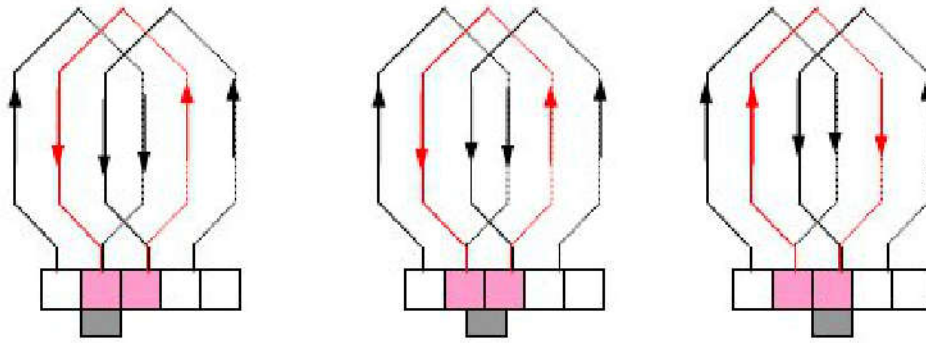




§ 3-8 直流电机的换向

1. 换向过程? (假设电刷宽度等于换向片宽度)



电枢旋转时，被电刷短路的元件从短路开始到短路结束，从一条支路转换到另一条支路，电流改变了方向。



基本概念:

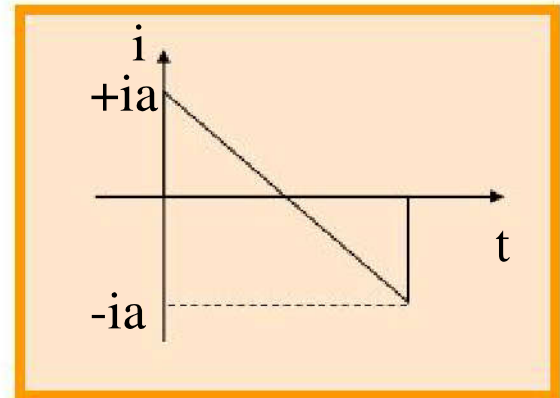
- 进行换向的元件，称为**换向元件**;
- 换向元件中的电流，称为**换向电流**;
- 换向元件中电流的变化过程，称为**换向过程**;
- 从换向开始到换向结束所需时间，称为**换向周期**;



直线换向

换向元件中的电流由电刷与相邻两换向片的接触面积决定。当回路电动势为零时，电流随时间的变化曲线是一条直线，称为直线换向

但是换向过程中，
不可能没有电势！





换向元件中的感应电势

(1) 电抗电势 e_r

换向元件中由于换向电流的变化所引起的自感电势和互感电势之和，称为**电抗电势**。

$$e_r = -L_r \cdot \frac{di}{dt} \quad L_r: \text{换向元件的电抗系数，包括自感和互感}$$

$$e_r \text{ 的平均值: } e_r = -L_r \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t} = +L_r \frac{2i_a}{T_k}$$

设电刷宽度 b_s 等于换向片宽度 b_k ，换向片数为 K ，

$$\text{换向周期 } T_k: \quad T_k = \frac{b_s}{v_k} = \frac{b_k}{v_k} = \frac{\pi D_k / K}{\pi D_k \cdot n / 60} = \frac{60}{K \cdot n}$$



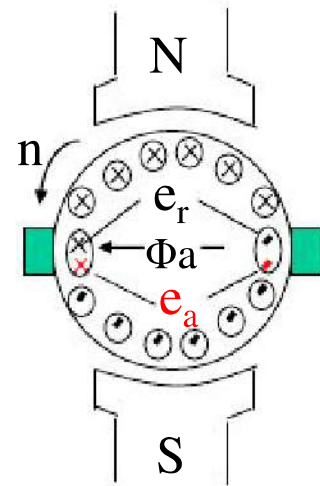
电抗电势的特点

- $e_r \propto \frac{i_a}{T_k} \propto I_a \cdot n$ 电机负载越重或转速越高，电抗电势越大。
- 电抗电势的方向阻止换向电流的变化，因此 e_r 的方向必与换向前的元件电流 i_a 的方向一致。



(2) 旋转电势

- 换向元件所处的几何中线处，主磁场几乎为零；
- 电枢反应磁势所产生的磁通 Φ_a 正好穿过换向元件。
- 电枢旋转时，换向元件切割 Φ_a 所生电势 e_a 称为旋转电势。





