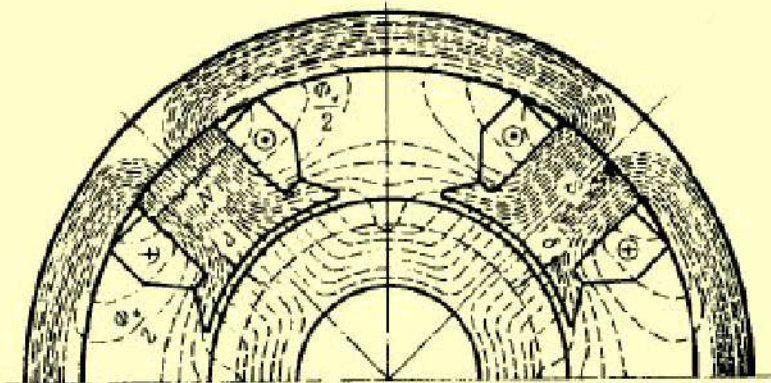




§ 3-3 直流电机的磁场和电枢反应

一、空载时磁场分布

磁路从气隙1出发经—电枢齿—电枢轭—电枢齿2—气隙2—主磁极2—定子轭—主磁极1，最后又回到气隙1



直流电机空载时的磁场分布



磁通、磁路

主磁通、主磁路：由N极出发，经气隙进入电枢齿部，经电枢铁心的磁轭到另外的电枢齿，通过气隙进入S极，再经定子轭回到原来N极。

主磁通交链励磁绕组和电枢绕组，在电枢绕组中感应电势，产生电磁转矩。

漏磁通、漏磁路：不进入电枢铁心，直接经过相邻的磁极或定子轭。

影响饱和程度



主磁通和漏磁通

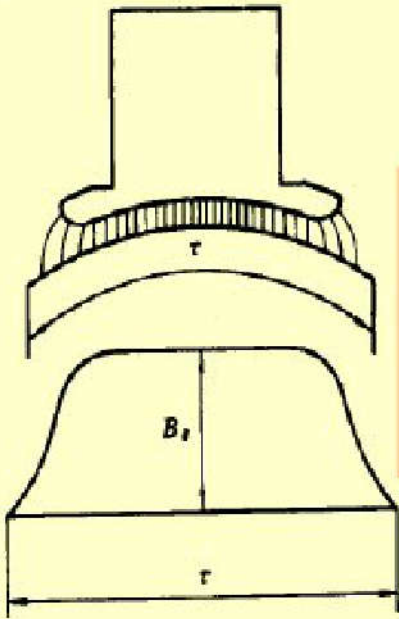
- ❖ 主磁通 Φ 和漏磁通 Φ_{σ} 由同一磁动势建立；
- ❖ Φ 所走的路径气隙小，磁阻小；
- ❖ 漏磁通所走的路径气隙大，磁阻大；
- ❖ 漏磁系数：（1.15~1.25）

$$k_{\sigma} = 1 + \frac{\Phi_{\sigma}}{\Phi}; \quad \Phi_p = \Phi + \Phi_{\sigma} = k_{\sigma} \Phi$$



