电磁力作用。电磁力的作用方向根据左手定则确定, 是企图使导体  $ab$  与  $cd$  顺时针方向旋转(当然实际电枢仍然为逆时针方向旋转)。

**例题 1-2** 图 1-12 直流电动机旋转起来后, 导体  $ab$  与  $cd$  中是否切割气隙磁密感应电势, 如果有的话, 此感应电势的方向如何?

**解** 根据电磁感应定律  $e = B_x l v$  知道, 图 1-12 中导体  $ab$  与  $cd$  与气隙磁密有相对运动, 就要在导体  $ab$  与  $cd$  中感应电势。感应电势的方向用右手定则确定。在图 1-12 中, 与导体中电流的方向相反。

## 二、电机的铭牌数据

根据国家标准, 直流电机的额定数据有:

1. 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、效率分别叫额定转矩、额定效率等。

图 1-14 是直流电机的铭牌, 此铭牌钉在电机机座的外表面上, 供使用电机者参考。

关于额定容量, 对直流发电机来说, 是指电刷端的输出功率; 对直流电动机来说, 是指它的转轴上输出的机械功率。因此, 直流发电机的额定容量应为

$$P_N = U_N I_N$$

而直流电动机的额定容量为

$$P_N = U_N I_N \eta_N$$

式中  $\eta_N$  是直流电动机的额定效率。它是直流电动机额定运行时输出机械功率与电源输入电功率之比。

直 流 电 动 机			
型 号		励磁方式	
额定功率		励磁电压	
额定电压		励磁电流	
额定电流		定 额	
额定转速		绝缘等级	
标准编号		重 量	
出品编号		出厂日期	
中 华 人 民 共 和 国			
× × × 电机厂制造			

图 1-14 直流电机的铭牌

直流电机运行时,若各个物理量都与它的额定值一样,就叫额定运行状态。在额定运行状态下工作,电机能可靠地运行,并具有良好的性能。

实际运行中,电机不能总是运行在额定状态。如果流过电机的电流小于额定电流,称为欠载运行;超过额定电流,称为过载运行。长期过载或欠载运行,都不好。长期过载有可能因过热而损坏电机。长期欠载,运行效率不高,浪费能量。为此选择电机时,应根据负载的要求,尽量让电机工作在额定状态。关于如何选择电机,将在下册第十章里介绍。

**例题 1-3** 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,额定效率  $\eta_N=90\%$ ,求该发电机的输入功率  $P_1$  及额定电流  $I_N$  各为多少?

**解** 已知这台电机的额定功率  $P_N=145$  千瓦,额定效率  $\eta_N=90\%$ ,于是  
额定输入功率

$$P_1 = \frac{P_N}{\eta_N} = \frac{145}{0.9} = 161 \text{ (千瓦)}$$

额定电流

$$I_N = \frac{P_N}{U_N} = \frac{145 \times 10^3}{230} = 630.4 \text{ (安)}$$

**例题 1-4** 一台  $Z_2$  型直流电动机,其额定功率  $P_N=160$  千瓦,额定电压  $U_N=220$  伏,额定效率  $\eta_N=90\%$ ,额定转速  $n_N=1500$  转/分,求该电动机的输入功率  $P_1$  及额定电流各是多少?

解 已知这台电动机的额定功率  $P_N = 160$  千瓦, 额定效率  $\eta_N = 90\%$ , 故额定输入功率

$$P_1 = \frac{P_N}{\eta_N} = \frac{160}{0.9} = 177.8 \text{ (千瓦)}$$

额定电流

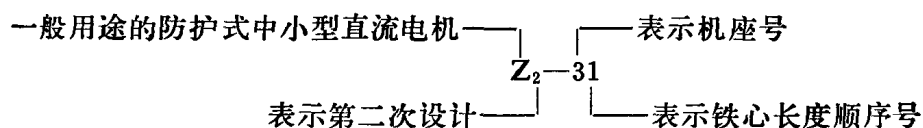
$$I_N = \frac{P_1}{U_N} = \frac{177.8 \times 10^3}{220} = 808.1 \text{ (安)}$$

