

第五章 交变电流

1 交变电流

目标定位

1. 知道交变电流的概念,认识交变电流和直流的区别。
2. 了解交变电流的产生过程,会分析交变电流大小和方向的变化规律。
3. 知道交变电流的表示方法,理解交变电流的瞬时值、峰值的物理含义。

核心提示

- 重点:**1. 分析交变电流的产生过程。
2. 理解交变电流的变化规律和瞬时值、峰值的物理意义。
- 难点:**理解正弦式交变电流中电流变化规律与线圈位置变化的对应关系。

自主初探 · 夯基础

温馨提示

如果您在观看本课件的过程中出现压字现象，请关闭所有幻灯片，重新打开可正常观看。

前知回顾

1. 匀速圆周运动角速度、线速度：

(1) 角速度与周期、频率的关系： $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ 。

(2) 线速度与周期、频率的关系： $v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi fr$ 。

2. 感应电动势的计算：

(1) 法拉第电磁感应定律： $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 。

(2) 导体切割磁感线： $E = Blv$ 。

3. 楞次定律：感应电流的磁场总要 阻碍 引起感应电流的磁通量的变化。

一、交变电流

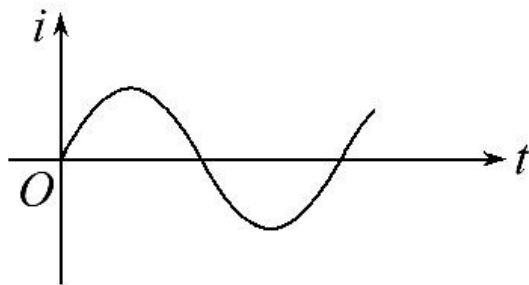
1. 交变电流：大小和方向随时间做 周期性 变化的电流，简称交流。

2. 直流：方向 不随时间变化的电流。

3. 图像特点：

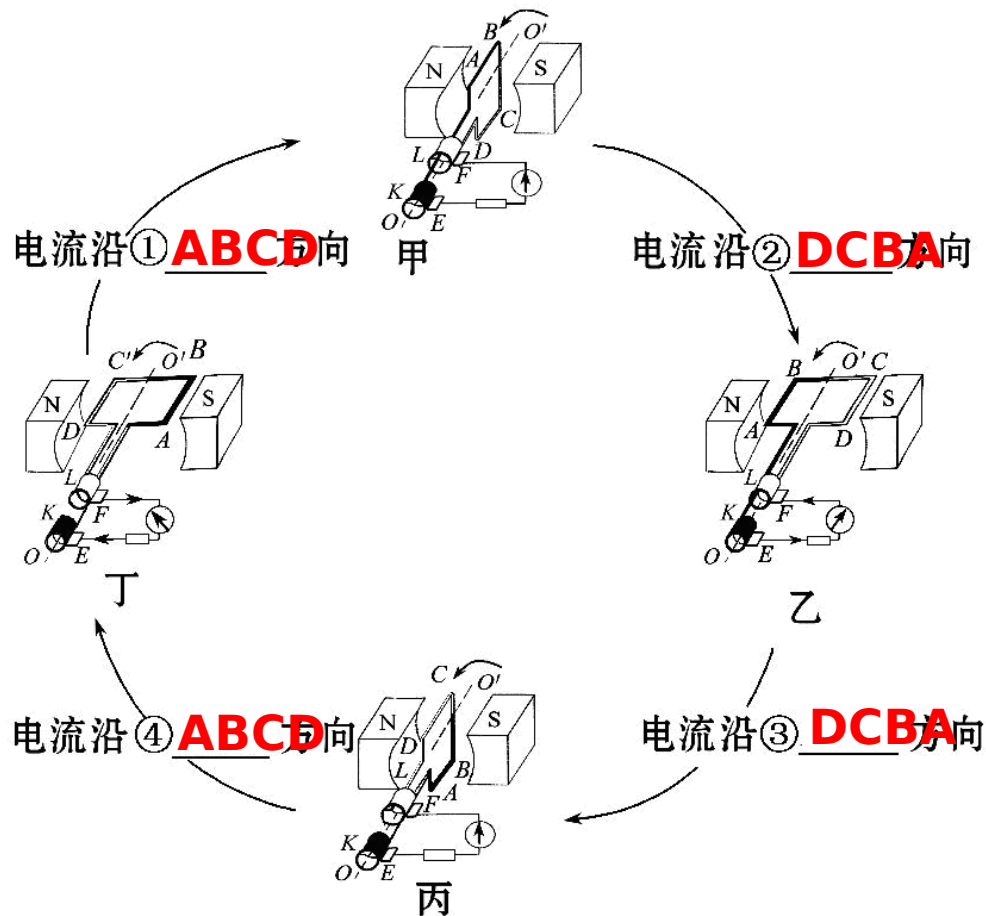
(1) 恒定电流的图像是一条 与时间轴平行的直线。

(2) 交变电流的图像随 时间 做周期性变化，如正弦交变电流的图像：



二、交变电流的产生

1. 产生过程（在下面横线上填：“ABCD”或“DCBA”）。



