

The background is a dark blue gradient. It features several thin, light blue lines that intersect to form a network of triangles and other geometric shapes. Scattered throughout are several small, four-pointed yellow stars. On the left side, there is a small, colorful sphere with a green and blue pattern, resembling a planet or a globe.

# 电机拖动

吉林大学

通信工程学院自动控制教研室



# 第 二 章 直 流 电 机



## 本章重点

直流电机主要讲述直流电机的基本知识，如主要结构部件的作用，电刷的放置，电枢绕组的特点，运行中的电磁现象，以及反映电机运行原理的基本关系式等。重点着眼具有可逆性，可以用作发电机或电动机，输出功率输入功率，供给电负载。





作电源用:直流发电机将  
机械能转化为直流电能

信号传递:直流测  
速发电机将机械  
信号转为电信号



做励磁机用  
一般小于10万kW的单机  
同步发电机要用直流发电  
机作为励机

动力用:直流电动机  
将直流电能  
转化为机械能

信号传递-直流伺服电机  
将控制信号转为机械信  
号。

# 引导神洲五号发射的大型电机





# 驱动生产机构

(各种生产机械和装备的动力设备)



# 盲人引路车



# 爬行机器人



## 本节重点内容

- 1.了解直流电机主要结构，注意换向器和电刷的作用；
- 2.熟悉直流发电机和直流电动机基本工作原理，理解感应电动势和电磁转矩这两个机电能量转换要素的物理意义，掌握求解它们的计算方法；
- 3.掌握直流电机的运行原理，电动势、转矩平衡方程式以及不同励磁方式的直流电机的工作特性；
- 4.了解直流电机的换向。



# 直流电机 (dc machines)

是将机械能转换为直流电能或将直流电能转换为机械能的一种装置。

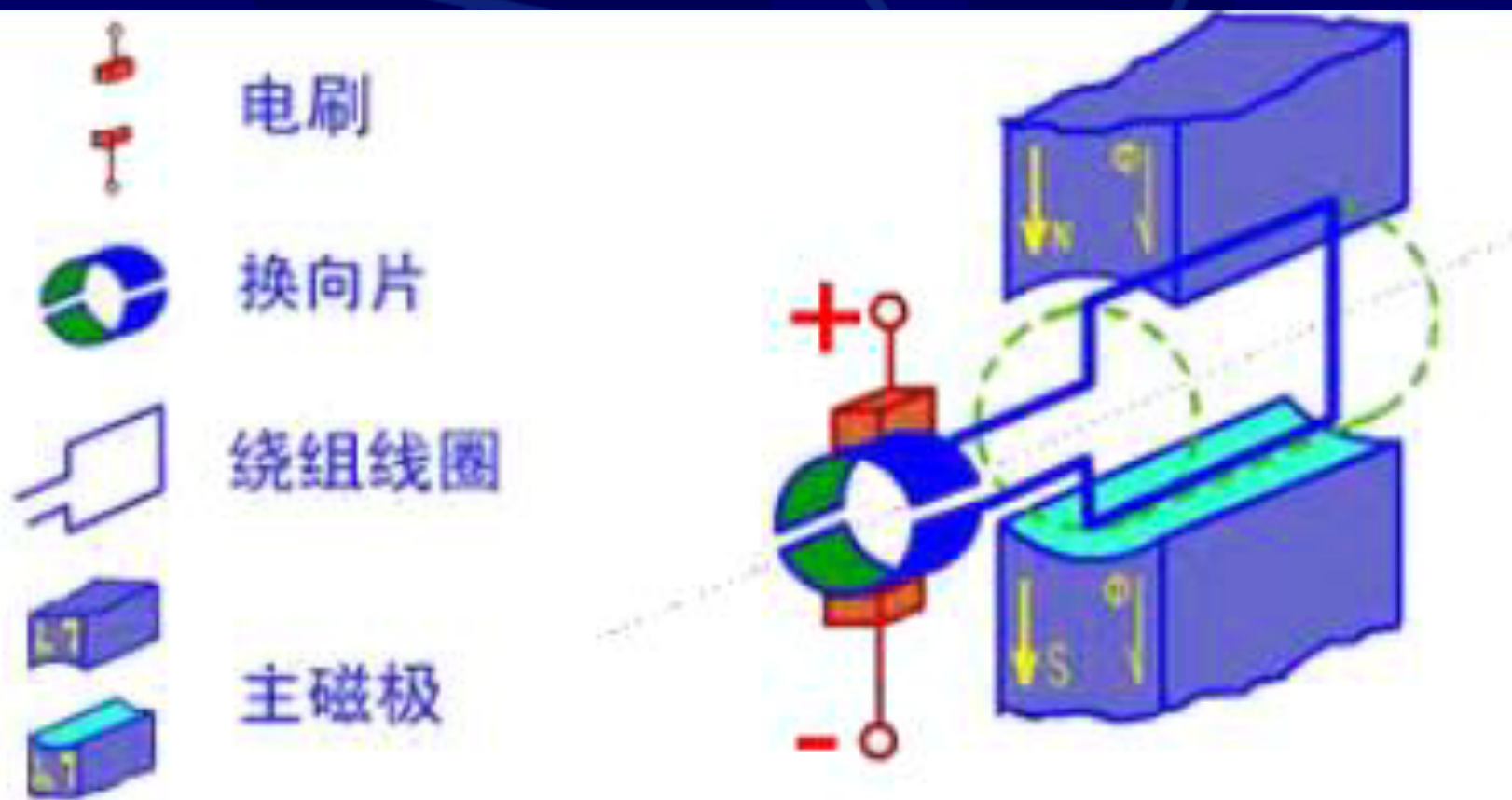
把机械能转换为电能的直流电机称为直流发电机(dc generators)

把电能转换为机械能的直流电机称为直流电动机(dc motor)。

直流电动机具有宽广的调速范围，较强的过载能力和较大的起动转矩等特点，常应用于对起动和调速要求较高的生产机械，如电力机车、内燃机车、工矿机车、城市电车、电梯、轧钢机等拖动电机。

# 直流电机的基本工作原理与结构

## 直流电机的物理模型



# 直流发电机的基本工作原理

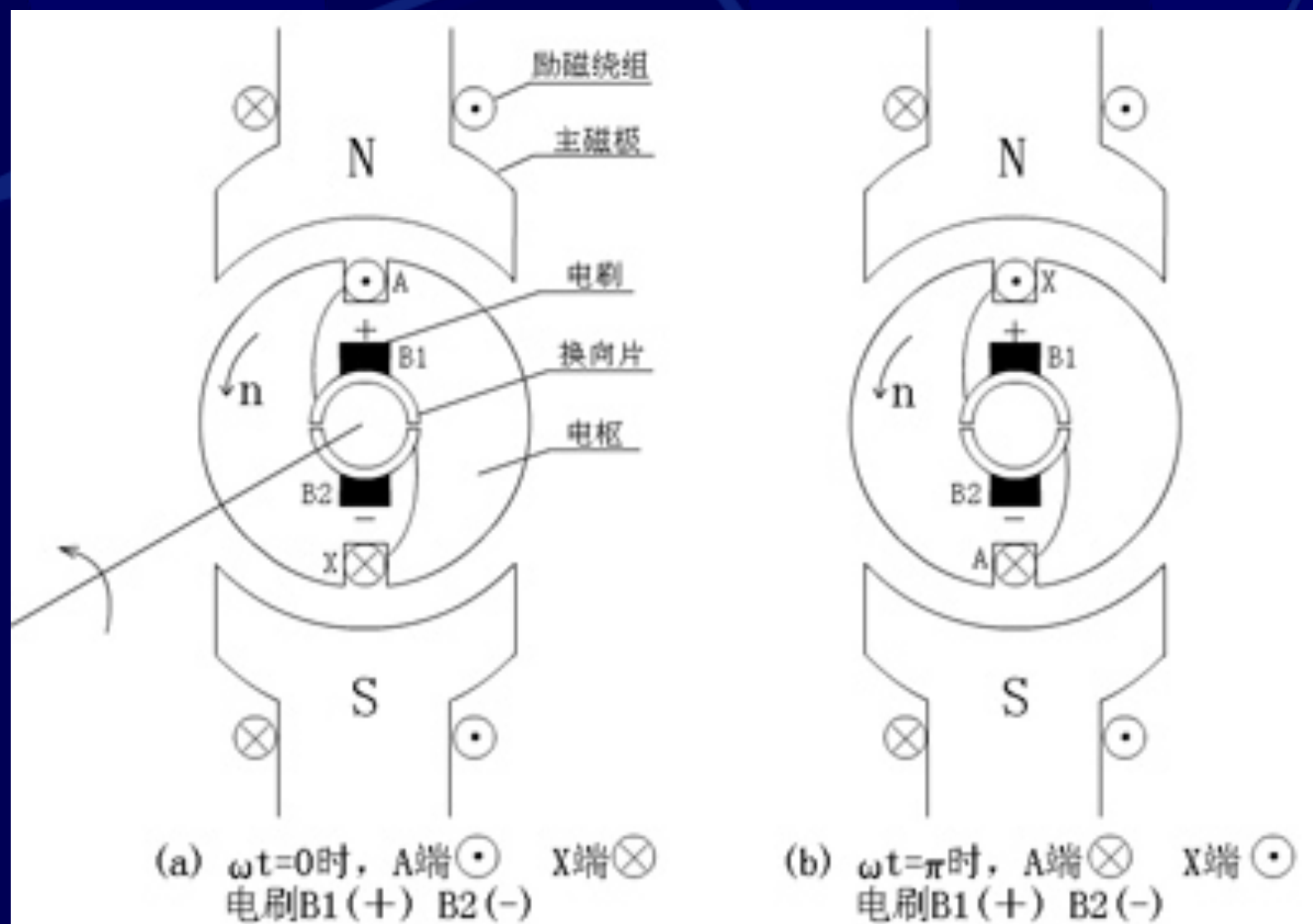
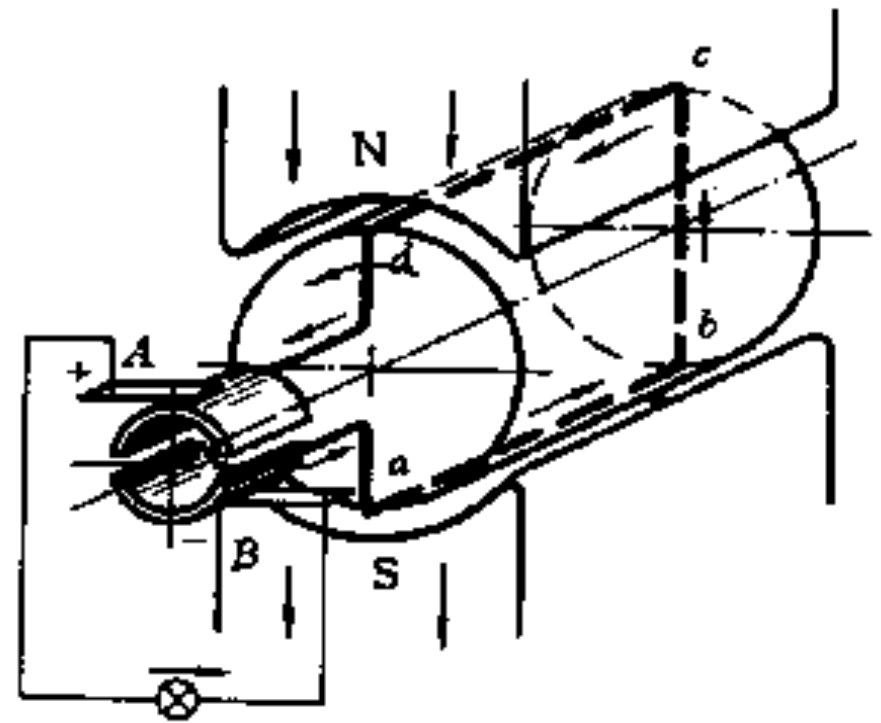
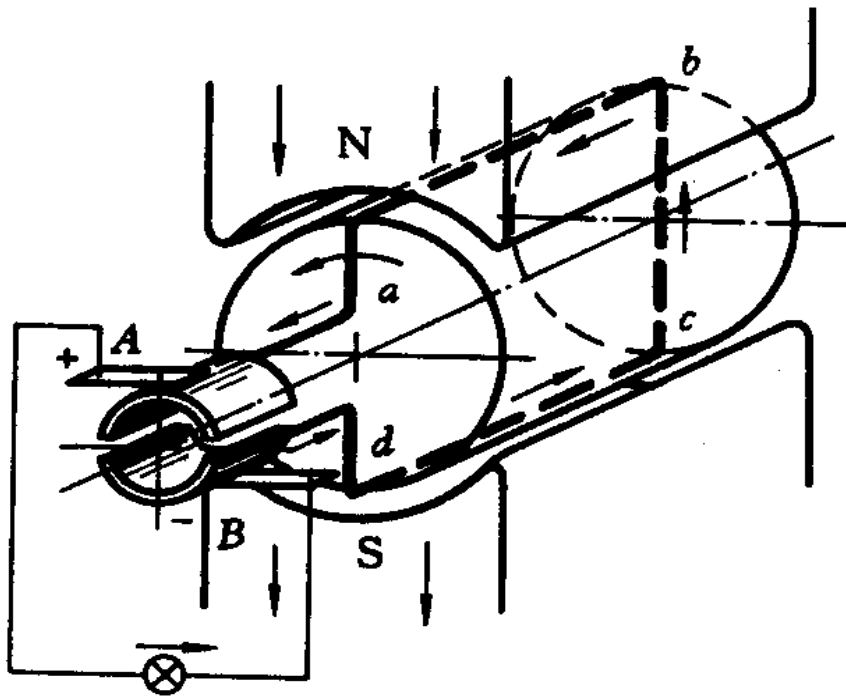
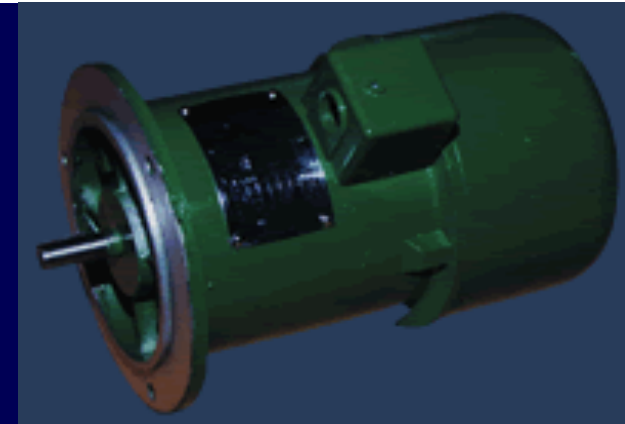


