

# 第三章 直流发电机

2023. 4

## 主要内容：

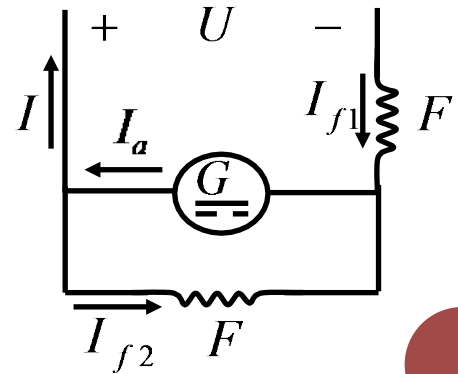
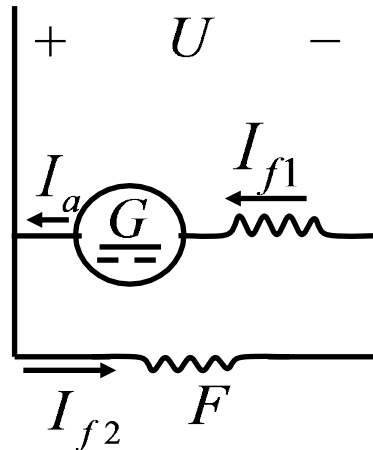
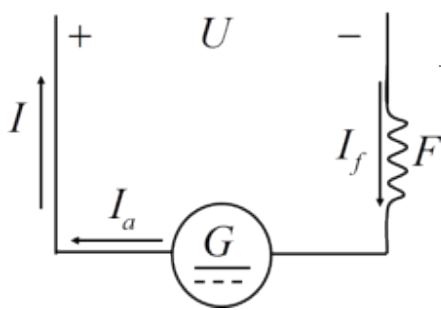
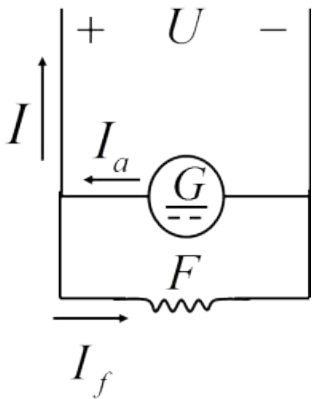
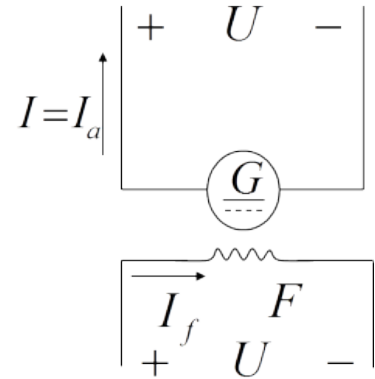
- 3.1 运营原理
- 3.2 基本方程式；
- 3.3 运营特征；
- 3.4 小结；