旋转电势的特点

设换向元件匝数为 W_k ，电枢反应磁势在换向元件处所生的磁密为 B_a ，则 e_a 的平均值：

$$e_a = 2B_a \cdot W_k \cdot l \cdot v_a$$

特点：（1） $e_a \propto I_a \cdot n$ ，负载越重或者转速越高，旋转电势也越大。

（2） 据右手定则， e_a 的方向总是与换向前元件中的电流方向相同， e_a 与 e_r 方向一致，也是阻碍换向的。



电刷下产生火花的原因

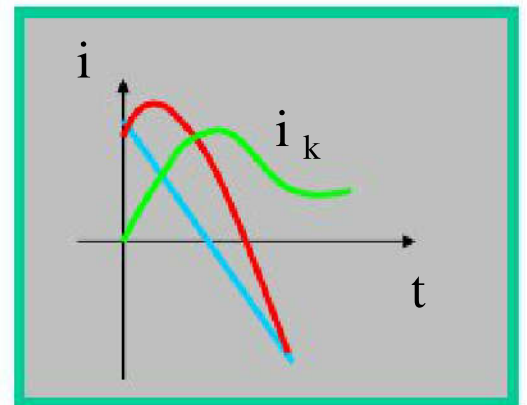
换向元件中存在两个方向相同的电势 e_r 和 e_a , 合成电势:

$$\sum e = e_a + e_r \neq 0$$

合成电势在换向元件闭合回路中产生的环流:

$$i_k = \frac{\sum e}{\sum R} = \frac{e_a + e_r}{\sum R}$$

由闭合转为断开时, 由 i_k 建立的电磁能量以火花的形式释放出来。(分为五级)

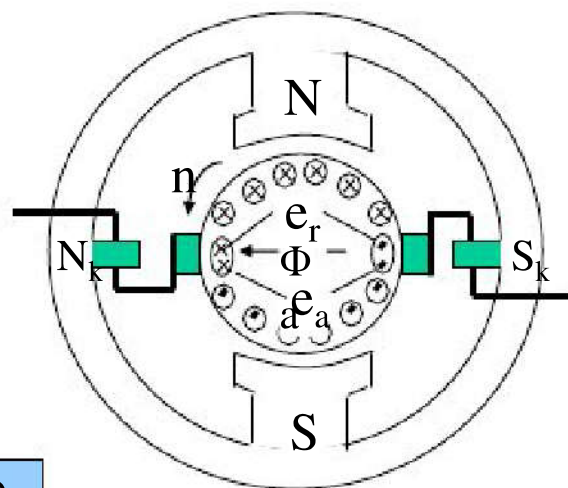
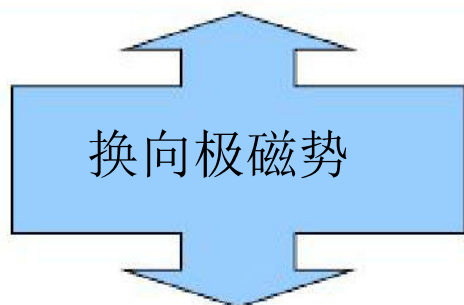




改善换向的方法

减少换向元件的感应电势和旋转电势，可以有效地改善换向。**最有效的办法：装换向极。**

抵消电枢反应磁势，使 $e_a = 0$

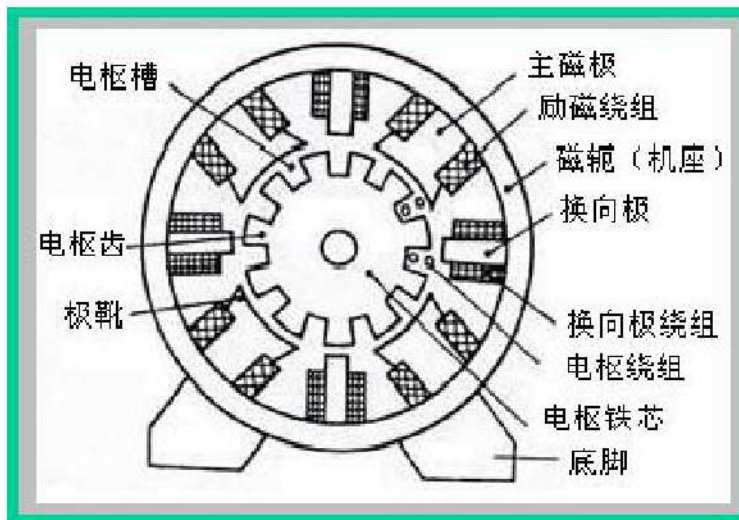


建立 B_k ，产生 e_k ，使 $\sum e = e_r - e_k = 0$



安装换向极的要求

- 换向极应装在几何中性线上;
- 换向极的极性使产生的 B_k 方向与电枢反应磁势的方向相反。
- 换向极绕组必须与电枢绕组串联，使在任何时候， $e_k = -e_r$