图1—1 直流发电机工作原理

# 直流电机的基本原理及结构

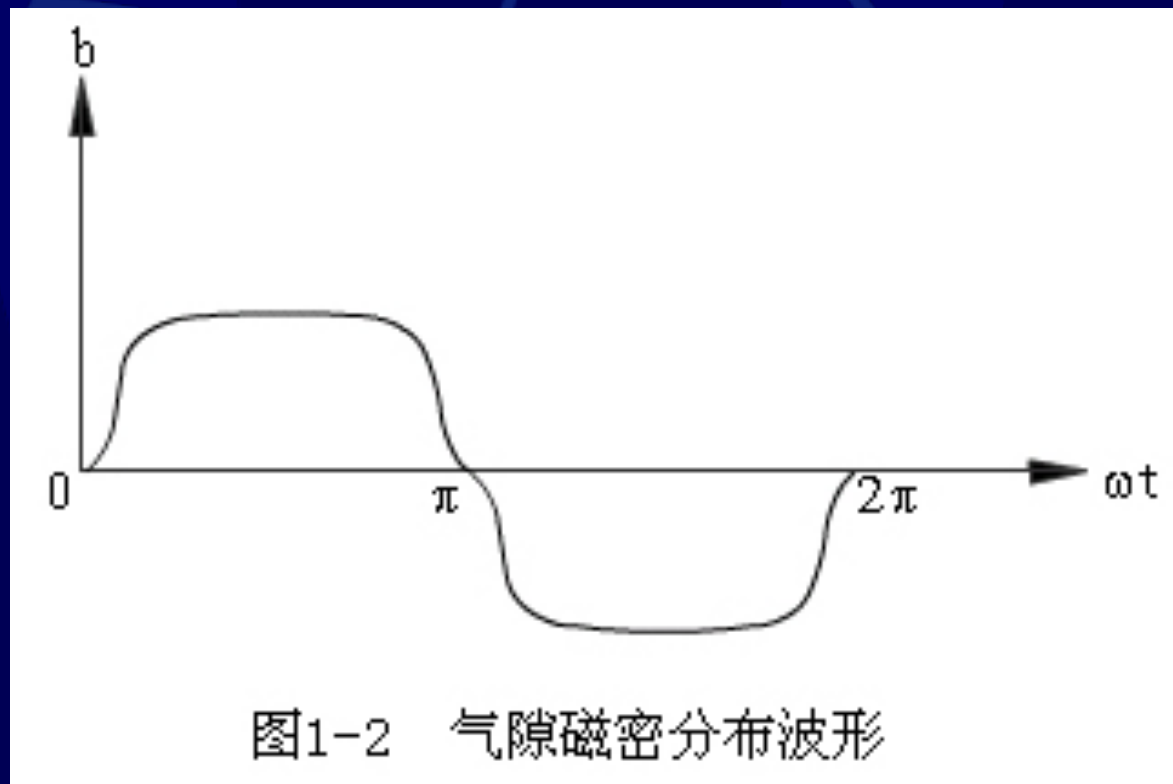
## 直流发电机的基本工作原理



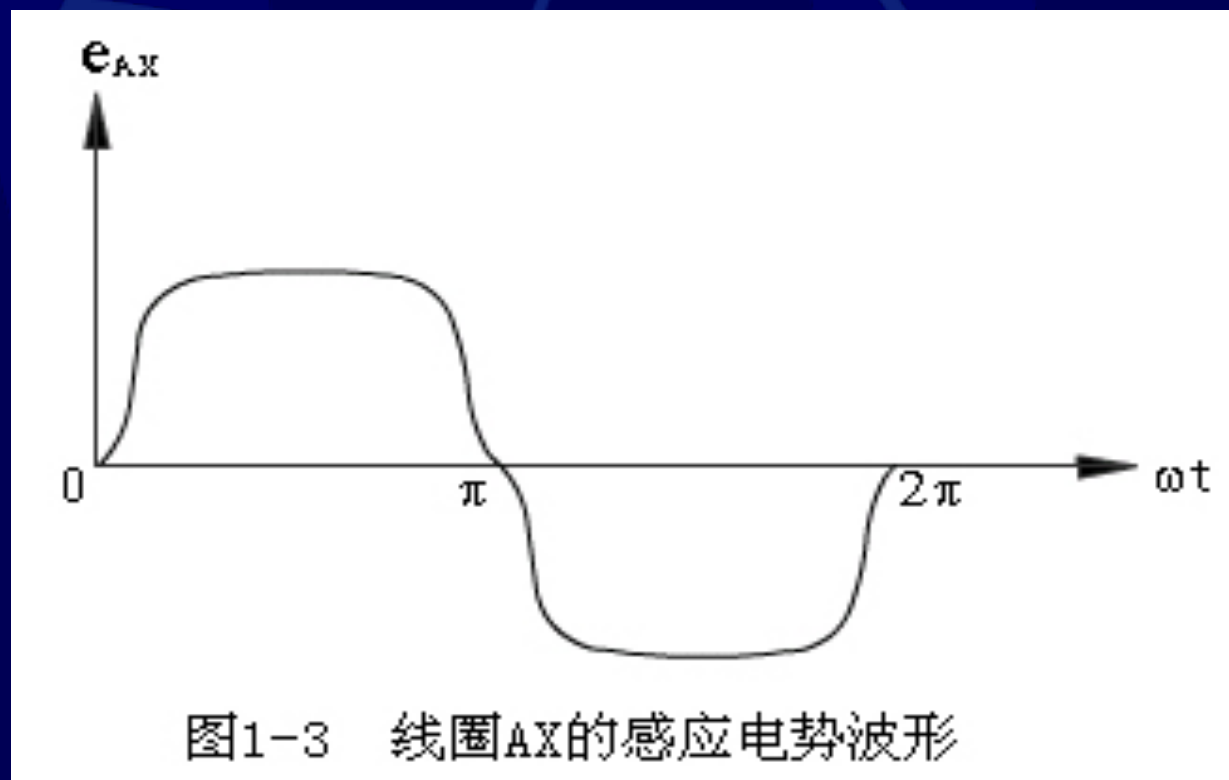


- 1、电枢线圈中的感应电动势及电流是交变的，通过电刷与换向片的整流作用使输出为恒定。
- 2、发电机电枢线圈中的感应电动势与电流方向始终一致。
- 3、虽然电枢线圈是旋转的，且电枢电流是交变的，但是从空间上看，N极与S极下的电枢电流方向不变，因此电枢电流产生的磁场在空间上是一个恒定不变的磁场。
- 4、电枢绕组与磁场作用产生电磁力，左手定则可知，方向与转子旋转方向相反，力矩大小为  $T=f \cdot R$ ，因此需要原动机不断输入机械功率克服电磁转矩的制动，从而使机械能通过电磁感应作用转化为电能。