### 3.1 直流发电机的运营原理

思索：

1. 何为励磁？
2. 直流电机的励磁方式分为哪几种？



## 3.1 直流发电机的运营原理

### 一、直流发电机的空载运营

#### 1.定义：

直流发电机的定子励磁绕组通励磁电流，电枢绕组开路的运营状态。

#### 2.特点:

- (1) 电枢电流为0；
- (2) 只存在主极磁势，在气隙中产生的帽形磁密；
- (3) 电枢绕组中只有感应电动势。

#### 3.物理中性线与几何中性线

- (1) 物理中性线：经过电枢表面磁场等于零处所连接的直线。



## 3.1 直流发电机的运营原理

### 一、直流发电机的空载运营

#### 4. 磁场分布：



## 3.1 直流发电机的运营原理

### 二、直流发电机的负载运营

#### 1.定义：

直流发电机的电枢绕组与负载构成回路，电枢绕组中有电流，发电机就发出了功率，此时发电机的状态称为负载运营。

#### 2.特点:

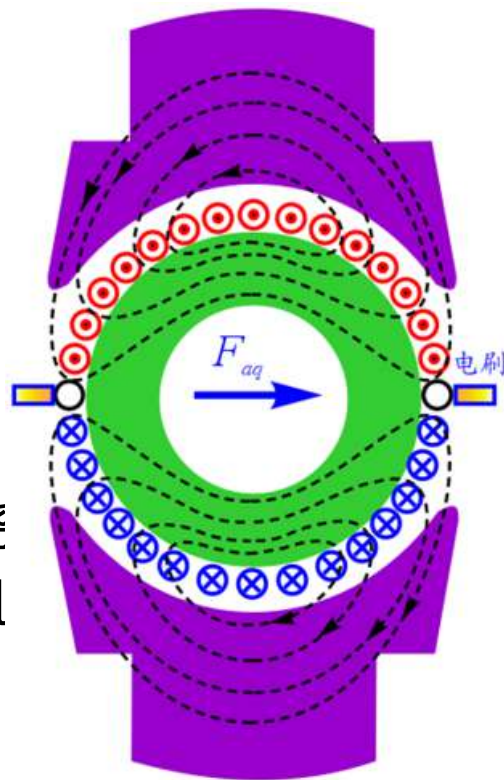
(1) 负载反应（电枢反应）：直流电机带上负载后，电枢绕组中有电流，电枢电流产生的磁动势称为电枢磁动势。电枢磁动势的出现使电机原有的气隙磁场发生变化。