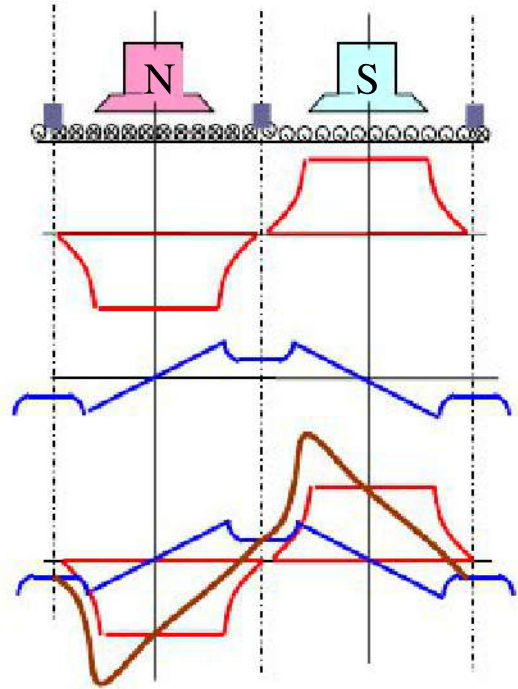




电位差火花

电枢反应使气隙磁场发生畸变，使处于 $B_{\delta\max}$ 处的元件的感应电势增大。

当片间电压 U_k 超过一定值时，换向片间产生火花，称为**电位差火花**。





环 火

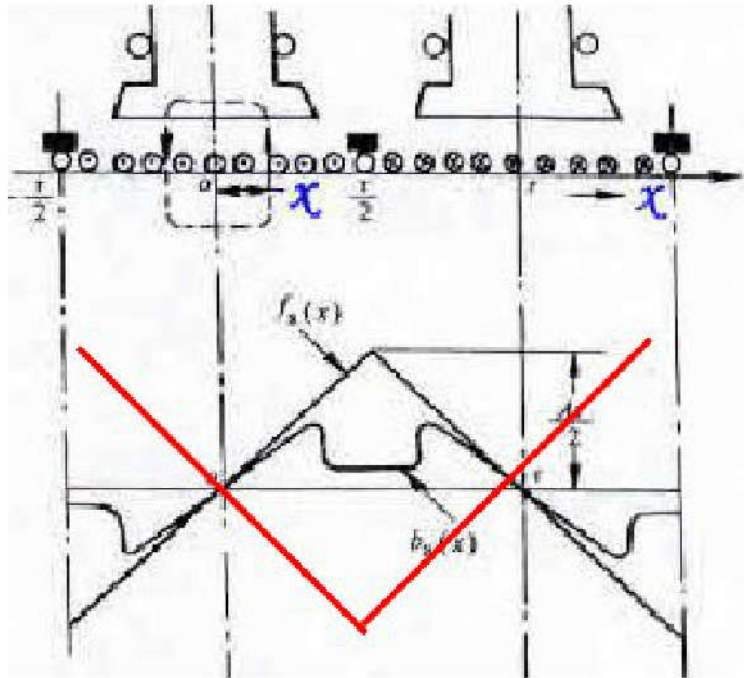
电机内电枢电流急剧增加， 换向元件中电抗电动势随之急剧增加， 而换向极铁芯中涡流的阻尼作用， 换向极磁场不能马上跟随变化， 形成严重的延迟换向。

电刷下的火花与电位差火花汇合在一起， 形成跨越正、负电刷之间的电弧， 即发生环火。

电机在很短时间内 烧毁。



环火的防止



将极弧下电枢反应
磁动势抵消。

防止环火的措施

在主磁极的极靴装补偿绕组，并与电枢绕组串联。产生的磁势方向与电枢反应磁势相反。