## 气隙磁密分布波形



## 线圈AX的感应电势波形



## 刷间电动势波形

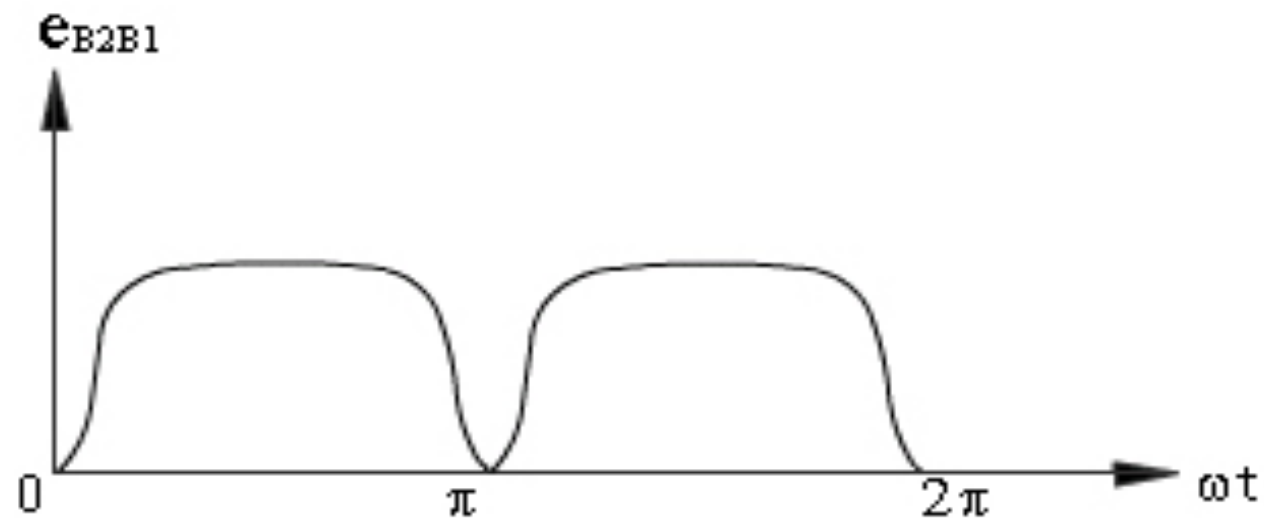


图1-4 电刷B1与B2间的电动势波形



## 分析

N极下导体电动势指向纸外，电刷B1总为“+”；  
S极下导体电动势指向纸内，电刷B2总为“-”，不  
难看出，线圈中的电动势是交流电动势，而通过  
换向器的作用，使电刷间的电动势为直流电动  
势。

# 换向器和电刷的共同作用

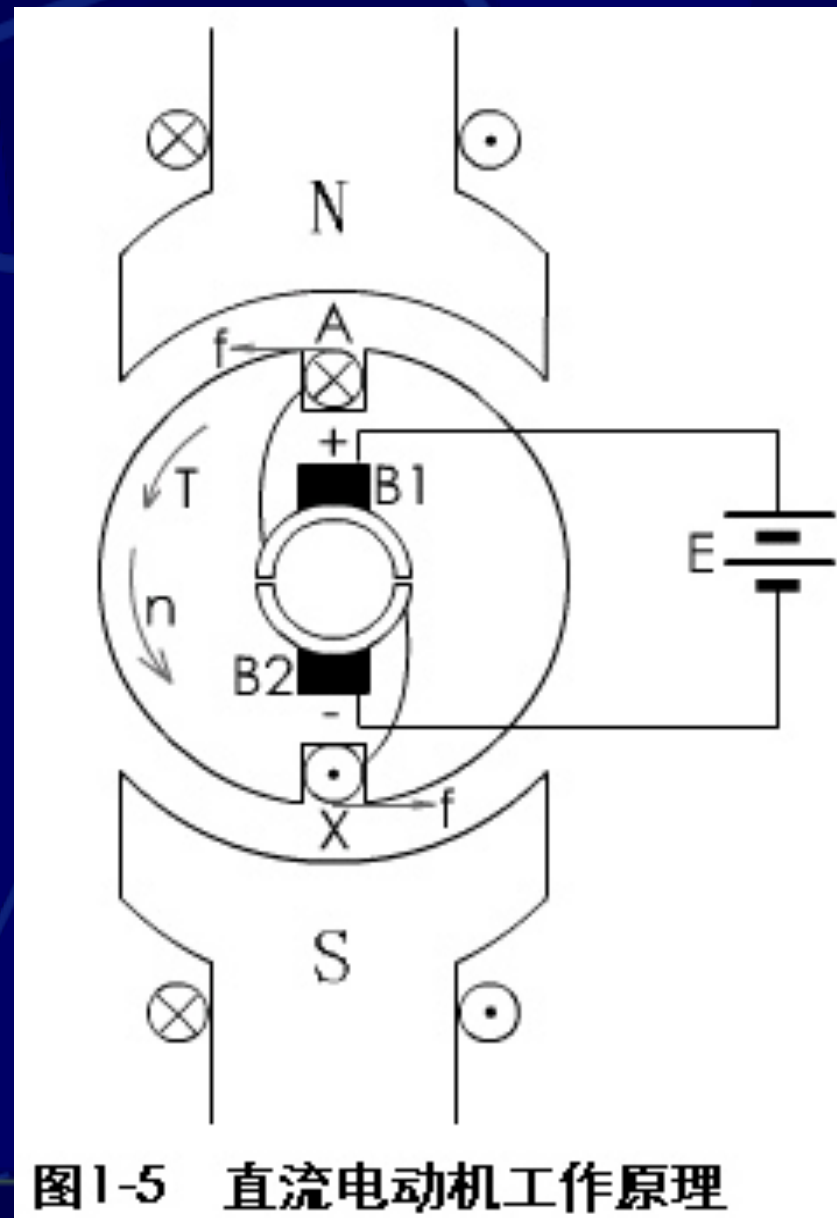
在直流发电机中，换向器和电刷的共同作用：

- ①将线圈中的交流电动势整流成刷间的直流电动势；
- ②把转动的电路与外面不转的电路联接。

# 说明

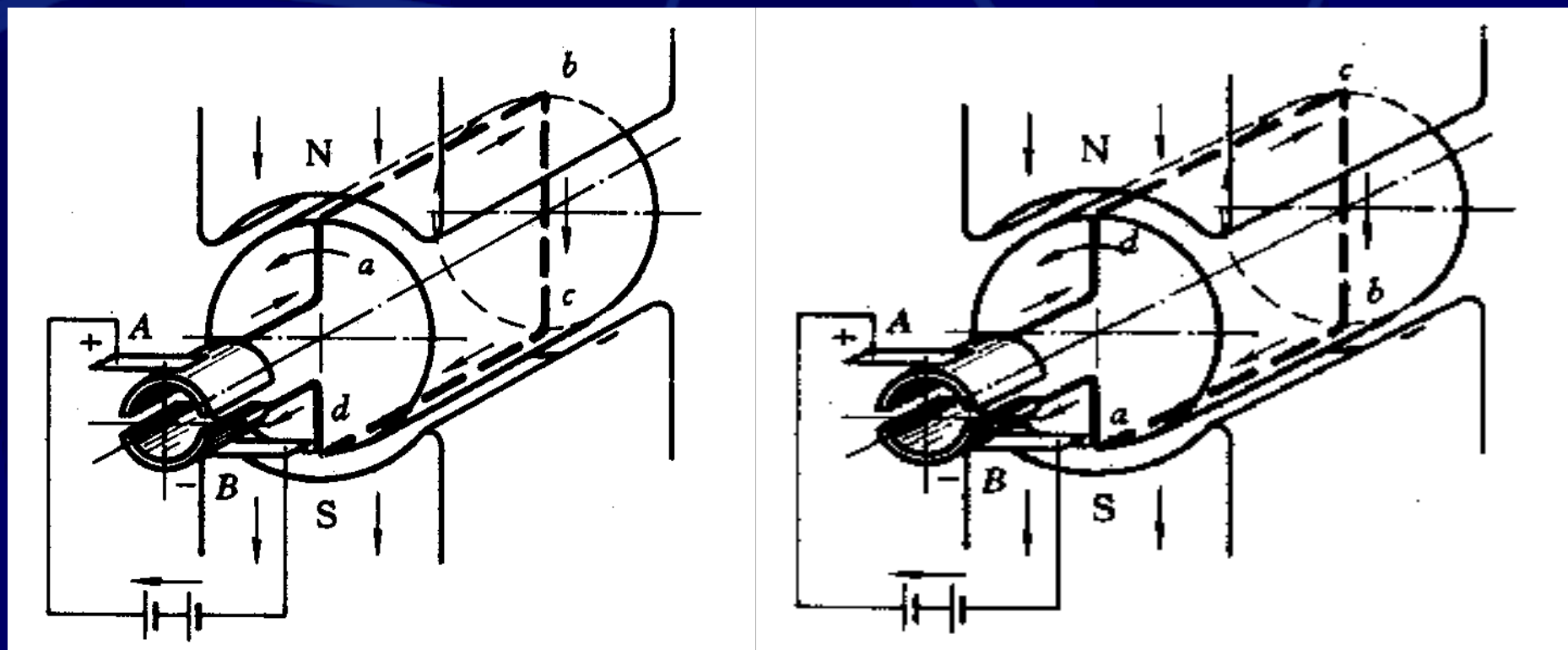
从刷间电动势波形看，电动势脉动很大，为了减小电动势的脉动程度，实际电机采用很多元件组成电枢线圈，均匀分布在电枢表面，并按一定规律联接，刷间串联元件数增多，脉动减小，就得到所需的直流电。

