



浙江大学电气工程学院 电机与拖动

主讲：卢琴芬

4

直流电机的磁场

气隙磁场：机电能量转换的媒介

一般气隙磁场的建立：在主磁极的励磁绕组中通以直流电流（称为**励磁电流**）而建立的；也可以由永磁体建立。

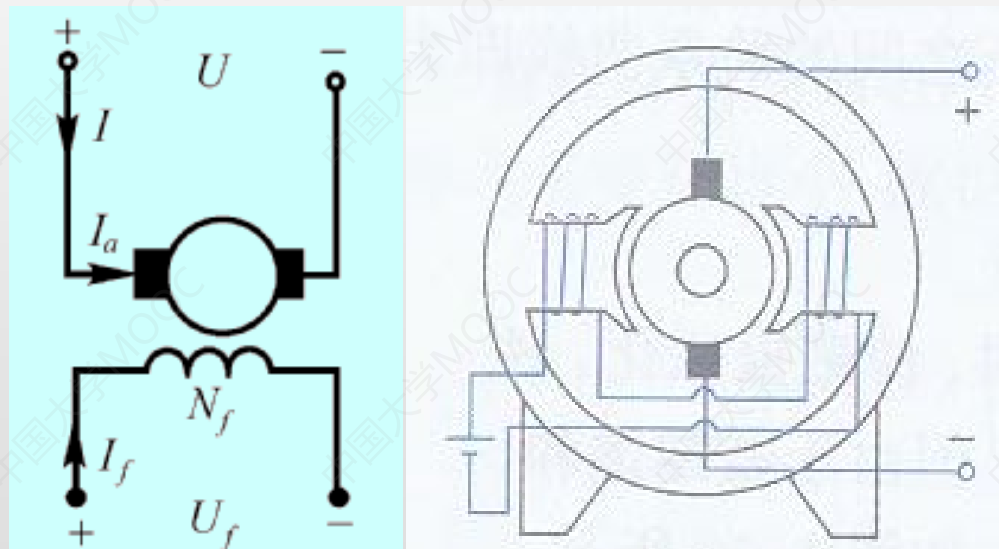
一、 I_f 的方式（励磁方式）不同，电机的运行特性有很大的差别

A. 他励直流电机

电枢与励磁绕组分别由 U 与 U_f 供电

I_f 的大小与 U 及 I_a 无关

电机出线端电流 $I = I_a$

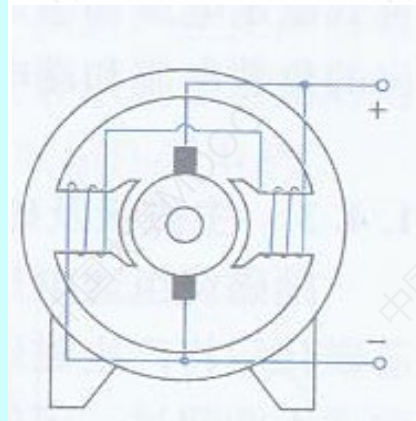
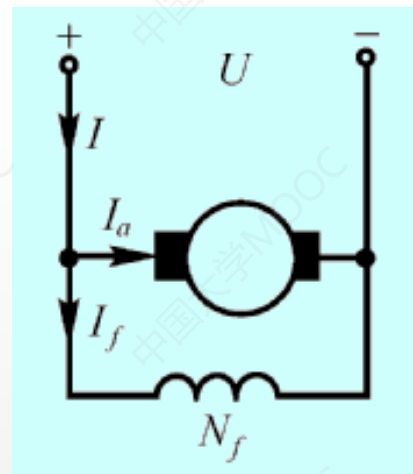