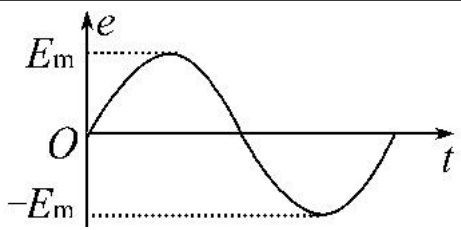
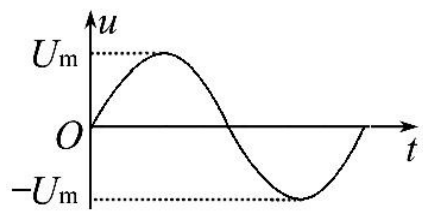
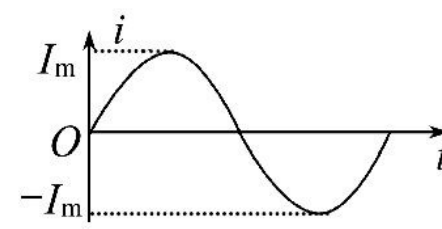
2. 在甲、丙位置时线圈中没有电流，在乙丁位置时线圈中电流最大。（选填“甲”“乙”“丙”或“丁”）

3. 中性面：对应甲、丙位置，此时线圈平面与磁感线方向垂直，磁通量最大。

三、交变电流的变化规律

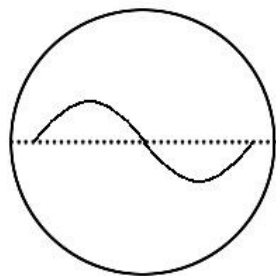
1. 正弦式交变电流：

(1) 定义：按正弦规律变化的交变电流，简称正弦式电流。

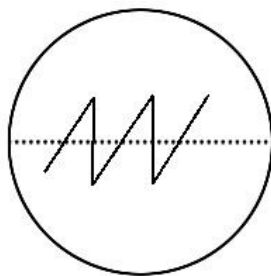
函数表达式	图 像
瞬时电动势： $e = \underline{E_m \sin\omega t}$	
瞬时电压： $u = \underline{U_m \sin\omega t}$	
瞬时电流： $i = \underline{I_m \sin\omega t}$	

注：表达式中 E_m 、 U_m 、 I_m 分别是电动势、电压、电流的 **峰值** _____，而 e 、 u 、 i 则是这几个量的 **瞬时值** _____。

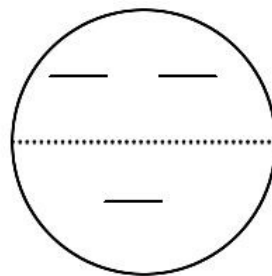
2. 几种常见的交变电流：



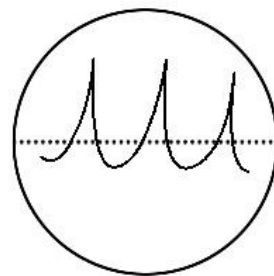
甲：家庭电路中的正弦交变电流



乙：示波器中的锯齿形扫描电压



丙：电子计算机中的矩形脉冲



丁：激光通信中的尖脉冲

【思考辨析】

1. 判断正误：

- (1) 只要线圈在磁场中转动，就可以产生交变电流。 ()
- (2) 当线圈中的磁通量最大时，产生的电流也最大。 ()
- (3) 当线圈平面与磁场垂直时，线圈中没有电流。 ()
- (4) 按正弦规律变化的交变电流称为正弦式交变电流。
()
- (5) 电子技术中所用到的交变电流全都是正弦式交变电流。
()