(2) 电机磁场由主磁动势与电枢磁动势共同建立。

(3) 实现机电能量转换

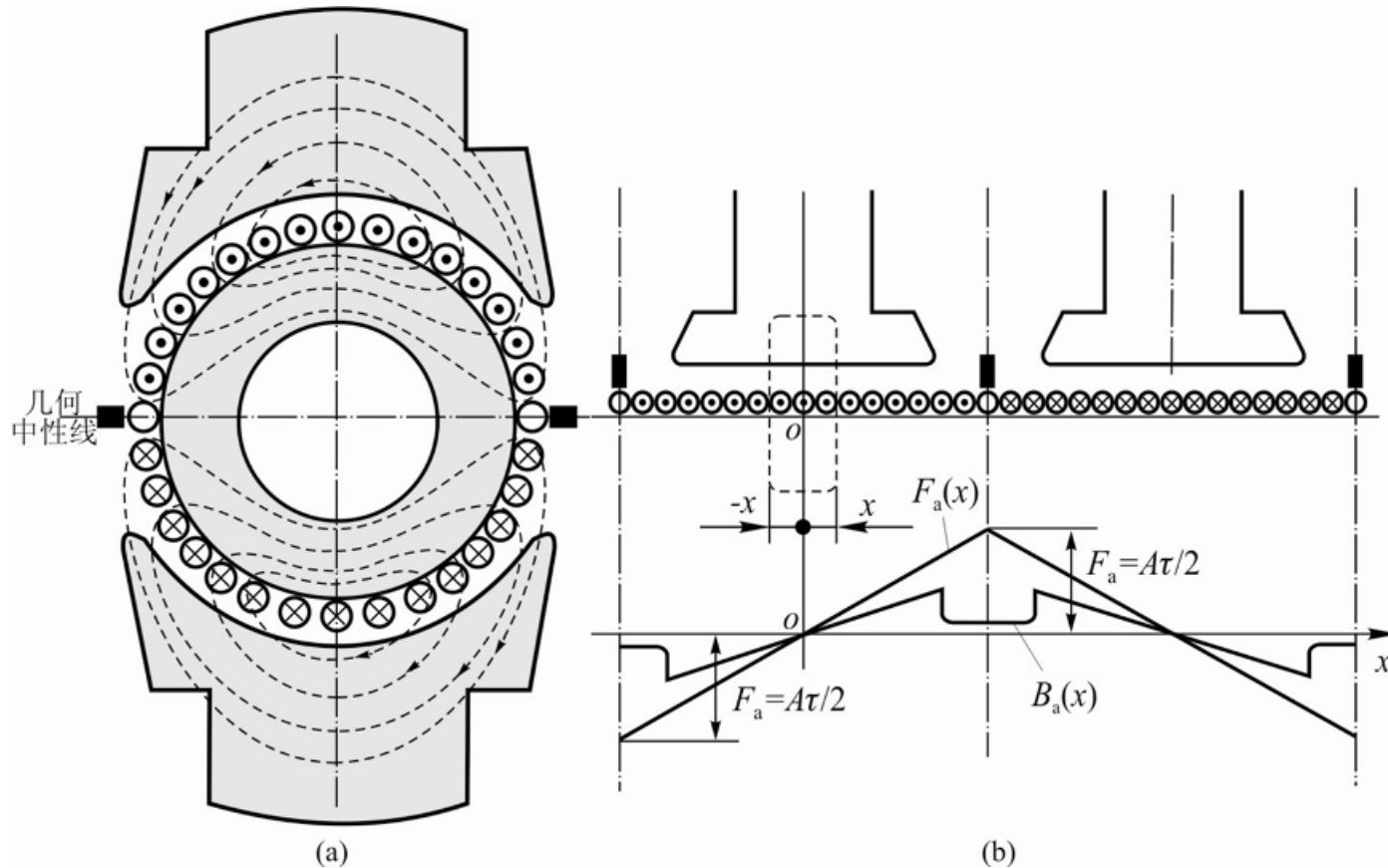
#### 3.直轴和交轴

主磁极的中心线称为**直轴**，相邻N极和S极的分界线称为**交轴**



## 3.1 直流发电机的运营原理

### 三、电枢磁动势



$$A = \frac{N_a i_a}{\pi D_a}$$

$$F_{aq} = F_a = \frac{A\tau}{2}$$

$$\tau = \frac{\pi D_a}{2p}$$

## 3.1 直流发电机的运营原理

### 三、电枢磁动势

#### 4.结论

当电枢位于几何中性线时电枢磁动势是交轴电枢磁动势

电枢磁场与主极磁场在空间一直保持相对静止。

在磁极中心线处，交轴电枢磁动势为零；在几何中性线处，交轴电枢磁动势达最大值。

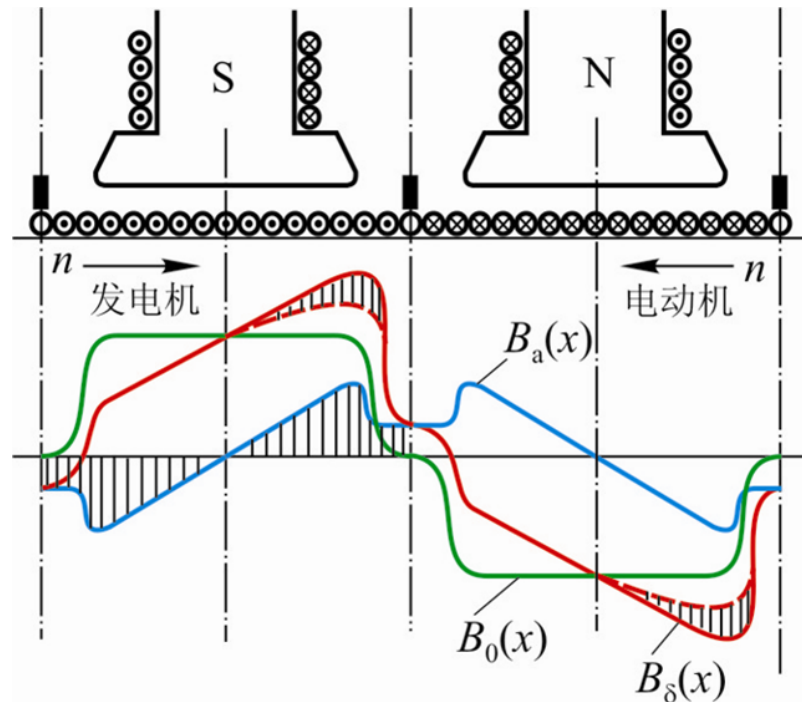
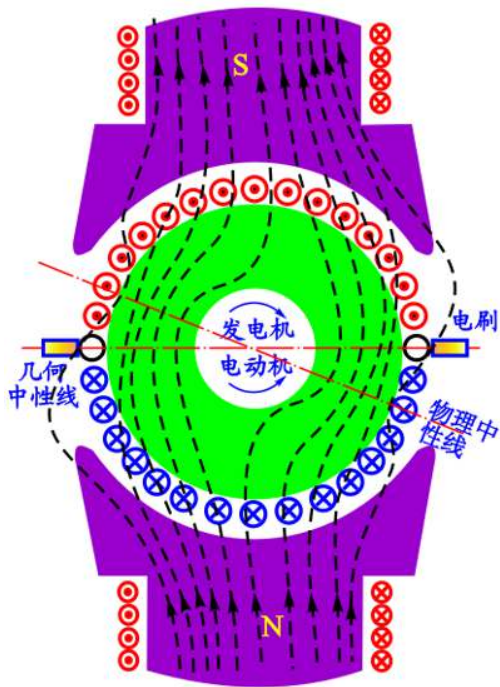
电枢磁动势的轴线总是与电刷轴线重叠，当电刷偏离几何中心线时，除产生交轴电动势外，还产生直轴电枢磁动势。