永磁直流电机可看作他励

B.并励直流电机

电枢与励磁绕组施以同一直流电压 U

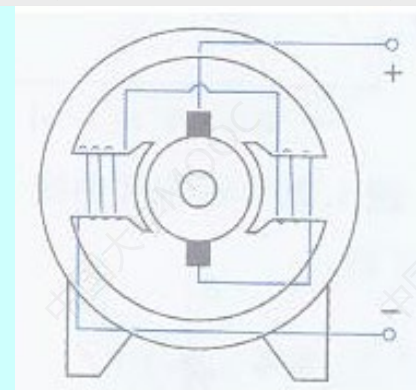
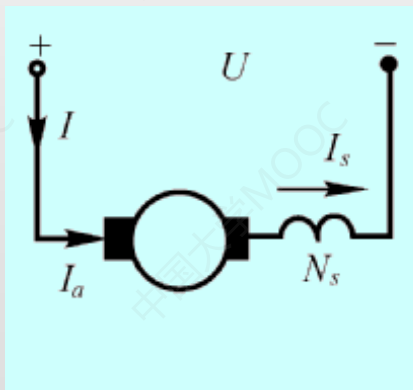
电机出线端电流 $I = I_a + I_f$



C.串励直流电机

电枢与励磁绕组串联后施以同一直流电压 U

电机出线端电流 $I = I_a = I_s$

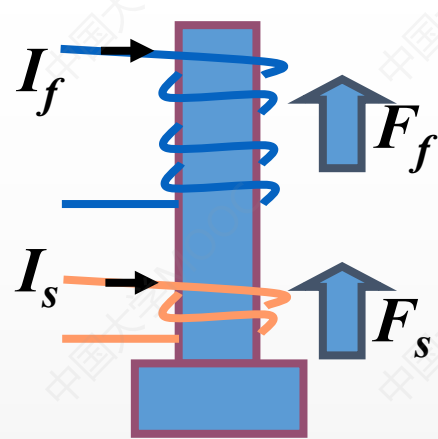


D.复励直流电机

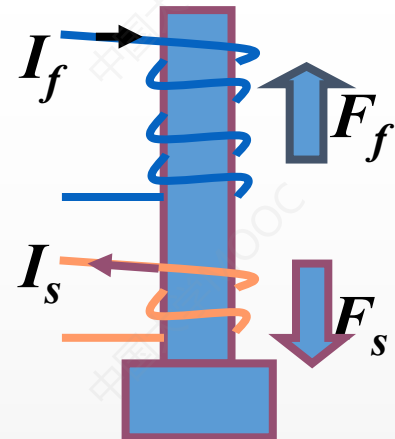
主磁极有两套励磁绕组，

- 一套与电枢绕组并联，称为并励绕组 N_f