气隙磁场

在一个磁极的范围内，励磁磁势大小一样， B_δ 大小完全与气隙长度成反比。

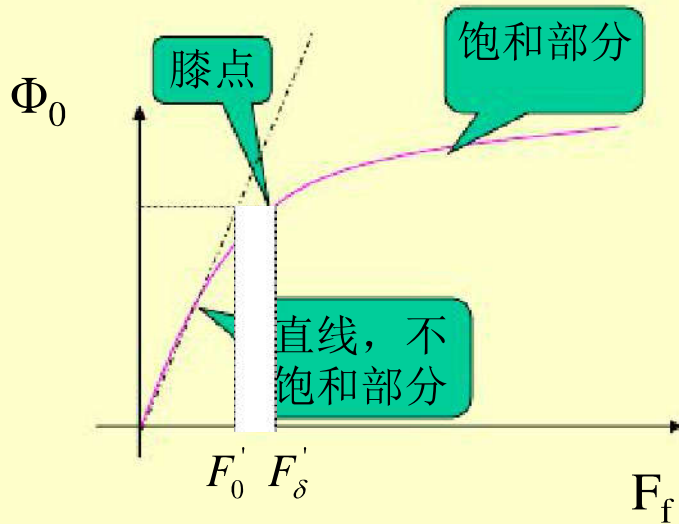


在主极直轴附近的气隙较小，并且气隙均匀，磁阻小，即此位置的主磁场较强，在此位置以外，气隙逐渐增大，主磁场也逐渐减弱，到两极之间的几何中线处时，磁密等于0。



空载磁化曲线

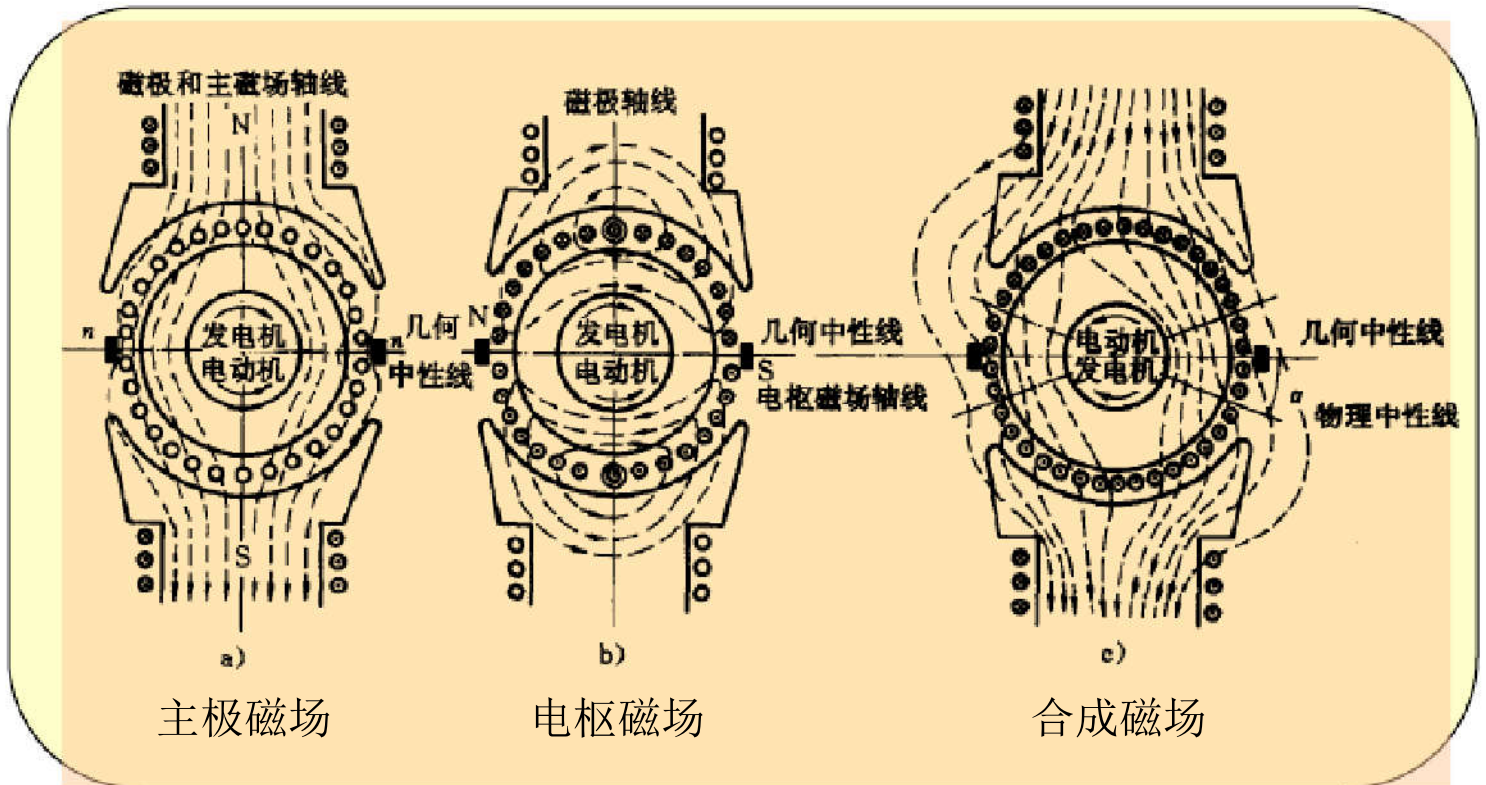
磁化曲线：表示空载主磁通 Φ_0 与主极磁动势 F_f 之间的关系曲线， $\Phi_0=f(F_f)$ 。通过实验或计算得到。



$$k_{\mu} = \frac{F'_{\delta}}{F'_{0}}$$

(约1.1~1.35)