## 3.1 直流发电机的运营原理

### 四、电枢反应



- ① 使磁场的零点偏移；
- ② 不饱和时，每极磁通量不变；
- ③ 饱和时，每极磁通量会降低。



## 3.1 直流发电机的运营原理

### 四、电枢反应

由图可知，电刷在几何中性线时的电枢反应的特点：

#### 1、使气隙磁场发生畸变

空载时电机的物理中性线与几何中性线重叠。负载后因为电枢反应的影响，每一种磁极下，二分之一磁场被增强，二分之一被减弱，物理中性线偏离几何中性线 $\alpha$ 角，磁通密度的曲线与空载时不同。

#### 2、对主磁场起去磁作用

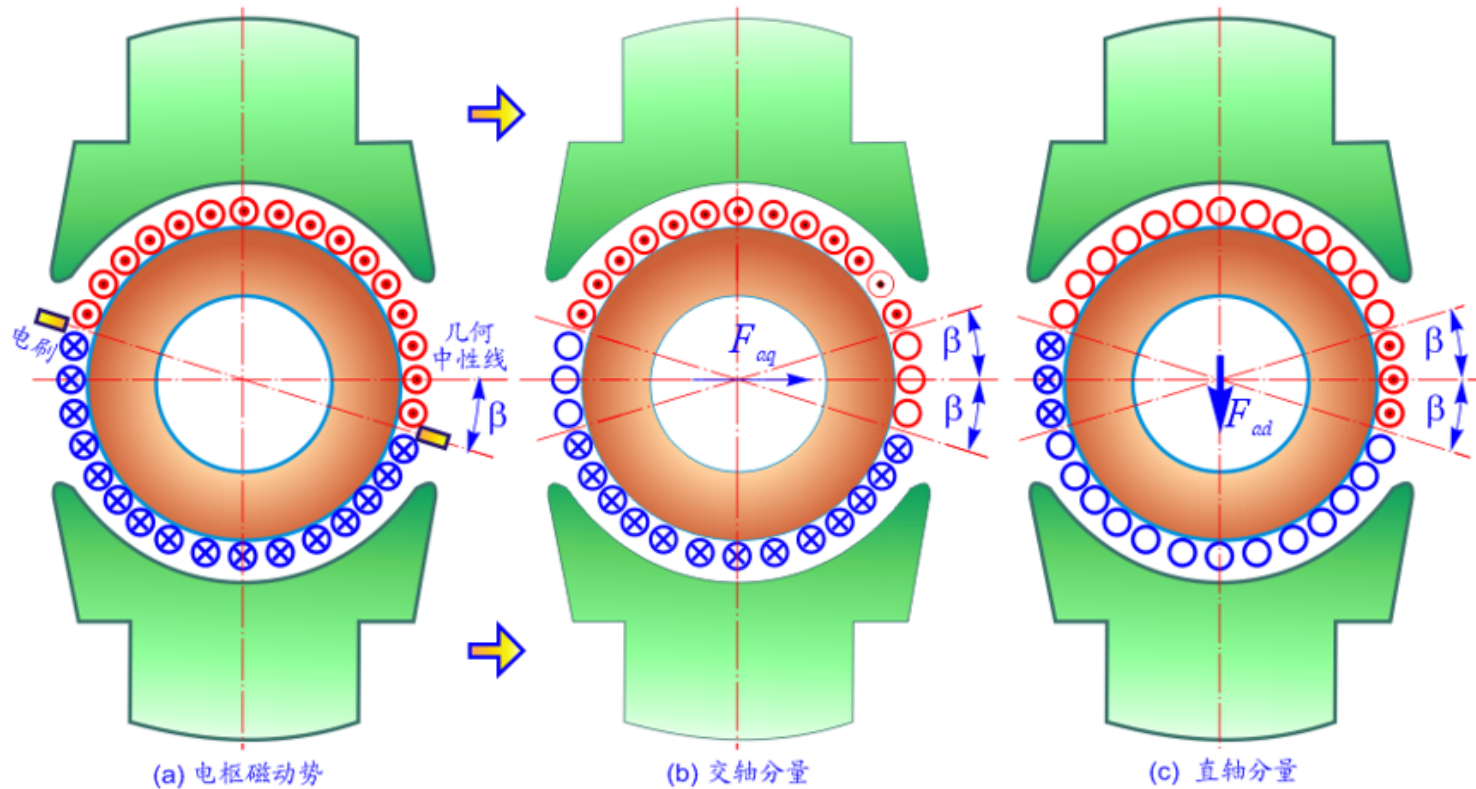
磁路不饱和时，主磁场被减弱的数量等于加强的数量，所以每极量的磁通量与空载时相同。电机正常运营于磁化曲线的膝部，主磁极增磁部分因磁密增长使饱和程度提升，铁心磁阻增大，增长的磁通少些，所以负载时每极磁通略为降低。即电刷在几何中性线时的电枢反应为交轴去磁性质。