- 一套与电枢绕组串联，称为串励绕组 N_s

方向

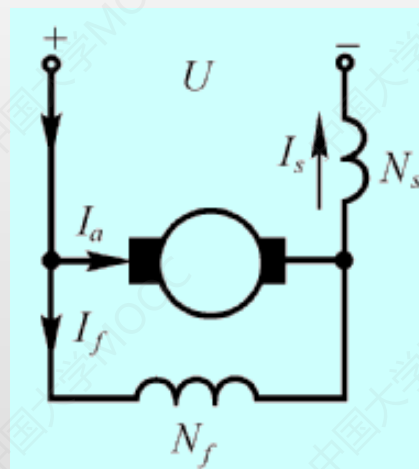


积复励: $F = F_f + F_s$

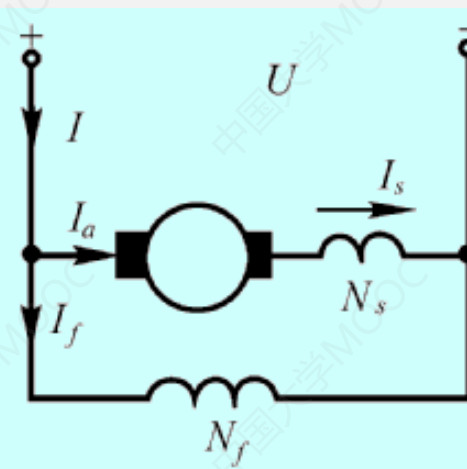


差复励: $F = F_f - F_s$

位置



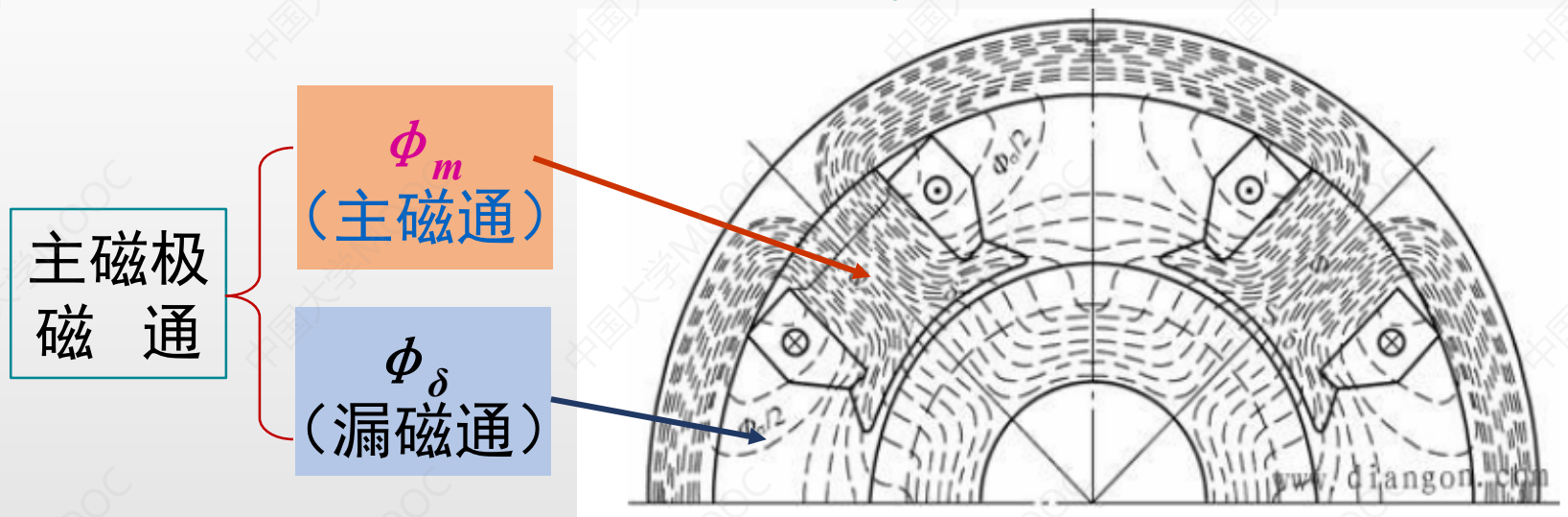
短复励



长复励

二、直流电机空载时的磁场

当直流电机空载时（发电机出线端没有电流输出，电动机轴上不带机械负载）， $I_a=0$ 或 $I_a \approx 0$ ，这时气隙磁密 B_δ 由 I_f 建立，称为励磁磁场（通常用 B_0 表示）。