二、直流电机负载时磁场



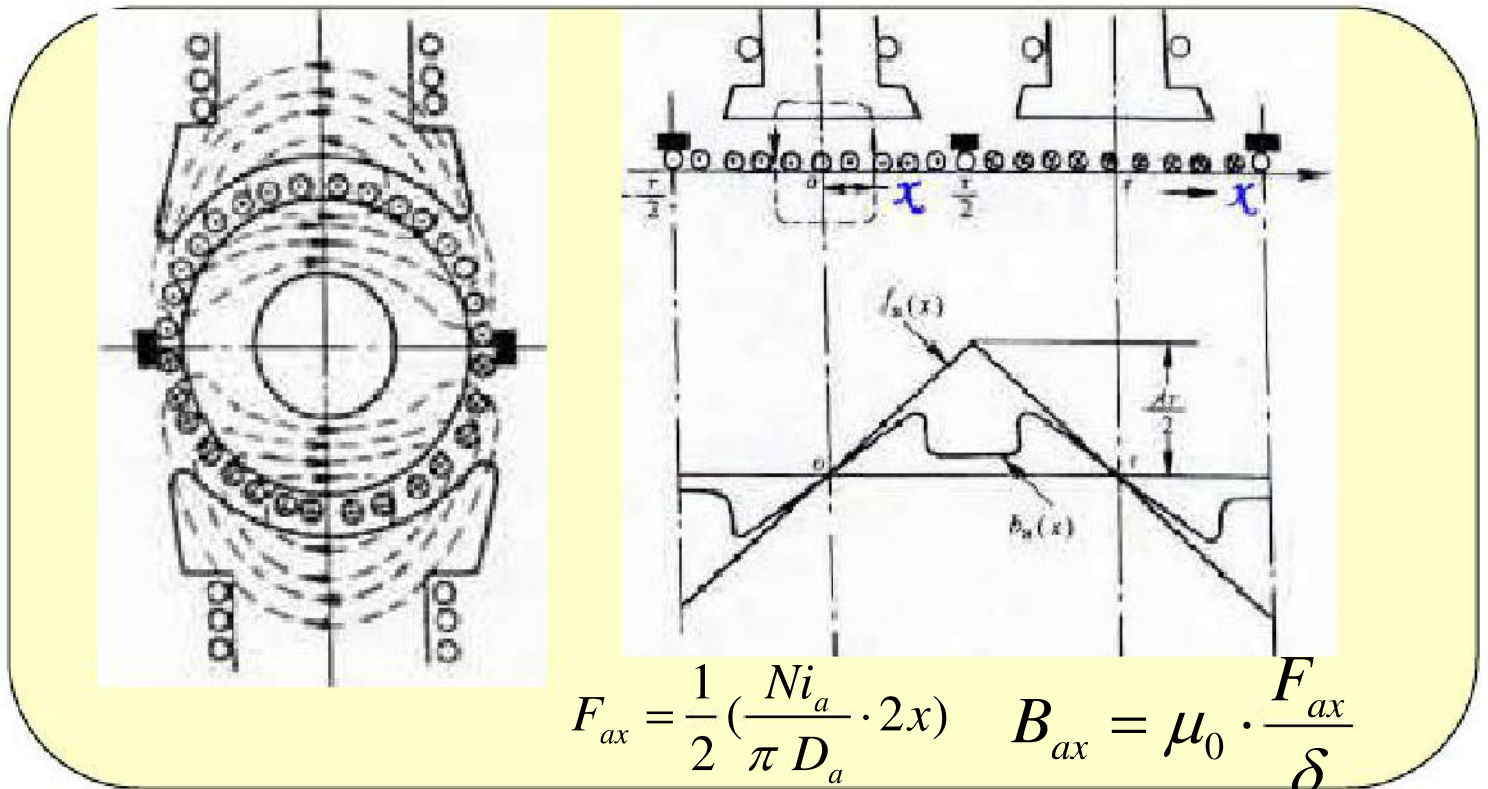


电枢磁场、电枢反应的定义

- ❖ 直流电机负载后，电枢绕组有电流通过，该电流建立的磁场简称**电枢磁场**，电枢磁场对主磁场的影响就称为**电枢反应**。
- ❖ 当电机带上负载后，电机的气隙磁场由主磁场和电枢两个磁场共同决定。电枢磁动势的出现，使气隙磁场发生畸变，即电枢反应。
- ❖ 各支路电流都是通过电刷引入或引出，因此**电刷是电枢表面上电流分布的分界线**。电枢磁势的轴线总是与电刷轴线相重合。