## 3.1 直流发电机的运营原理

### 四、电枢反应

#### 电刷偏离



**交轴电枢磁动势**  $F_{aq} = A\left(\frac{\tau}{2} - b_{\beta}\right)$       **直轴电枢磁动势**  $F_{ad} = Ab_{\beta}$



## 3.1 直流发电机的运营原理

### 四、电枢反应

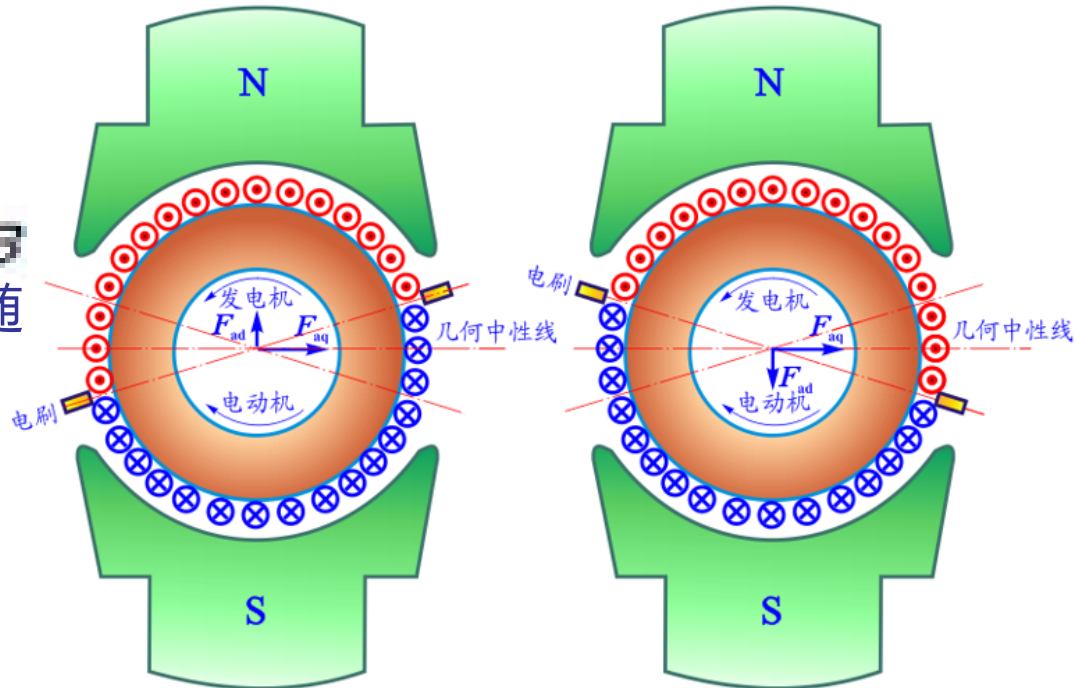
#### 当电刷不在几何中性线上时

电刷从几何中性线偏移 $\beta$ 角，电枢磁动势轴线也随之移动 $\beta$ 角。

这时电枢磁动势能够分解为两个垂直分量：

交轴电枢磁动势 $F_{aq}$

和直轴电枢磁动势 $F_{ad}$



	电刷顺转向偏移	电刷逆转向偏移
发电机	直轴去磁	直轴助磁
电动机	直轴助磁	直轴去磁



## 3.2 直流发电机的基本方程式

### 一、电枢电动势和电动势平衡方程

如图要求各物理量的参照方向