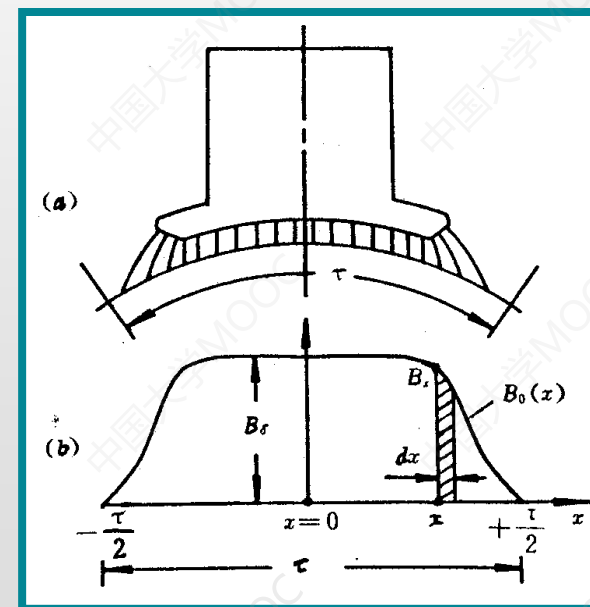


$\phi_m : R_m \text{ 小} (\delta \text{ 小})$

$\phi_\delta : R_\delta \text{ 大} (\delta \text{ 大})$



$$\phi_m \gg \phi_\delta$$

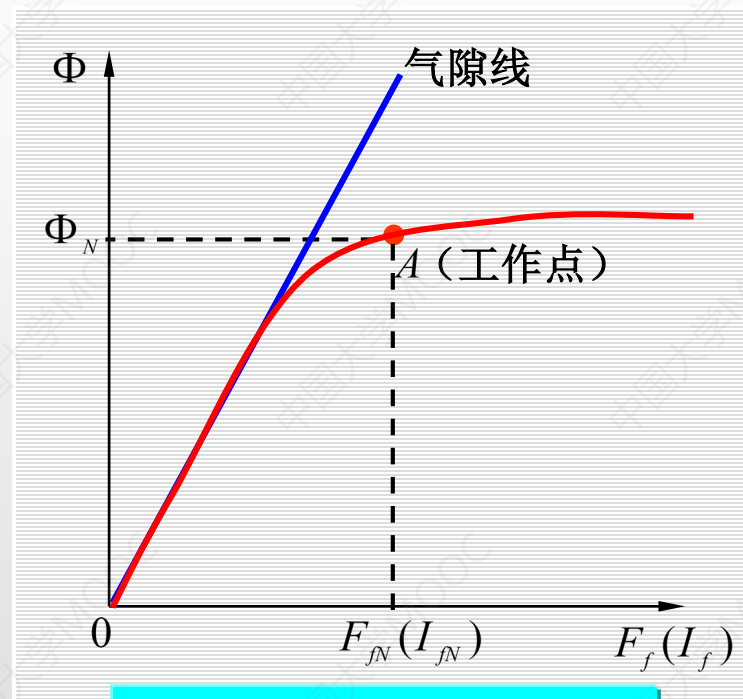


磁化曲线 $\phi_0 = f(I_f)$

当电机尺寸一定时， B_0 的大小由 F_f 所决定。当 N_f 一定时， F_f 和 I_f 成正比。

在实际的电机中， ϕ_0 随 F_f 或 I_f 的改变而改变，称空载时 ϕ_0 与 F_f （或 I_f ）的关系为电机的磁化曲线。

实际电机由五段磁路串联而成，各段材料及几何尺寸均不同，磁化曲线各不相同。对不同的电机，其磁化曲线亦不同。



直流电机的磁化曲线