# 直流电动机的基本工作原理





# 直流电动机的工作原理

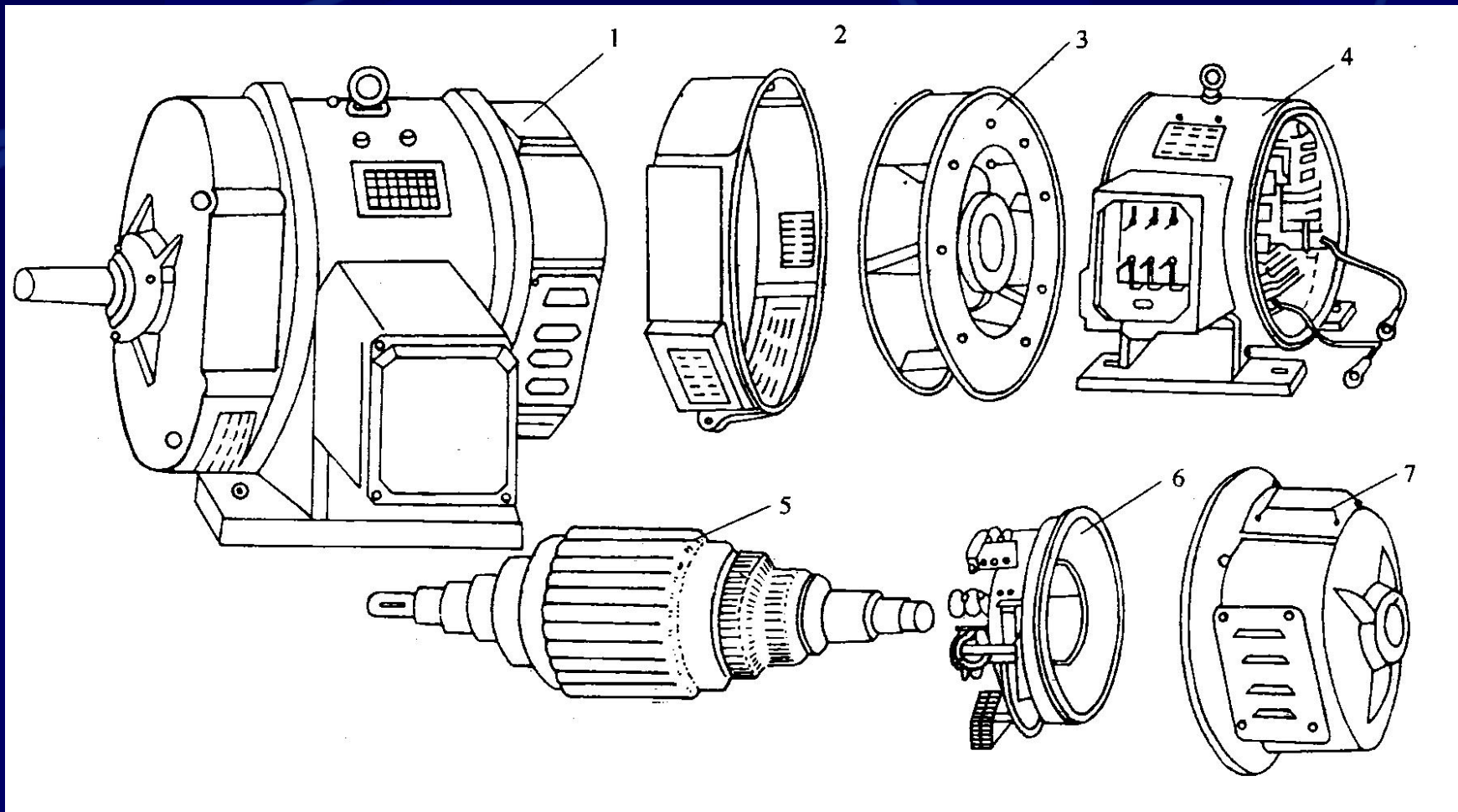


- 1、虽然外施电压，电流为直流，但电枢绕组内的电流为交变，靠的是换向片与电刷的逆变作用。
- 2、从空间上看，电枢电流产生一个恒定磁场。
- 3、电枢旋转时，电枢导体切割磁力线产生交变感应电动势，方向与电枢电流方向相反，称之为反电势。
- 4、电动机中，电磁转矩方向与转子一致，属驱动性质。

## 直流电机的可逆性

一台直流电机原则上既可以作为电动机运行，也可以作为发电机运行，只是外界条件不同而已。如果用原动机拖动电枢恒速旋转，就可以从电刷端引出直流电动势而作为直流电源对负载供电；如果在电刷端外加直流电压，则电动机就可以带动轴上的机械负载旋转，从而把电能转变成机械能。这种同一台电机能作电动机或作发电机运行的原理，在电机理论中称为可逆原理。