电枢电动势： $E_a = C_e \Phi n$

$R_a$ 为电枢回路总电阻， $\Delta U_b$ 为正负电刷与换向器表面的接触压降。则电动势平衡方程

为： $E_a = U + I_a R_a + \Delta U_b \approx U + I_a R_a$

从方程式可见，直流发电机  $E_a > U$

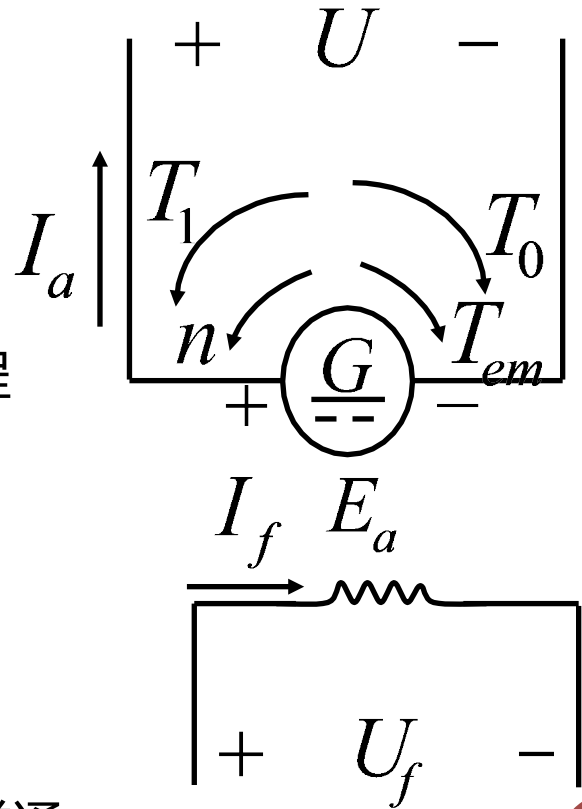
#### 励磁特征公式

直流发电机的励磁电流

$$I_f = \frac{U_f}{R_f} \quad (\text{并励时, } U_f = U_N)$$

每极气隙磁通

$$\Phi = f(I_a, I_f)$$



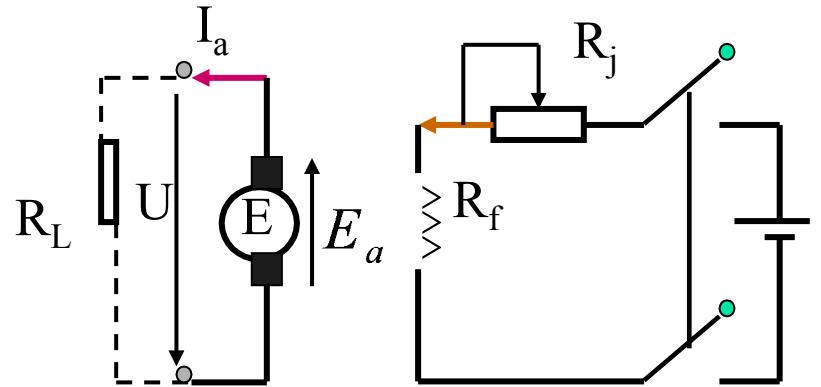
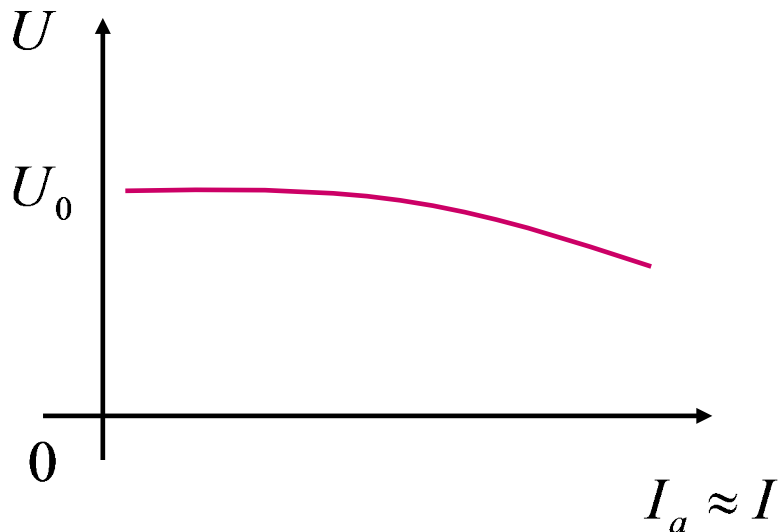
## 3.2 直流发电机的基本方程式