提示：（1）×。线圈在磁场中转动且有磁通量的变化才能产生交变电流。

（2）×。当线圈中的磁通量最大时产生的电流为零。

（3）√。当线圈平面与磁场垂直时，线圈中没有电流。

（4）√。按正弦规律变化的交变电流称为正弦式交变电流，简称正弦式电流。

（5）×。电子技术中除了有正弦式电流，还有锯齿形电流、矩形脉冲和尖脉冲等。

2. 问题思考：

(1) 正弦式交变电流是怎样产生的？

提示：线圈在匀强磁场中绕垂直于磁场方向的轴匀速转动，就可以产生正弦式交变电流。

(2) 交流发电机的中性面有什么特点？

提示：中性面是通过线圈的转轴且与磁场方向垂直的平面，通过线圈的磁通量最大而电流为零。

核心归纳 · 抓要点

深化
理解

一 交变电流的产生过程

1. 产生条件：在匀强磁场中，线圈绕垂直于磁场方向的轴匀速转动。

2. 两个特殊位置的对比分析：

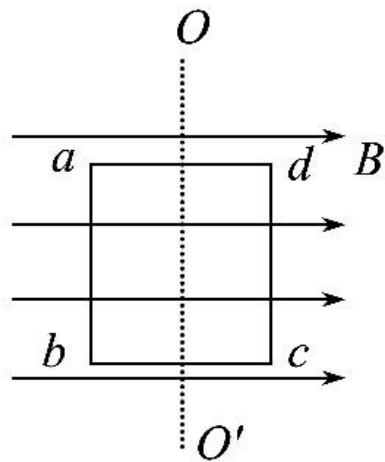
名称	中性面	中性面的垂面
位置	线圈平面与磁场垂直	线圈平面与磁场平行
磁通量	最大	零

名 称	中性面	中性面的垂面
磁通量的变化率	零	最大
感应电动势	零	最大
电流方向	改变	不变

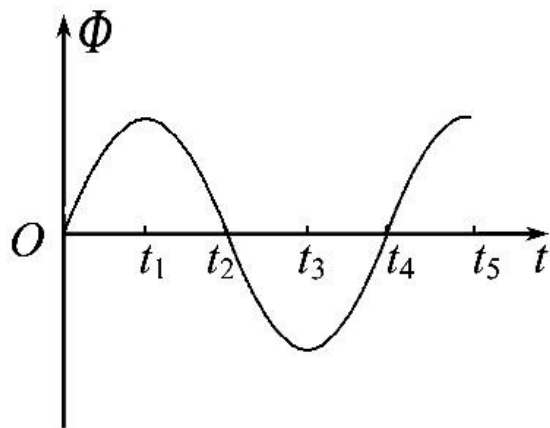
【特别提醒】（1）线圈每经过中性面一次，线圈中感应电流就要改变方向。

（2）线圈转一周，感应电流方向改变两次。

【典例 1】 一闭合矩形线圈 $abcd$ 绕垂直于磁感线的固定轴 O
 O' 匀速转动，线圈平面位于如图甲所示的匀强磁场中。通过线
 圈的磁通量 Φ 随时间 t 的变化规律如图乙所示，下列说法正确
 的是 ()



甲



乙

- A. t_1 、 t_3 时刻通过线圈的磁通量变化率最大
- B. t_1 、 t_3 时刻线圈中感应电流方向改变
- C. t_2 、 t_4 时刻线圈中磁通量最大
- D. t_2 、 t_4 时刻线圈中感应电动势最小

【解题探究】 (1) 根据 Φ - t 图像, t_2 、 t_4 时刻线圈中磁通量为零; t_1 、 t_3 时刻线圈中磁通量最大, t_1 、 t_3 时刻线圈处于 **中性面** 位置。

(2) 当线圈处于中性面位置时, 磁通量、磁通量的变化率、线圈中的感应电动势各有什么特点?