# 直流电机的主要结构部件



1-直流电机总成；2-后端盖；3-通风机；4-定子总成；

5-转子（电枢）总成；6-电刷装置；7-前端盖



# 直流电机的结构

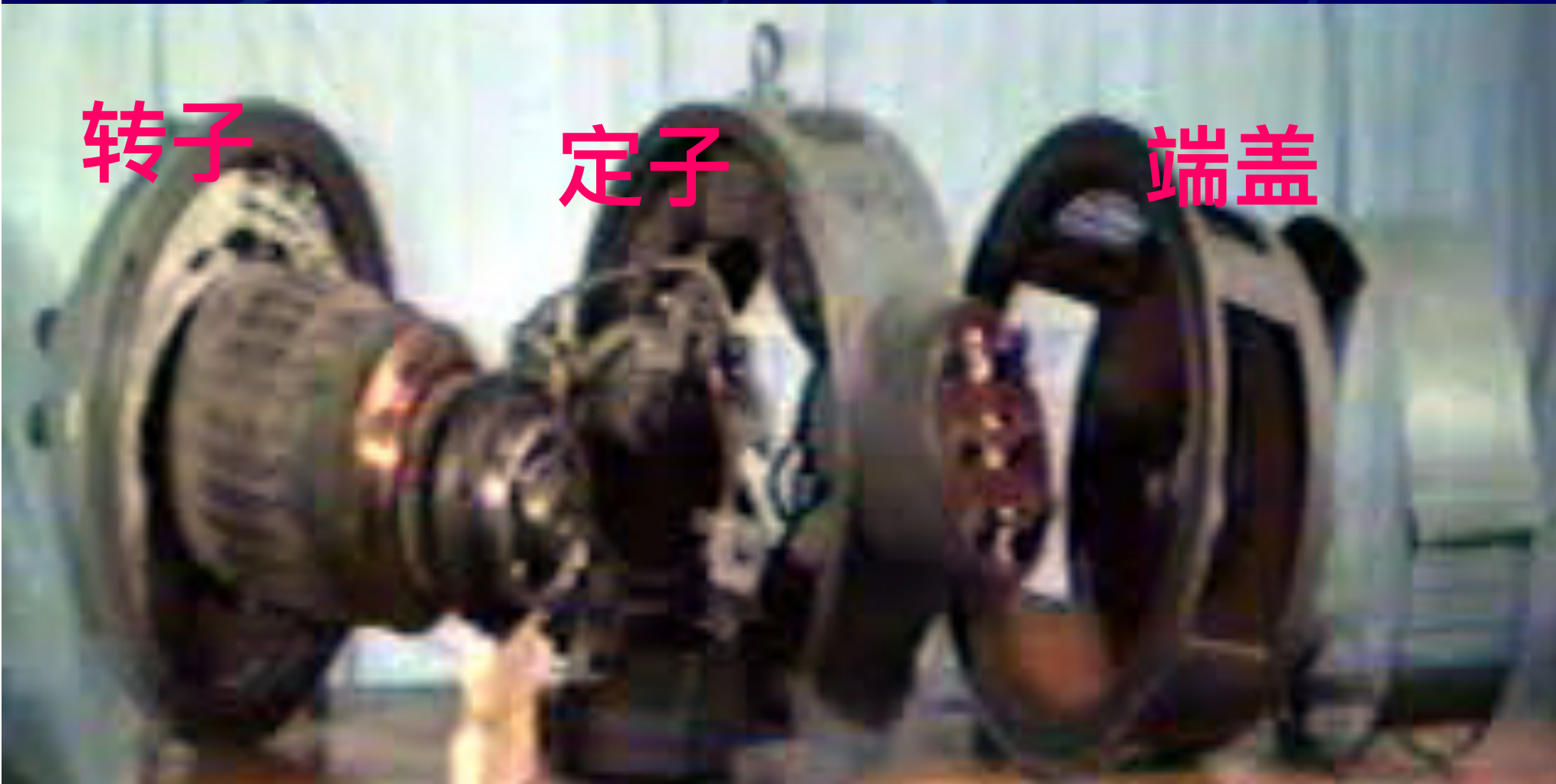
定子部分

转子部分

转子

定子

端盖



直流电机由两大部分组成：

定子（静止部分）和转子（转动部分或称电枢）

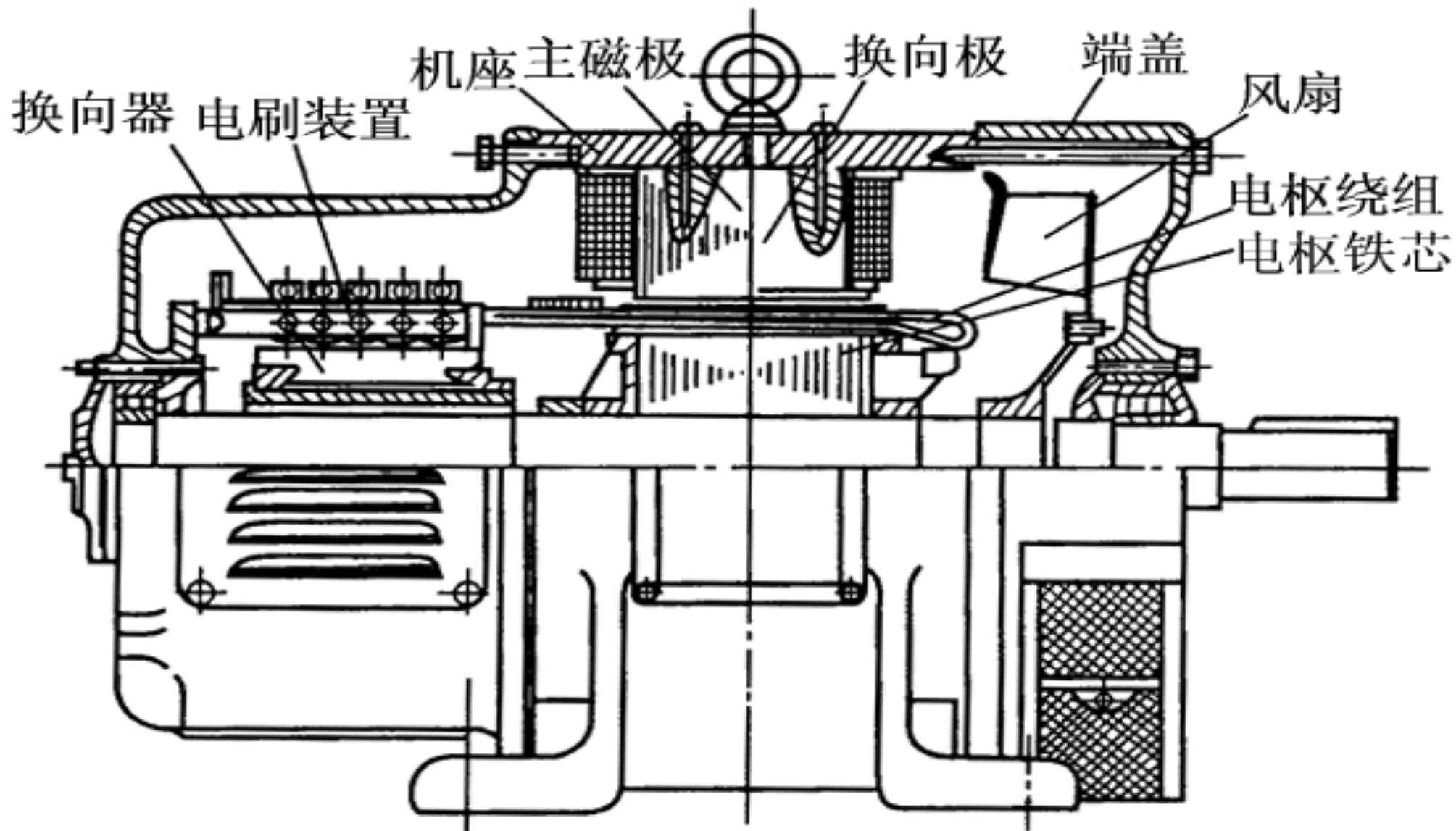
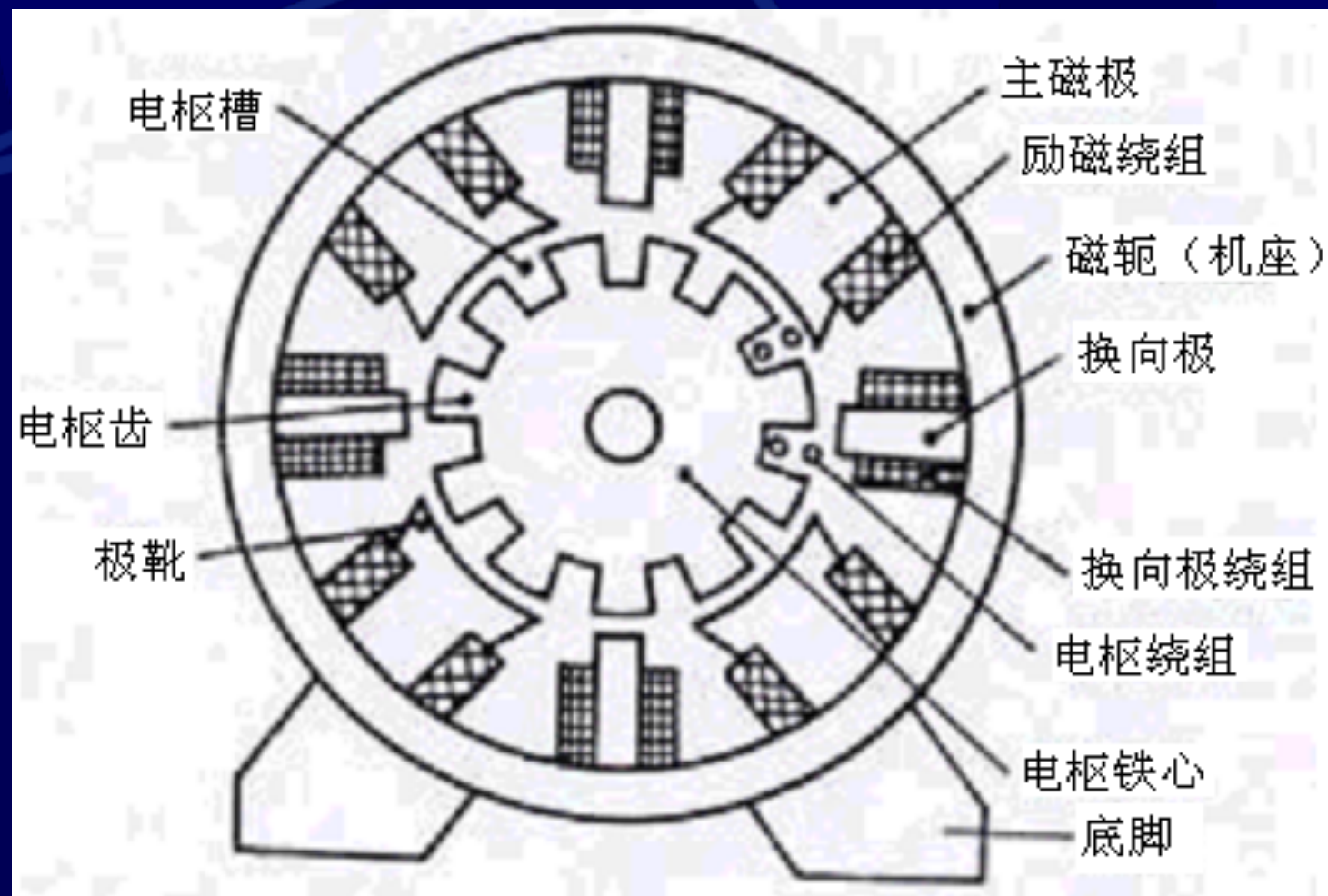


图1—7 直流电机的结构



直流电机侧剖面图



# 直流电机的主要结构 (定子)

直流电机由固定部分定子和旋转部分转子两大部分构成

1、定子部分：定子包括机座、主磁极、换向极和电刷装置等。

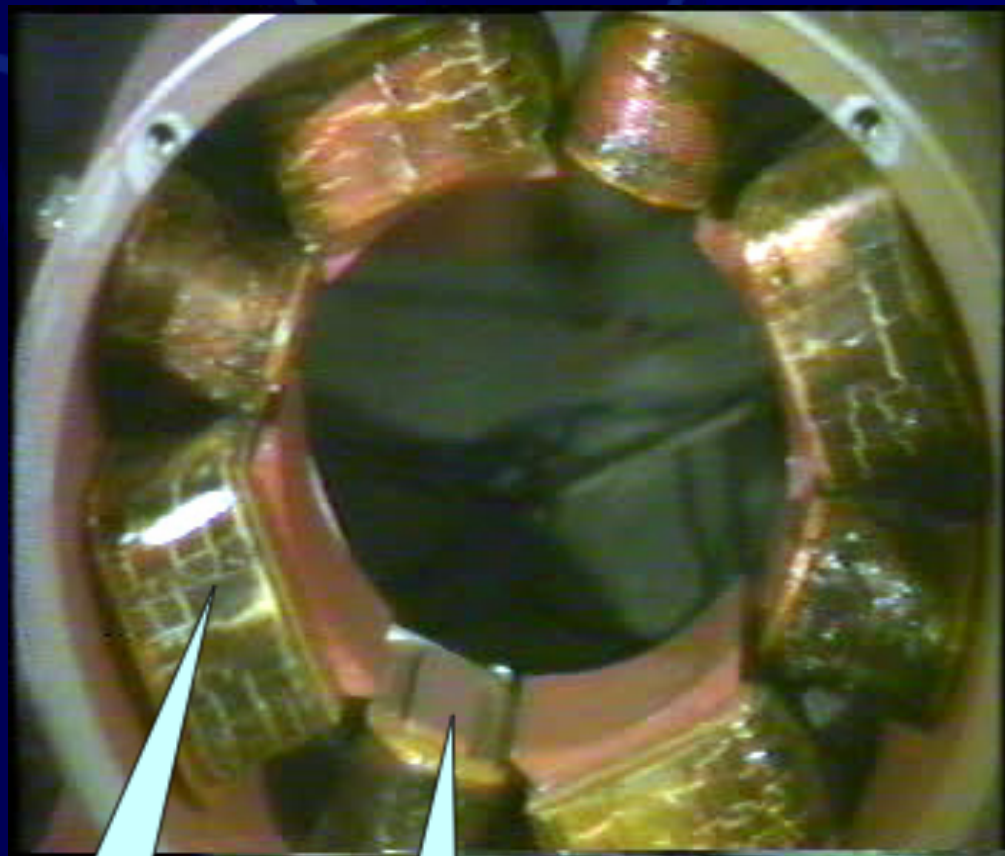
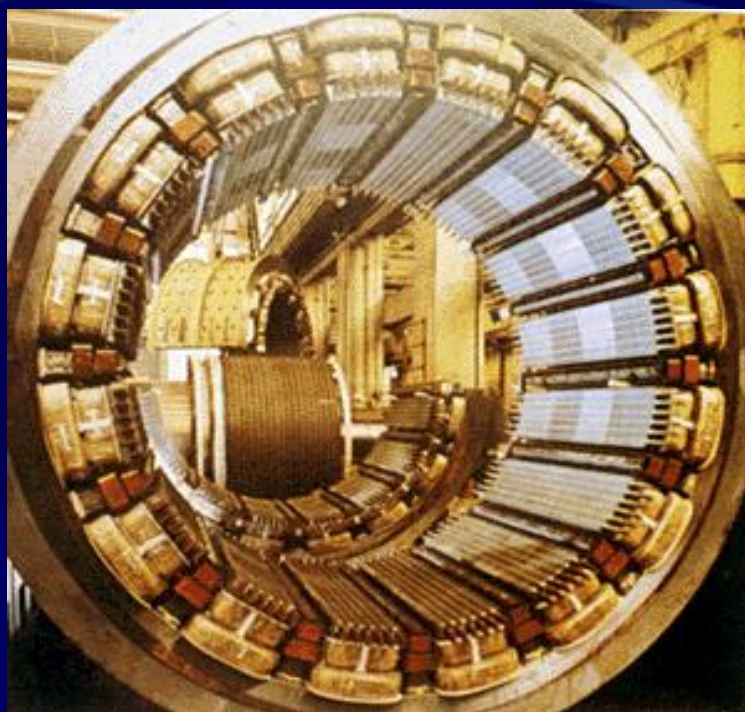
1) 主磁极：简称主极，产生主磁场。在普通直流电机中，它由铁芯和绕在上面的励磁线圈组成铁芯线圈，少数特殊电机主磁极由永久磁铁制成。

主磁极是电磁铁，为了尽可能的减小涡流和磁滞损耗，主磁极铁芯用1~1.2mm厚的低碳钢板叠压而成。整个磁极用螺钉固定在机座上。

主极的作用是在定转子之间的气隙中建立磁场，使电枢线圈在如磁场的作用下感应电动势和产生电磁转矩

# 定子

主磁极； 换向磁极； 机座； 电刷



主磁极

换向磁极



主磁极的个数一定是偶数，励磁绕组的连接必须使得相邻主磁极的极性按 N、S 极交替出现。

- 2) 换向极：它是用来改善换向的。它也是一个铁芯线圈，安装在相邻两主极之间，数目一般与主磁极的极数相同。在某些小功率的直流电机中，数目一般减半或不装。
- 3) 机座：支撑整个机体，又作磁极间的磁路。因此要求机座有好的导磁性能及足够的机械强度与刚度。机座通常用铸钢或厚钢板焊成。
- 4) 电刷装置：电刷的作用是把转动的电枢绕组与静止的外电路相连接，并与换向器相配合，变换电流或电势的方向。