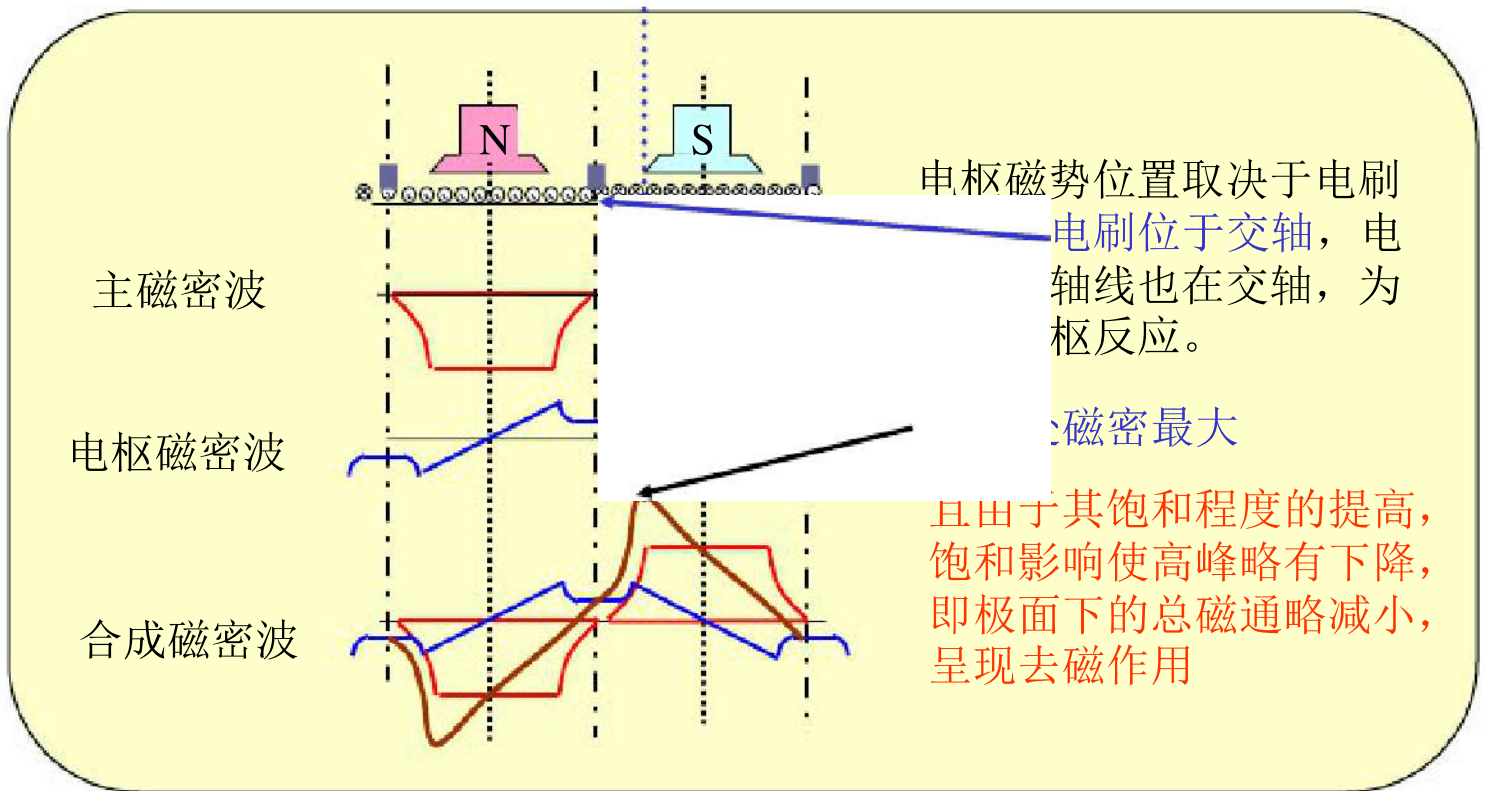


1 交轴磁势和交轴电枢反应





交轴电枢反应



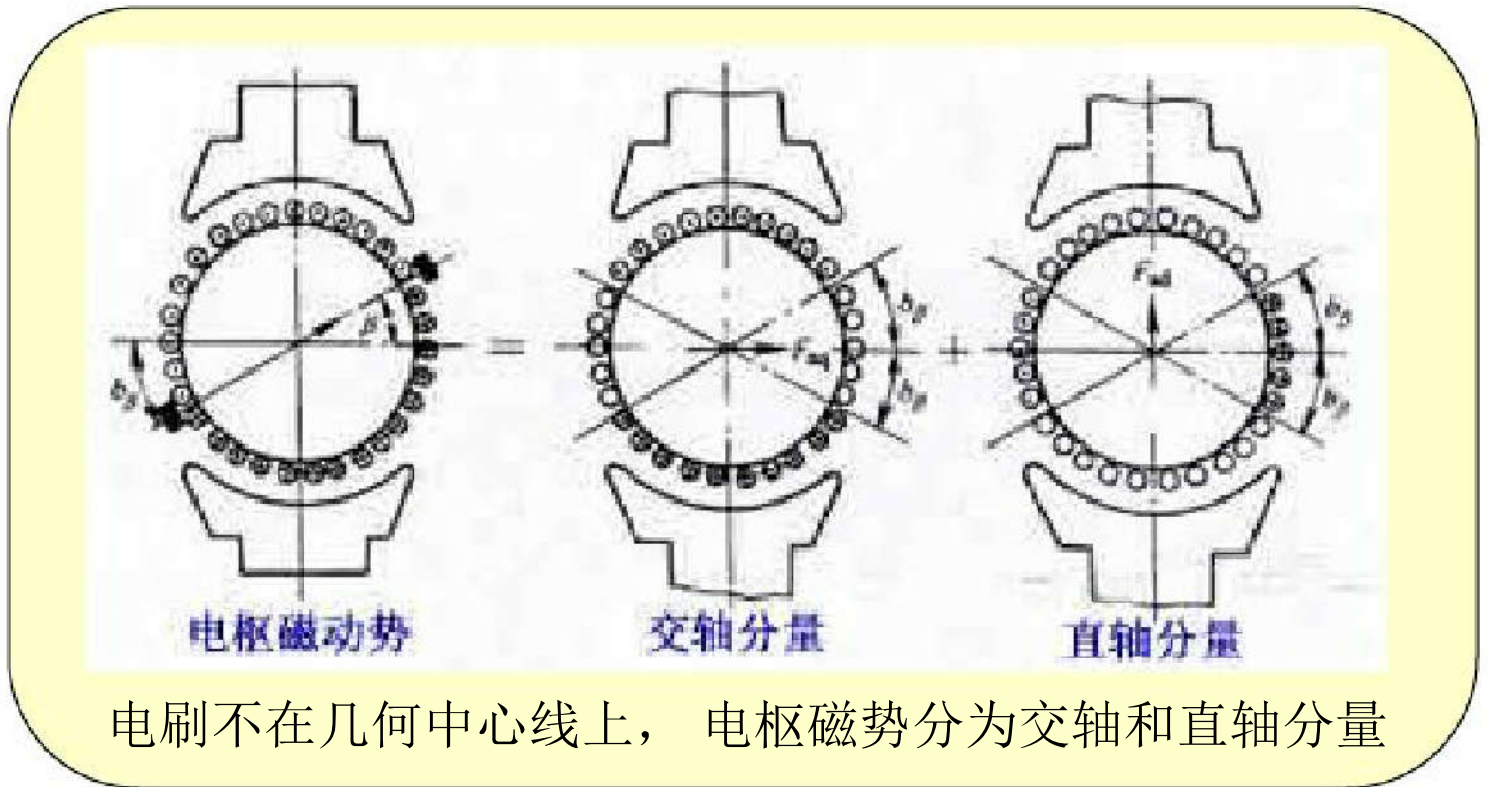


交轴电枢反应对气隙磁场的影响:

- 使气隙磁场分布发生畸变;
- 使物理中性线位移 (空载时, 电机物理中性线与几何中性线重合; 负载时, 物理中性线发生偏转, **发电机: 顺着旋转方向**);
- 磁路未饱和时, 每极磁通 Φ 不变
- 考虑饱和情况下, 呈去磁作用