它仅与电机的尺寸及所用材料的性质有关，而与励磁电流 I_f 以什么方式获得（即励磁方式）无关

某种铁磁材料的磁化曲线，有其固定的值。

磁化曲线 $\phi_0 = f(I_f)$

当电机尺寸一定时， B_0 的大小由 F_f 所决定。当 N_f 一定时， F_f 和 I_f 成正比。

Φ_0 正比于 B

F_f 正比于 H

→ B -- H 曲线

ϕ_0



B



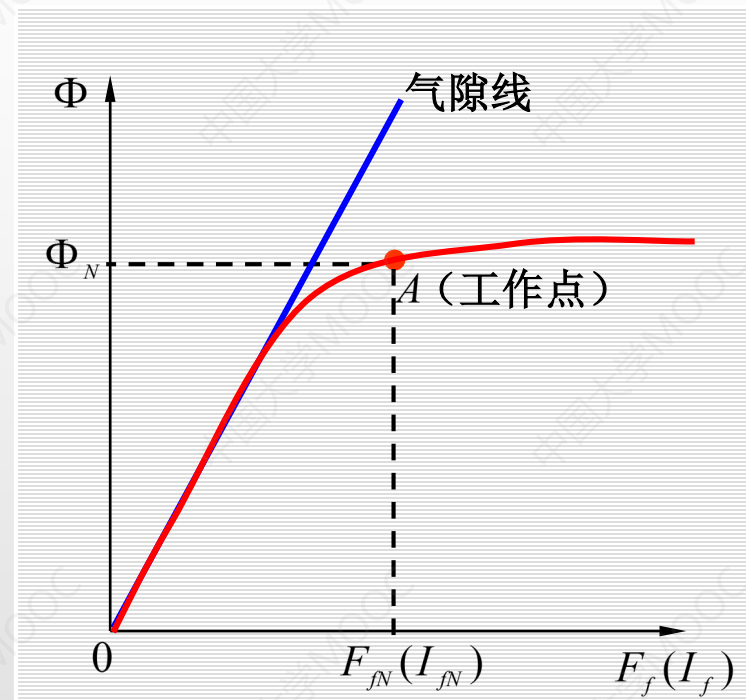
H



Hl



F_f



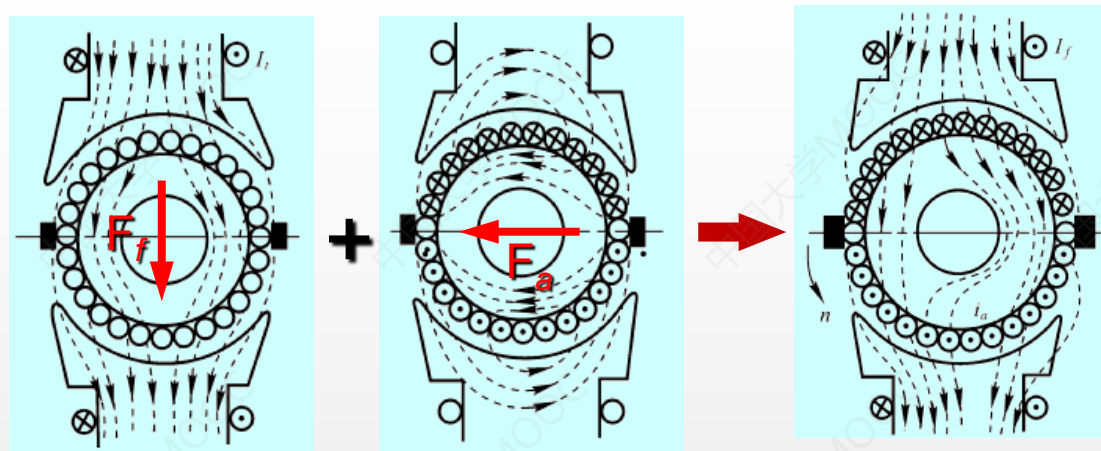
直流电机的磁化曲线

具有饱和特点，电机额定运行时的 ϕ_N 一般设计在磁化曲线开始弯的点。

三、负载磁场

$$I_a \neq 0 \Rightarrow \text{气隙磁场} \begin{cases} I_f \rightarrow F_f \\ I_a \rightarrow F_a \end{cases}$$