或

$$I_N = \frac{P_N}{U_N \eta_N} = \frac{160 \times 10^3}{220 \times 0.9} = 808.1 \text{ (安)}$$

### 三、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的汉语拼音字母和阿拉伯数字表示。其中汉语拼音字母是根据电机的全名称选择有代表意义的汉字, 再从该汉字的拼音中得到。例如,  $Z_2-31$  的含意为:



国产的直流电机种类很多, 下面列出一些常见的产品系列。

$Z_2$  系列是一般用途的中、小型直流电机, 包括发电机和电动机。

$Z$  和  $ZF$  系列是一般用途的大、中型直流电机系列。 $Z$  是直流电动机系列;  $ZF$  是直流发电机系列。

$ZT$  系列是用于恒功率且调速范围比较大的拖动系统里的广调速直流电动机。

表 1-1

绕组名称	出线标志	
	始端	末端
电枢绕组	$S_1$	$S_2$
串励绕组	$C_1$	$C_2$
并励绕组	$B_1$ 或 $F_1$	$B_2$ 或 $F_2$
他励绕组	$T_1$ 或 $W_1$	$T_2$ 或 $W_2$
换向绕组	$H_1$	$H_2$
补偿绕组	$BC_1$	$BC_2$
去磁绕组	$QC_1$	$QC_2$
起动绕组	$Q_1$ 或 $K_1$	$Q_2$ 或 $K_2$



表 1-2

电机 型号	额定 功率 (千瓦)	额定 电压 (伏)	额定 转速 (转/分)	额定 电流 (安)	额定 效率 (%)	最高 转速 (转/分)	最大励 磁功率 (瓦)	他励 电压 (伏)	飞轮矩 (牛·米 <sup>2</sup> )	重量 (公斤)
Z <sub>2</sub> -11	0.4	220	1500	2.71	67	3000	43	110	0.12	32
Z <sub>2</sub> -12	0.6			3.84	71		62		0.15	26
Z <sub>2</sub> -21	0.8			4.94	73.5		68		0.12	18
Z <sub>2</sub> -22	1.1			6.53	76.5		101		0.54	56
Z <sub>2</sub> -31	1.5			8.68	78.5	2400	94		0.83	95
Z <sub>2</sub> -32	2.2			12.35	81		105		1.03	79
Z <sub>2</sub> -41	3			17	80		134		1.47	88
Z <sub>2</sub> -42	4			22.3	81.5		170		1.77	101
Z <sub>2</sub> -51	5.5			30.3	82.5	2250	165		3.43	126
Z <sub>2</sub> -52	7.5			40.8	83.5		260		3.92	148
Z <sub>2</sub> -61	10			53.8	84.5	2000	260		5.49	175
Z <sub>2</sub> -62	13			68.7	86		264		6.18	196
Z <sub>2</sub> -71	17			90	86	1800	430		9.81	280
Z <sub>2</sub> -72	22			115.4	86.5		370		11.77	320
Z <sub>2</sub> -81	30			156.9	87	1500	540		27.47	393
Z <sub>2</sub> -82	40			208	87.5		770		31.39	443
Z <sub>2</sub> -91	55			284	88	1800	770		57.88	630
Z <sub>2</sub> -92	75			385	88.5		870		68.67	730
Z <sub>2</sub> -101	100			511	89	1500	1070		101	870
Z <sub>2</sub> -102	125			635	89.5		940		117.7	1130
Z <sub>2</sub> -111	160			810	90	1500	1300		200	1350
Z <sub>2</sub> -112	200			1010	90		1620		225.6	1410

ZZJ 系列是冶金辅助拖动机械用的冶金起重直流电动机。

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。

Z-H 系列是船舶上各种辅助机械用的船用直流电动机。

ZA 系列是用于矿井和有易爆气体场所的防爆安全型直流电动机。

ZU 系列是用于龙门刨床的直流电动机。