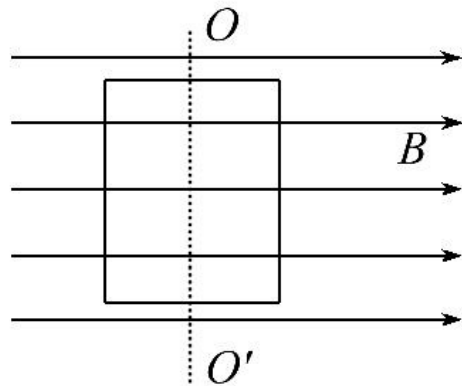
提示: 当线圈处于中性面位置时, 磁通量最大, 磁通量的变化率为零, 线圈中的感应电动势也为零。

【标准解答】选B。从题图乙可以看出， t_1 、 t_3 时刻通过线圈的磁通量最大，线圈经过中性面位置时线圈中感应电流方向改变，A错误，B正确； t_2 、 t_4 时刻通过线圈的磁通量为零，线圈处于与中性面垂直的位置，此时感应电动势和感应电流均为最大，故C、D均错误。

【变式训练】（2013·保定高二检测）如图所示，一矩形闭合线圈在匀强磁场中绕垂直于磁场方向的转轴 OO' 以恒定的角速度 ω 转动，从线圈平面与磁场方向平行时开始计时，则在

$\frac{\pi}{2\omega} \sim \frac{3\pi}{2\omega}$ 这段时间内（ ）

- A. 线圈中的感应电流一直在减小
- B. 线圈中的感应电流先增大后减小
- C. 穿过线圈的磁通量一直在减小
- D. 穿过线圈的磁通量的变化率先减小后增大

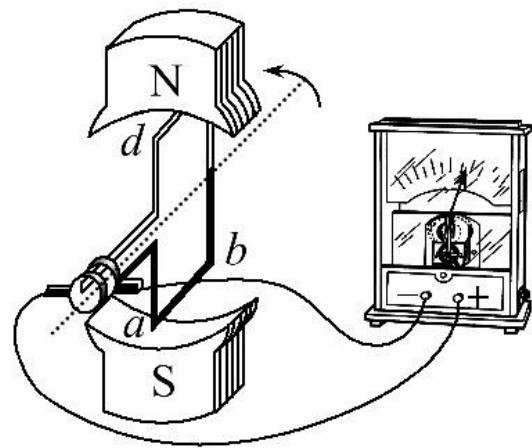


【解析】 选 B。根据 $\omega = \frac{2\pi}{T}$, $\frac{\pi}{2\omega} = \frac{T}{4}$, $\frac{3\pi}{2\omega} = \frac{3}{4}T$ ，由于从线圈平面与

磁场方向平行时开始计时，故 $\frac{T}{4} \sim \frac{3}{4}T$ 时间内线圈中的感应电流先增大后减小，穿过线圈的磁通量先减小后增大，而磁通量的变化率先增大后减小，故 B 正确。

【变式备选】 如图所示为演示交变电流产生的装置图，关于这个实验，正确的说法是（ ）

- A. 线圈每转动一周，指针左右摆动两次
- B. 图示位置为中性面，线圈中无感应电流
- C. 图示位置 ab 边的感应电流方向为 $a \rightarrow b$
- D. 线圈平面与磁场方向平行时，磁通量变化率为零



【解析】选C。线圈在磁场中匀速转动时，在电路中产生周期性变化的交变电流，线圈经过中性面时电流改变方向，线圈每转动一周，有两次通过中性面，电流方向改变两次，指针左右摆动一次。线圈处于图示位置时，ab边向右运动，ab边的感应电流方向为 $a \rightarrow b$ ；线圈平面与磁场方向平行时，ab、cd边垂直切割磁感线，线圈产生的电动势最大，也可以这样认为，线圈平面与磁场方向平行时，磁通量为零，但磁通量的变化率最大。

拓展
提升

二 交变电流的变化规律

1. 正弦交变电流的瞬时值表达式：

$$(1) \quad e = nBS\omega \sin \omega t = E_m \sin \omega t。$$

$$(2) \quad i = \frac{e}{R+r} = \frac{E_m}{R+r} \sin \omega t = I_m \sin \omega t。$$