# 直流电机的主要结构

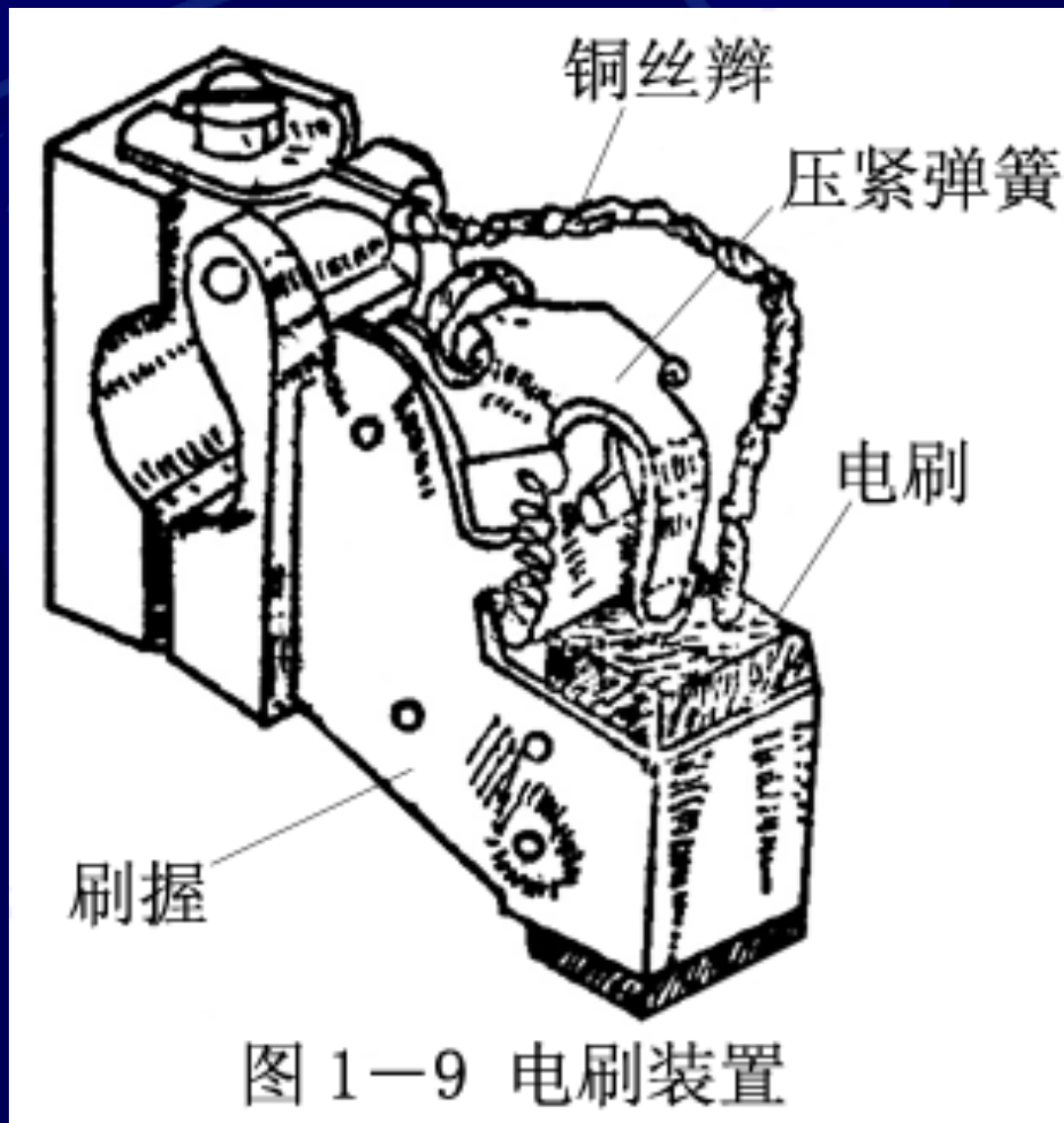
## 电刷装置

由电刷、刷握、刷杆、压紧弹簧等组成，它的作用是联接转动和静止之间的电路。

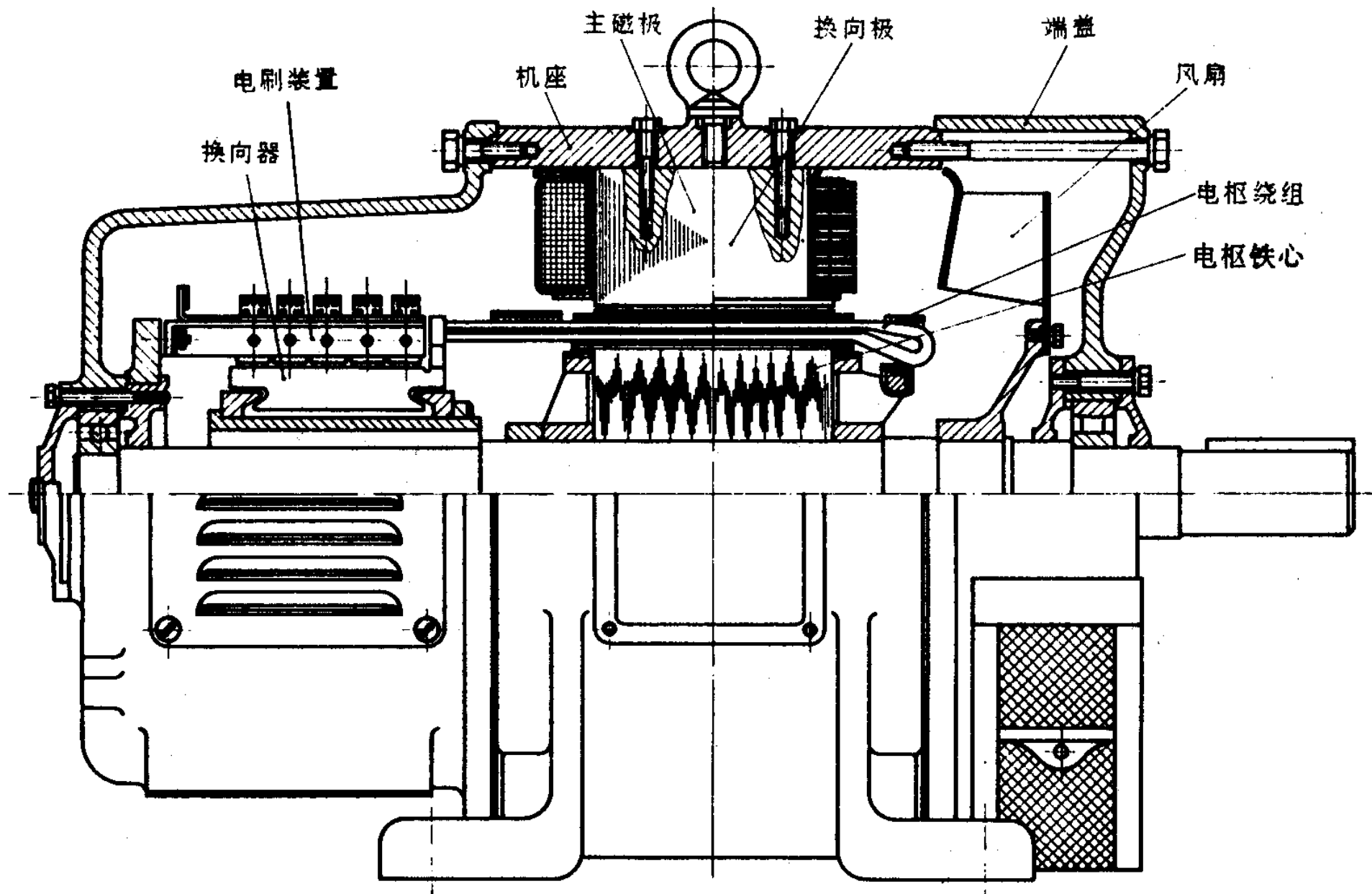
## 机座

作用是固定主磁极等部件，同时也是磁路的一部分。

# 直流电机的主要结构



# 直流电机的主要结构(转子)

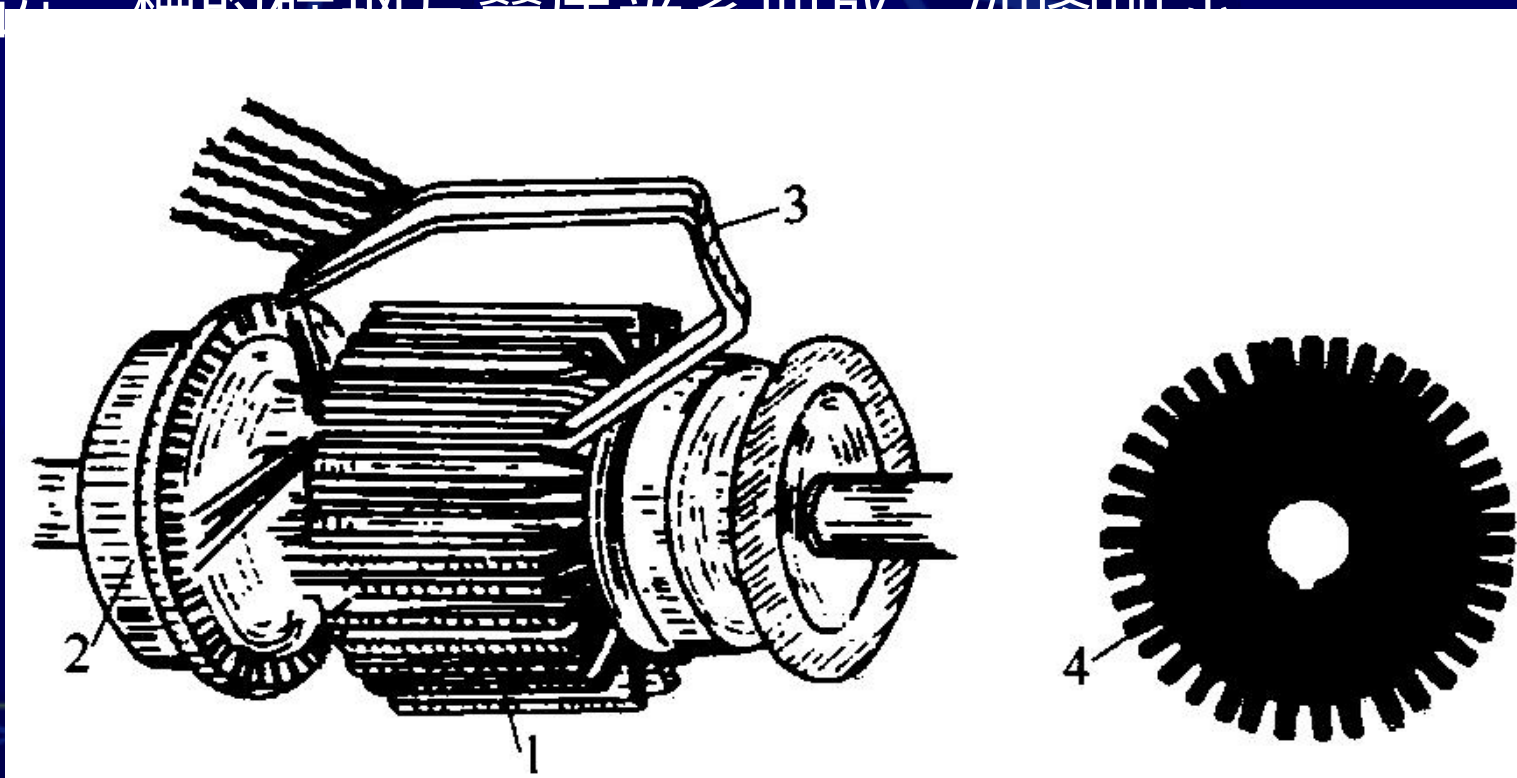


# 转子部分

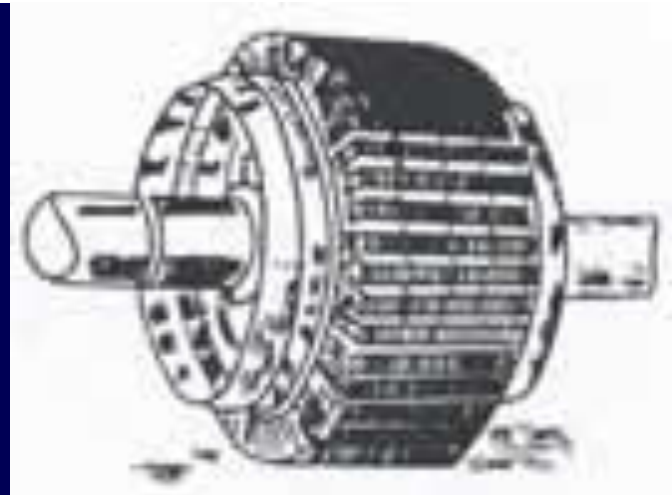