### 一、电枢电动势和电动势平衡方程

例题：利用直流发电机电动势平衡方程式分析

负载  $I_a \rightarrow U$  ?

分析直流发电机外特征



$$U = C_e n \phi - I_a R_a$$

$$U_0 = C_e n \phi$$

$$I_a \rightarrow I_a R_a \rightarrow U \downarrow$$



## 3.2 直流发电机的基本方程式

### 二、电磁转矩和转矩平衡方程

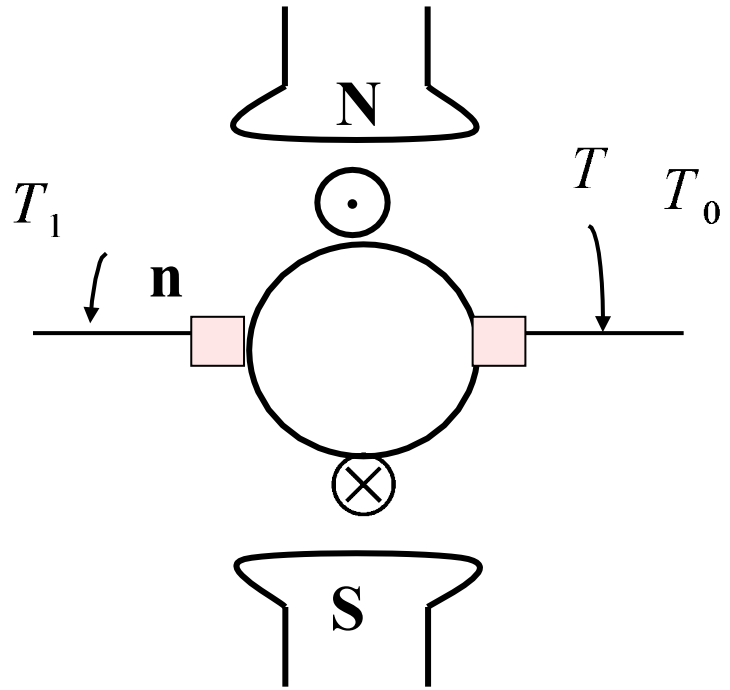
电磁转矩： $T_{em} = C_T \Phi I_a$

直流发电机轴上有三个转矩：原动机输入给发电机的驱动转矩  $T_1$ 、电磁转矩  $T_{em}$  和机械摩擦及铁损引起的空载转矩  $T_0$ 。平衡方程为：

$$T_1 = T_{em} + T_0$$

电磁转矩  $T_{em}$  为制动转矩

$T_0$  为空载阻转矩



## 3.2 直流发电机的基本方程式

### 三、功率平衡方程

原动机输入给发电机的机械功率  $P_1$

空载损耗  $P_0$  涉及：机械摩擦损耗  $P_{mec}$ 、铁损耗  $P_{Fe}$ 、附加损耗  $P_{ad}$

$$\text{电磁功率 } P_{em} = P_1 - P_0 = T_{em} \Omega = E_a I_a$$

电磁功率一方面代表电动势为  $E$  的电源输出电流  $I$  时发出的电功率，一方面又代表转子旋转时克服电磁转矩所消耗的机械功率。

$$P_{em} = (U + I_a R_a) I_a = U I_a + I_a^2 R_a = P_2 + I_a^2 R_a$$

电枢回路绕组电阻及电刷与换向器表面接触电阻是的铜损耗  $P_{Cua}$

$$\text{输出的电功率 } P_2 = P_{em} - P_{Cua}$$

自励发电机中还应减去励磁损耗  $P_f$





以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/646023112012010230>