电枢磁场对主磁极所建立的气隙磁场会产生影响，这种影响称为**电枢反应**。



空载磁场

电枢磁场
空间静止

负载磁场

“电刷放在几何中心线上” 是一种习惯的讲法和画法，并不代表电刷的实际位置，而是指被电刷短路的元件的两边位于几何中心线上。

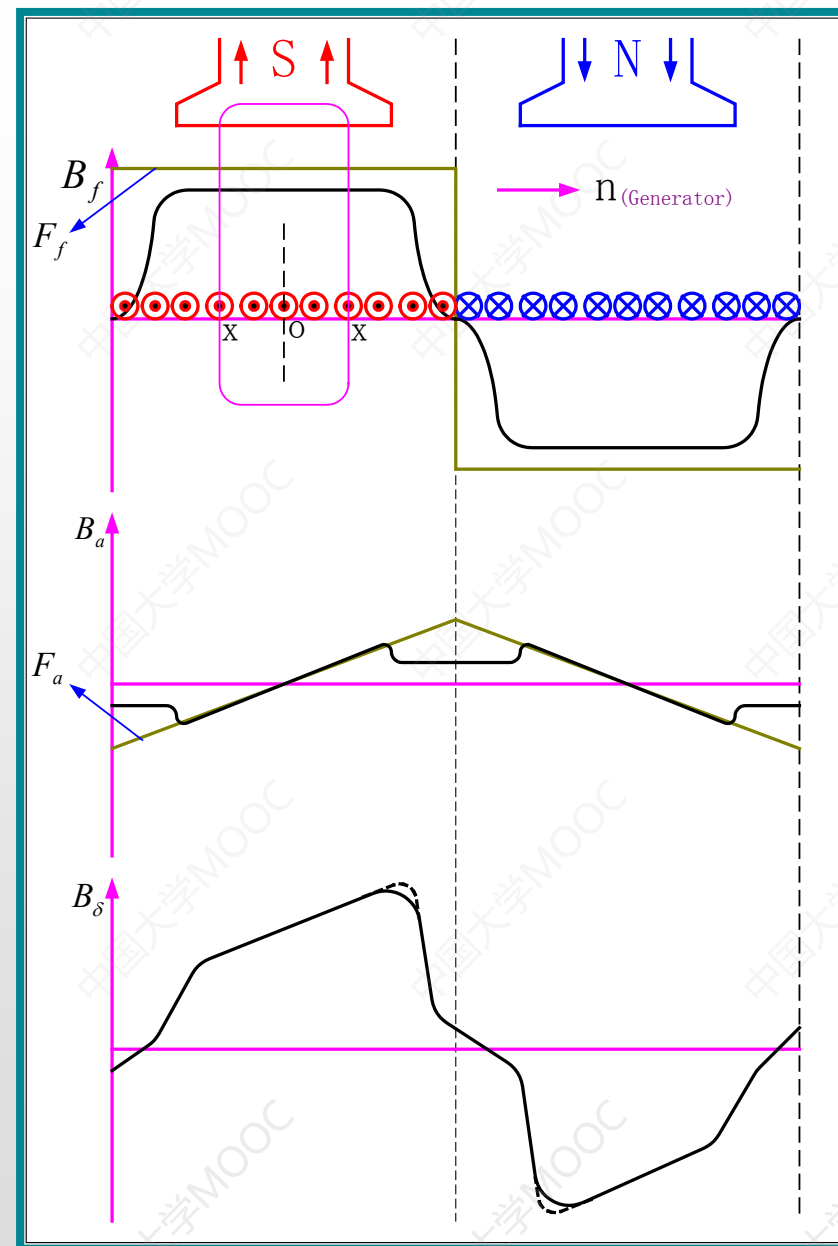
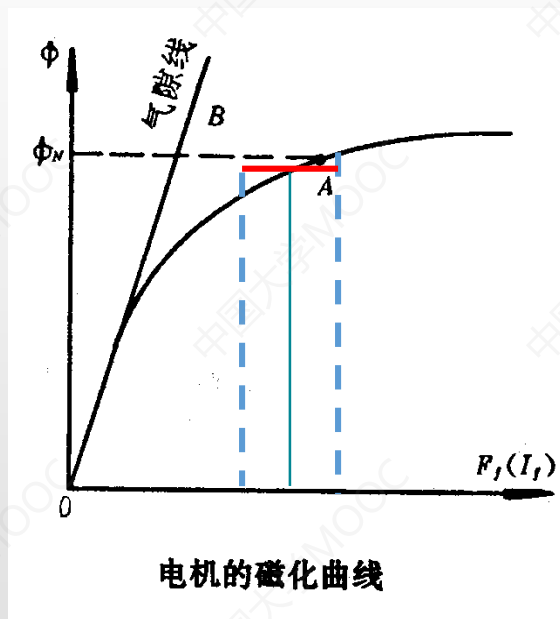
1. B_δ 发生畸变：半个磁极增加，半个磁极减少。