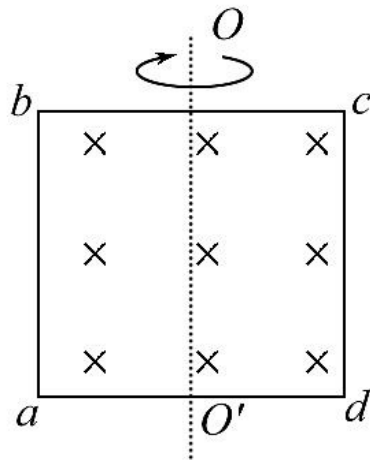
$$(3) \quad u = iR = I_m R \sin \omega t = U_m \sin \omega t。$$

2. 说明：上面各式中的 e 、 i 、 u 仅限于从中性面开始计时的情况。若从垂直于中性面（即从线圈平面与磁场平行时）开始计时，则上述表达式应为 $e = E_m \cos \omega t$ ， $i = I_m \cos \omega t$ ， $u = U_m \cos \omega t$ 。

【特别提醒】（1）交流电动势的峰值 $E_m = nBS\omega$ ，由线圈匝数 n 、磁感应强度 B 、转动角速度 ω 和线圈面积 S 决定，与线圈的形状及转动轴的位置无关。

（2）理解交变电流的瞬时值，要处理好两个关系：一是数、形、位的关系（即函数、图像、线圈位置三者之间的关系）；二是数、理关系（数学表达式、物理意义两者之间的关系）。

【典例 2】 有一个 **10** 匝正方形线框，边长为 **20cm**，线框总电阻为 **1Ω** ，线框绕 **OO'** 轴以 **$10\pi\text{rad/s}$** 的角速度匀速转动，如图所示，垂直于线框平面向里的匀强磁场的磁感应强度为 **0.5T** 。问：



- (1) 该线框产生的交变电动势最大值、电流最大值分别是多少？
- (2) 线框从图示位置转过 60° 时，感应电动势的瞬时值是多少？
- (3) 写出感应电动势的瞬时值表达式。

【解题探究】 (1) 线框中交变电流电动势最大值的计算公式为 $E_m = \underline{NBS\omega}$ 。

(2) 图示位置为线框的 **中性面**，转过 60° 的瞬时值为 $e = \underline{E_m \sin 60^\circ}$ 。

(3) 确定感应电动势瞬时值表达式的关键是什么？

提示：①确定从何位置开始计时，②确定最大值，③确定角速度 ω 。

【标准解答】 (1) 交变电动势最大值为

$$E_m = NBS\omega = 10 \times 0.5 \times 0.2^2 \times 10\pi \text{ V} = 6.28 \text{ V},$$

电流的最大值为 $I_m = \frac{E_m}{R} = \frac{6.28}{1} \text{ A} = 6.28 \text{ A}。$

(2) 线框转过 60° 时, 感应电动势 $e = E_m \sin 60^\circ \approx 5.44 \text{ V}。$

(3) 由于线框转动是从中性面开始计时的, 所以感应电动势瞬时值表达式为 $e = E_m \sin \omega t = 6.28 \sin 10\pi t \text{ V}。$

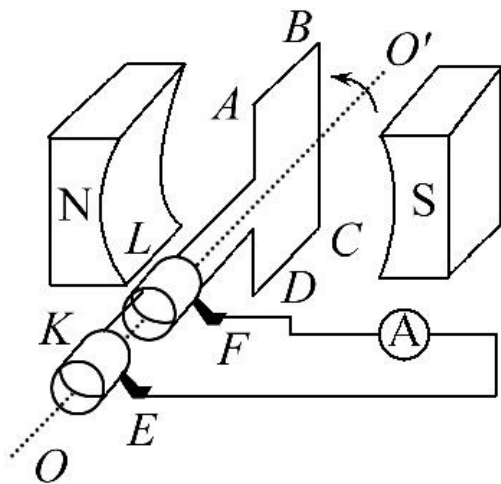
答案： (1) 6.28V 6.28 A (2) 5.44 V

(3) $e = 6.28 \sin 10\pi t \text{ V}$

【总结提升】 确定正弦式交变电流瞬时值表达式的方法

- (1) 明确线圈在什么位置时开始计时，以确定瞬时值表达式正弦函数的初相位（零时刻的角度）。
- (2) 确定线圈的匝数、线圈的面积、角速度等物理量。
- (3) 由 $E_m = nBS\omega$ 求出感应电动势的最大值。
- (4) 根据 $e = E_m \sin \omega t$ 写出正弦式交变电流的表达式。