## (1) 电枢铁心

电枢铁心是主磁路的组成部分；电枢绕组就嵌放在电枢铁心的槽内。为减少电枢铁心内的涡流损耗，铁心一般用厚0.5mm且冲有齿槽的硅钢片叠压而成，如图所示。

- 1-电枢铁心；
- 2-换向器；
- 3-绕组元件；
- 4-铁心冲片



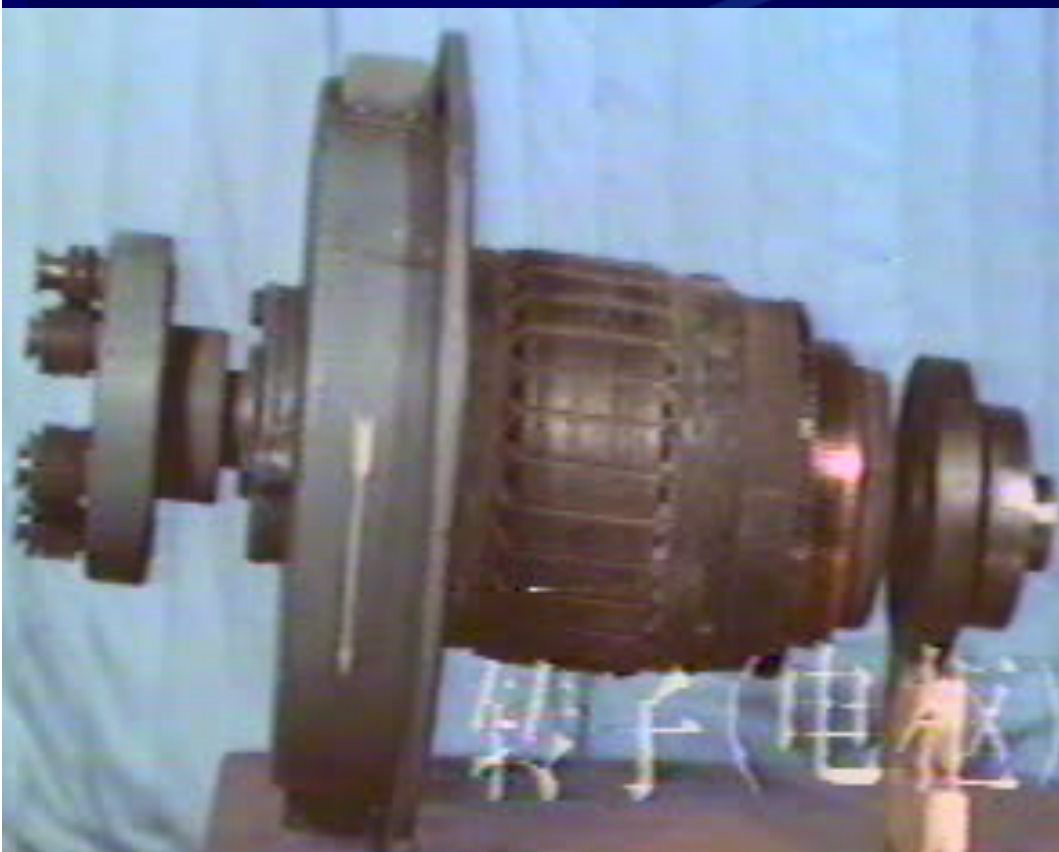
# 转子部分



转子又称为电枢，包括电枢铁心、电枢绕组、换向器、风扇、轴和轴承等。

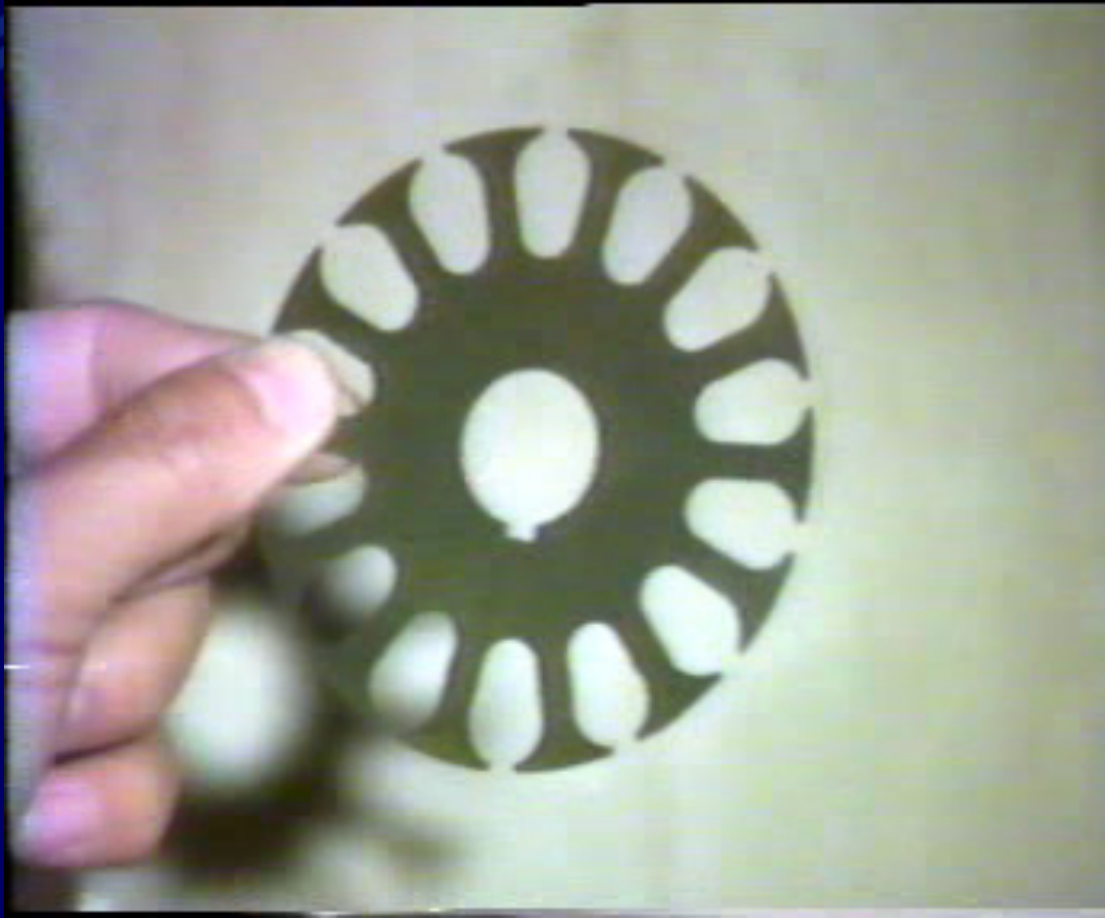
- 1) 电枢铁心：它是电机主磁路的一部分，用来嵌放电枢绕组的，为了减少电枢旋转时电枢铁心中因磁通变化而引起的磁滞及涡流损耗，电枢铁心通常用0.5mm厚的两面涂有绝缘漆的硅钢片叠压而成。





转子下线

电枢铁心硅钢片(0.5mm)