2 直轴磁势和直轴电枢反应





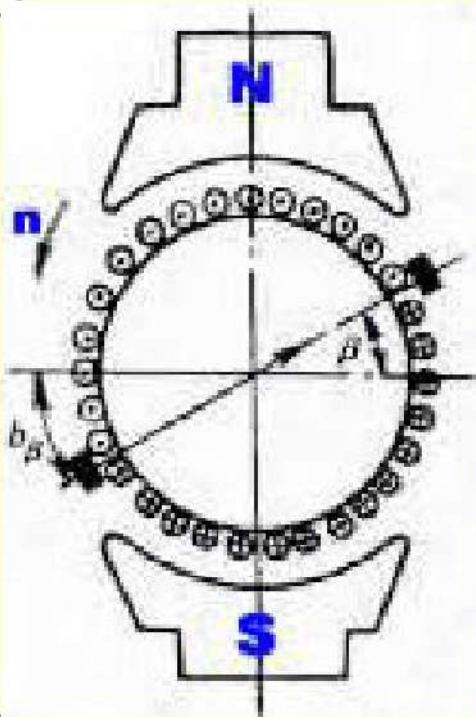
直轴电枢反应

增磁与去磁与电刷的旋转角度有关。

若电机为发电机

★★直流发电机的电刷是顺转向偏移一个小角度时，直轴电枢反应对主极磁场的作用将是去磁的。

★★而直流发电机的电刷若是逆转向偏移一个小角度时，直轴电枢反应对主极磁场的作用将是增磁的。





§ 3-4 直流电机的感应电势和电磁转矩

一、直流电机的电枢电势

电枢电势：直流机正、负电刷之间的感应电势，即每个支路里的感应电势。

计算：求出一根导体在一个极距范围内切割气隙磁密的平均感应电势，乘上一个支路里总的导体数。



直流电机的感应电势

具体计算:

一根导体: $e_{av} = B_{av} \cdot l \cdot v$ B_{av} : 平均磁密; l : 导体长度;

$v = 2p\tau \cdot \frac{n}{60}$ v : 电枢旋转线速度
 n : 电枢旋转速度 (r/min)

$\Phi = B_{av} \cdot \tau \cdot l$ ϕ : 每极磁通

支路电势: $E_a = \frac{N}{2a} \cdot e_{av} = \frac{N}{2a} \cdot \frac{\Phi}{\tau \cdot l} \cdot l \cdot 2p\tau \cdot \frac{n}{60}$ N : 总导体数