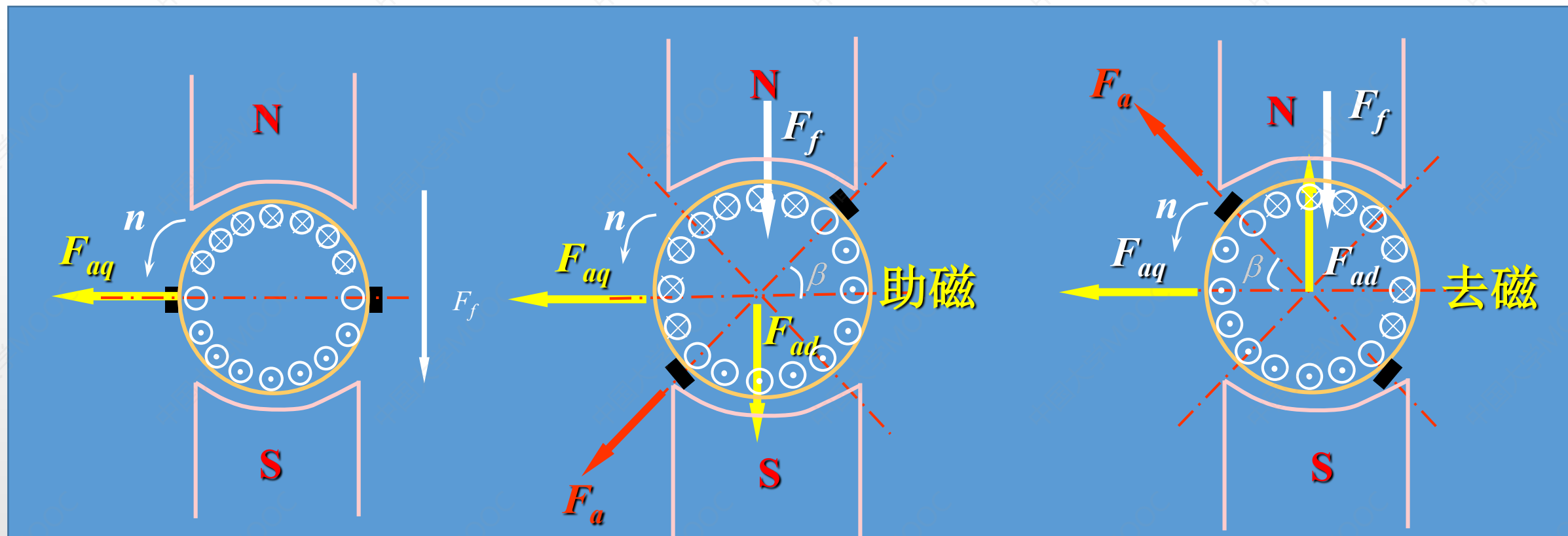
2. 使物理中性线偏移

3. 对每极磁通的影响

饱和：磁通减少

不饱和：磁通不变





交轴电枢反应

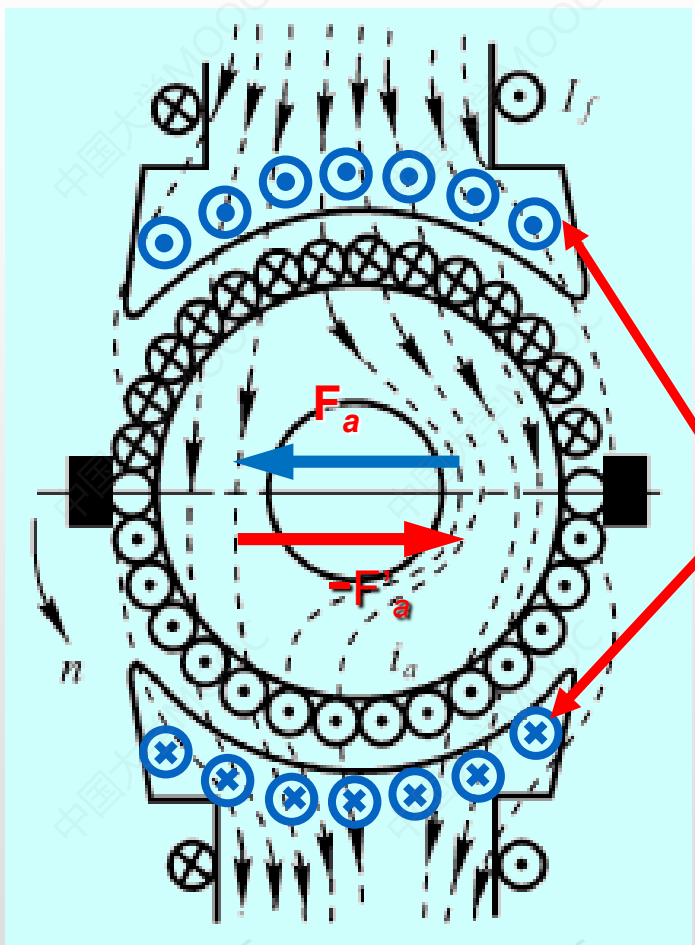
交轴电枢反应

直轴电枢反应

交轴电枢反应

直轴电枢反应

当电动机的电刷顺转向移过 β 角时, F_{ad} 起助磁作用, 逆转向移过 β 角时, F_{ad} 起去磁作用。



补偿方法：在主磁极极靴上装置**补偿绕组**。

补偿绕组

补偿绕组与电枢绕组串联，其中电流与电枢电流方向相反，则补偿绕组在任何负载下产生的磁动势都与电枢磁动势大小相等，方向相反，从而消除电枢反应的影响。



浙江大学电气工程学院

T H A N K S

主讲：浙江大学卢琴芬