电枢铁心

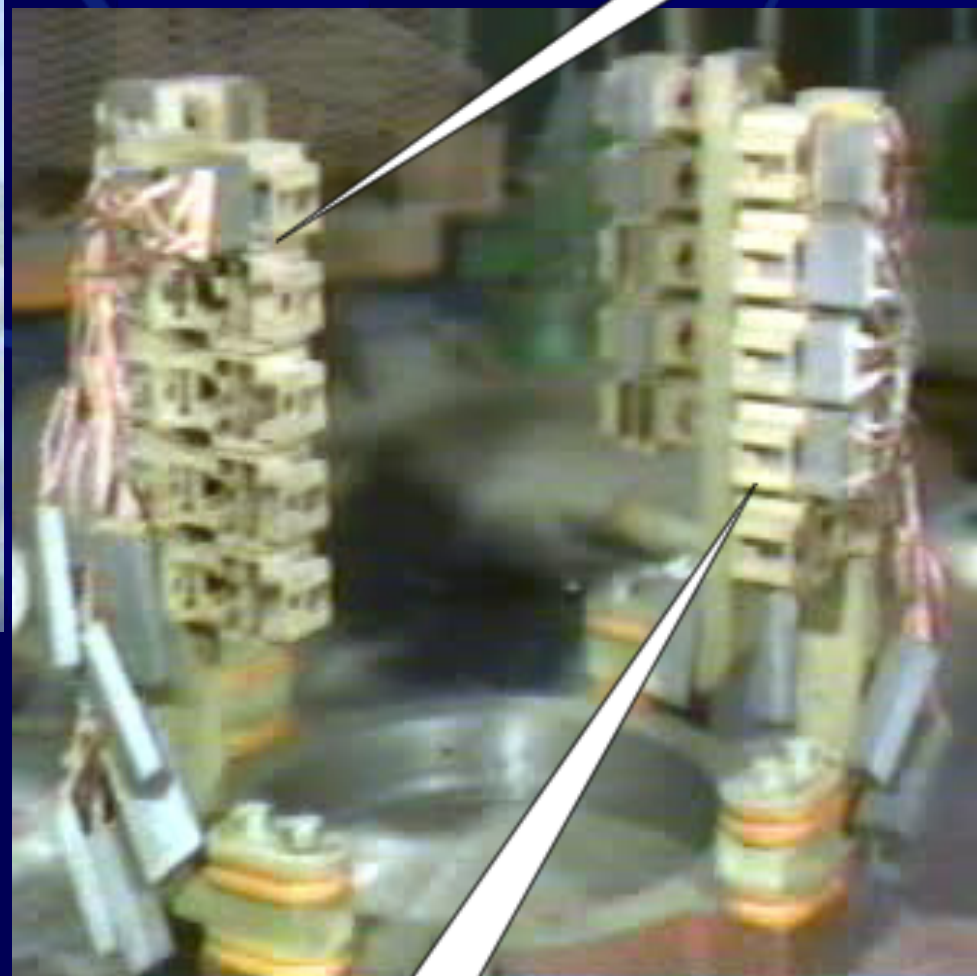


铁芯

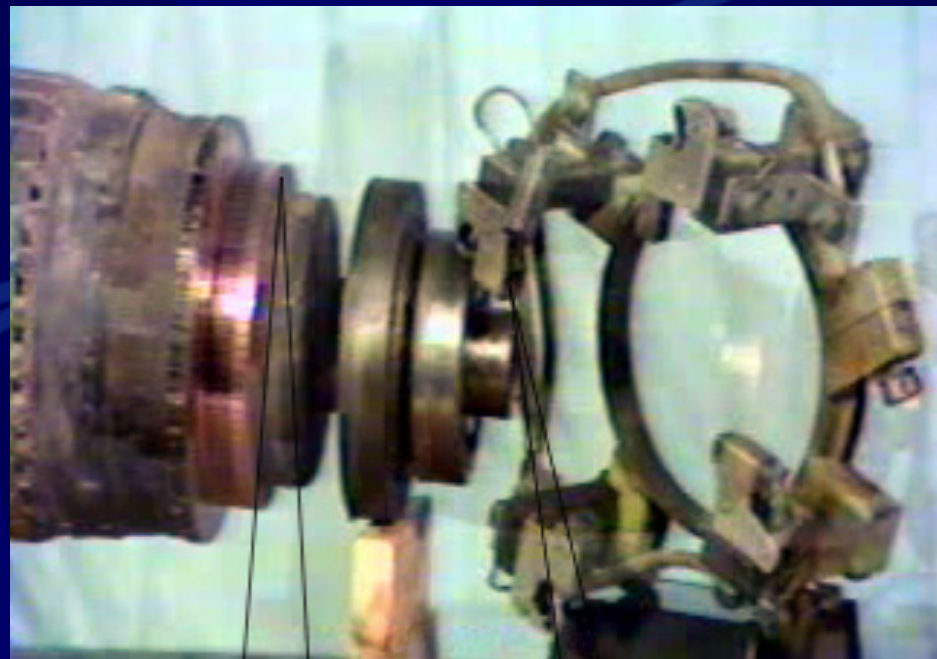
- 2) 电枢绕组：电枢绕组是由许多按一定规律联接的线圈组成，它是直流电机的主要电路部分，也是产生感应电动势和通过电流，从而实现机电能量转换的关键性部件。
- 3) 换向器：换向器与电刷一起，起着变换电流或电势方向的作用。换向器由许多彼此相互绝缘的换向片组成。



刷架



电刷



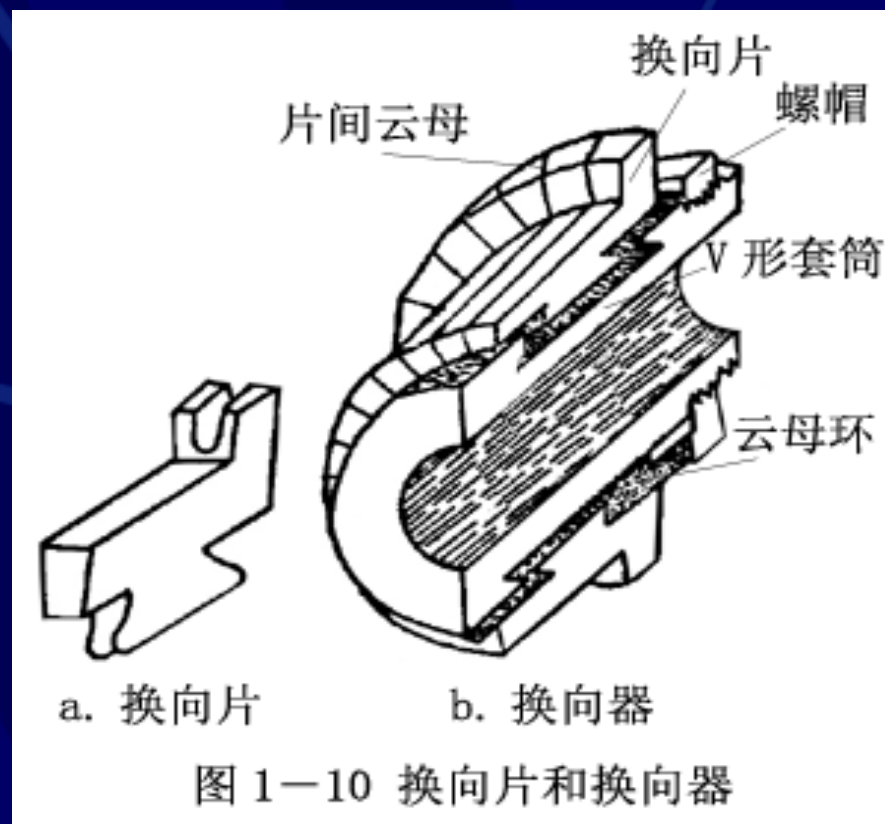
换向器

电刷

# 直流电机的主要结构

## 换向器

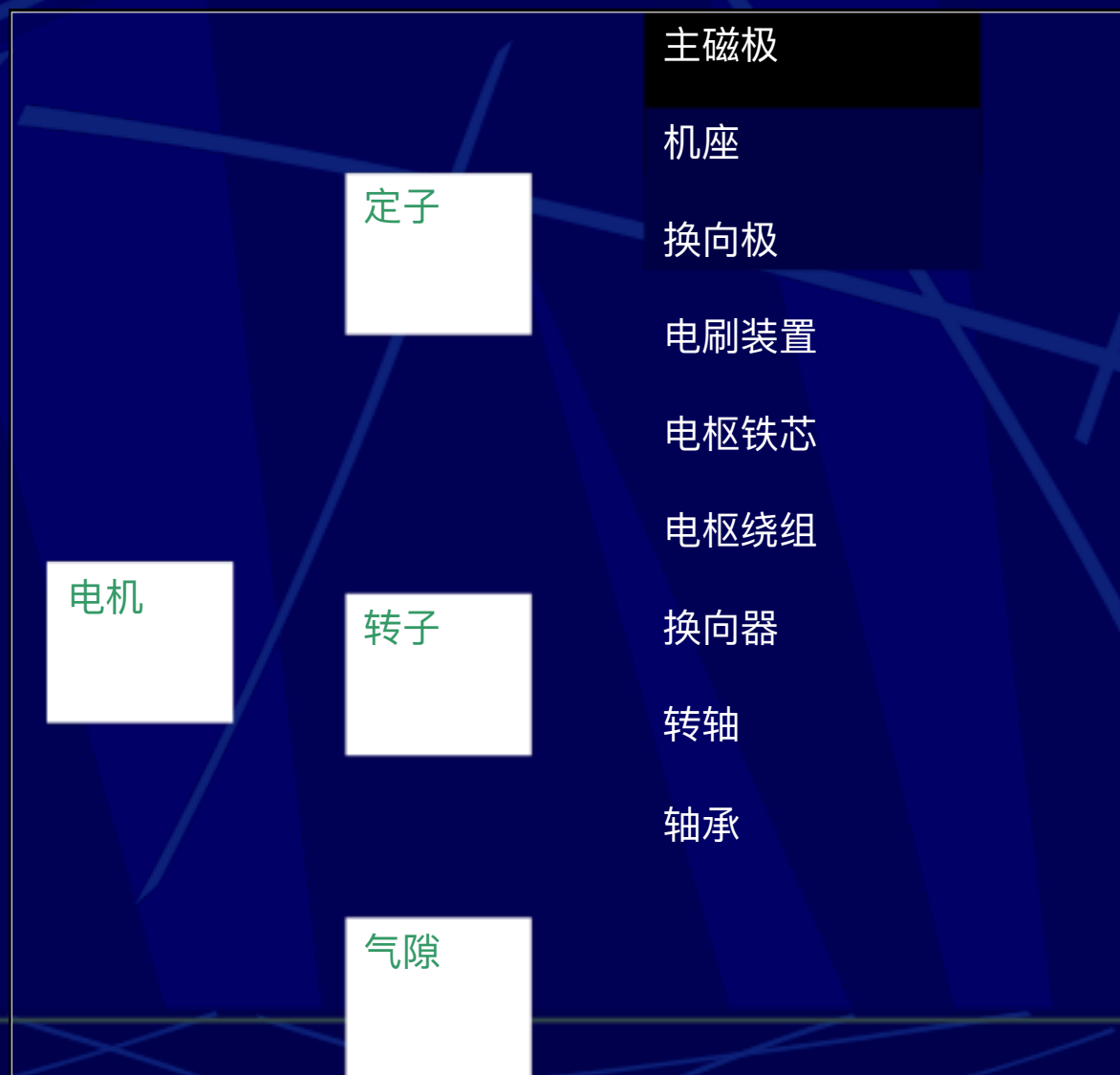
由许多相互绝缘的换向片组成，作用是将电枢绕组中的交流电整流成刷间的直流电或将刷间的直流电逆变成电枢绕组中的交流电。



不易过大/小

气隙是定子和转子之间自然形成的间隙。它是电机主磁路的一部分。是电机能量转换的媒介。气隙的大小对电机运行的影响很大。小容量电机约为1-3mm，大容量电机可为几毫米。

# 直流电机结构部件总结





直流电机的额定值：为了使电机安全可靠地工作，且保持优良的运行性能，电机厂家根据国家标准及电机的设计数据，对每台电机在运行中的电压、电流、功率、转速等规定了保证值，这些保证值称为电机的额定值。直流电机的额定值有：

1. 额定容量  $P_N$  (功率) (kW)
2. 额定电压  $U_N$  (V) ; 380V/220V
3. 额定电流  $I_N$  (A) ; 过  $I$ , 欠  $I$
4. 额定转速  $n_N$  (r / min) ;
5. 励磁方式和额定励磁电流 (A)

电动机轴上输出的额定转矩： $T_N = 9550 \frac{P_N}{n_N}$

注意：额定容量，对直流发电机来说，是指电刷端输出的电功率，对直流电动机来说，是指轴上输出的机械功率。

- 所以，直流发电机的额定容量为：

$$P_N = U_N I_{N_N}$$

- 而直流电动机的额定功率为：

$$P_N = U_N I_{N_N} \eta_N$$

# 国产电机主要系列

国产直流电机的系列产品代号采用大写汉语拼音字母表示，型号采用汉语拼音字母和阿拉伯数字组合表示，例如：“Z2-72”表示直流电动机、

2: 第二次改进设计型，“7”表示机座号，7后面的2表示长铁心（2号表示长铁心，1号表示短铁心）。

# 国产电机主要系列

- (1) Z2系列是普通中小型直流电机。
- (2) ZZJ系列是一种冶金起重辅助传动直流电动机适用于轧钢机、起重机、升降机、电铲等。

其他系列的直流电机型号、技术数据可从产品目录或相关的手册中查到。