$= \frac{pN}{60a} \cdot \Phi \cdot n = C_e \cdot \Phi \cdot n$ C_e : 电势常数



电枢电势的认识

$$E_a = \frac{pN}{60a} \cdot \Phi \cdot n = C_e \cdot \Phi \cdot n$$

1. 直流电机的感应电势与每极磁通量及转速有关。

每极磁通量保持不变，直流电机的感应电势将和转速成正比。

转速保持不变，直流电机的感应电势将和每极磁通量成正比。

2. 电刷间的感应电势仅和极面下的总磁通量有关，而和极面下磁通密度的分布情况无关

电枢电势的认识

$$E_a = \frac{pN}{60a} \cdot \Phi \cdot n = C_e \cdot \Phi \cdot n$$

3. 电刷在交轴，如果移动电刷位置，则支路中一部分导体的感应电势将因方向相反而互相抵消，导致电刷间电势 E_a 的减小。

$$E_a = C_e \Phi n$$

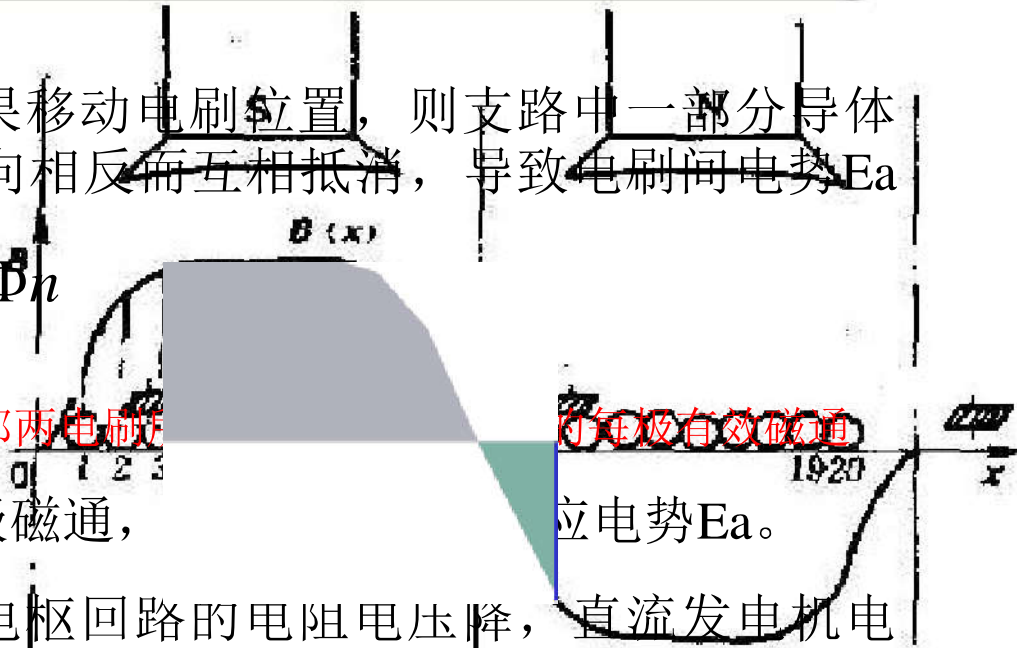
为相邻两电刷

为每极有效磁通

4. 使用负载时的每极磁通，

应电势 E_a 。

5. 当负载时，由于电枢回路的电阻电压降，直流发电机电刷间的端电压 U 比负载时的电刷电势 E_a 小





二、直流电机的电磁转矩

一根导体的平均电磁力：

$$F_{av} = B_{av} \cdot l \cdot i_a \quad i_a = \frac{I_a}{2a}$$

电磁转矩：

$$T_{av} = F_{av} \cdot \frac{D}{2} = B_{av} \cdot l \cdot i_a \cdot \frac{D}{2} \quad D = \frac{2p\tau}{\pi}$$

$$T = N \cdot T_{av} = N \cdot \frac{\Phi}{\tau \cdot l} \cdot l \cdot \frac{I_a}{2a} \cdot \frac{2p\tau}{2\pi} = \frac{pN}{2a\pi} \cdot \Phi \cdot I_a = C_T \cdot \Phi \cdot I_a$$

C_T ：转矩常数



电磁转矩的认识

$$T = \frac{pN}{2a\pi} \cdot \Phi \cdot I_a = C_T \cdot \Phi \cdot I_a$$

一台制造好的电机，它的电磁转矩正比于每极磁通和电枢电流，与磁密分布无关。

电势常数 C_e 和转矩常数 C_T 决定于结构常数。它们的关系为：

$$\frac{C_T}{C_e} = \frac{60}{2\pi} = 9.55$$



三、电磁功率

电枢电功率

$$\begin{aligned} P_M &= E_a \cdot I_a = C_e \cdot \Phi \cdot n \cdot I_a \\ &= \frac{2\pi}{60} \cdot C_T \cdot \Phi \cdot n \cdot I_a = T \cdot \Omega \quad \text{机械功率} \end{aligned}$$

直流电动机：从电源吸收的电功率，通过电磁感应作用，转换成轴上的机械功率；

直流发电机：原动机克服电磁转矩的制动作用所做的机械功率等于通过电磁感应作用在电枢回路所得到的电功率。



思考题1

- ❖ 电刷之间的感应电势与某一导体的感应电势有什么不同
- ❖ 各种数量之间的相互关系：导体总数、换向片数、元件数、圈边数、槽数、每元件匝数、每一槽中并列圈边数



思考题2

- ❖ 一台六极电机原为单波绕组，加改绕成单叠绕组，并保持元件数、导体数、每元件匝数、每槽并列圈边数不变，问该电机的额定容量要不要改变？其它额定量要不要改变

答：单波时，并联支路数恒为2，设导体额定电流为I，则电刷的电流为2I；电刷间感应电势为 $E_a = E_2$ 。

单叠时，并联支路数等于极数， $2a = 2p = 6$ ，则电刷的电流为6I；电刷间电势为 $E_a = E_6 = E_2/3$ 。

$$E_a = \frac{pN}{60a} \cdot \Phi \cdot n = C_e \cdot \Phi \cdot n$$



- ❖ 作业:
- ❖
- ❖ p317习题 16-3, 16-7, 16-8, 16-9, 16-10