【变式训练】（多选）（2013·广州高二检测）如图所示为交流发电机示意图，线圈的 **AB** 边连在金属滑环 **K** 上，**CD** 边连在滑环 **L** 上，导体做的两个电刷 **E**、**F** 分别压在两个滑环上，线圈在转动时可以通过滑环和电刷保持与外电路的连接。关于其工作原理，下列分析正确的是（ ）



- A. 当线圈平面转到中性面的瞬间，穿过线圈的磁通量最大
- B. 当线圈平面转到中性面的瞬间，线圈中的感应电流最大
- C. 当线圈平面转到跟中性面垂直的瞬间，穿过线圈的磁通量最小
- D. 当线圈平面转到跟中性面垂直的瞬间，线圈中的感应电流最小

【解析】选 A、C。当线圈平面转到中性面的瞬间，穿过线圈的磁通量最大，磁通量变化率为零，感应电动势为零，线圈中的感应电流为零，选项 A 正确、B 错误；当线圈平面转到跟中性面垂直的瞬间，穿过线圈的磁通量最小，磁通量变化率最大，感应电动势最大，感应电流最大，选项 C 正确、D 错误。

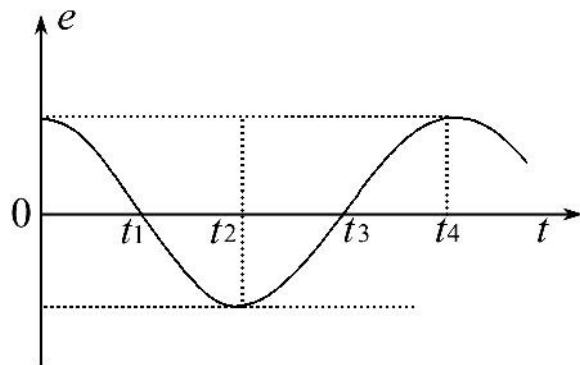
备选例题

考查内容

交变电流的图像分析

【典例】一矩形线圈绕垂直于匀强磁场并位于线圈平面内的固定轴转动，线圈中的感应电动势 e 随时间 t 的变化情况如图所示。下面说法中正确的是 ()

- A. $t=0$ 时刻线圈处于中性面位置
- B. t_2 时刻到 t_4 时刻线圈转过了 1 圈
- C. t_3 时刻通过线圈的电流最大
- D. 每当 e 变换方向时，通过线圈的磁通量绝对值都最大



【标准解答】选D。 $t=0$ 时刻，产生的电动势最大，线圈处于与中性面垂直的位置，故A错误；从 t_2 时刻到 t_4 时刻，时间为半个周期，线圈转过0.5圈，故B错误； t_3 时刻，产生的电动势为零，线圈中的电流为零，故C错误；线圈在中性面时， e 变换方向，此时通过线圈的磁通量绝对值最大，故D正确。



易错辨析

交变电流的产生和变化规律的辨析

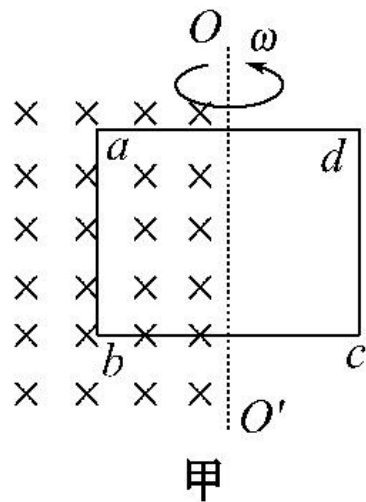
线圈在磁场中转动产生交变电流，而线圈在磁场中的情况千变万化，故线圈在磁场中转动过程的分析要注意以下三点：

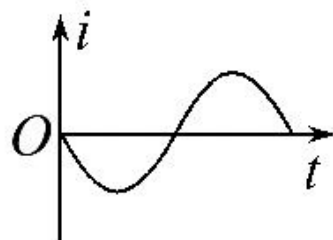
第一，明确线圈的转轴与磁场的位置，这将关系到线圈的磁通量是否发生变化；

第二，明确线圈的转轴与线圈的位置，总电动势是两部分电动势的和，这将关系到两部分电动势的大小和方向；

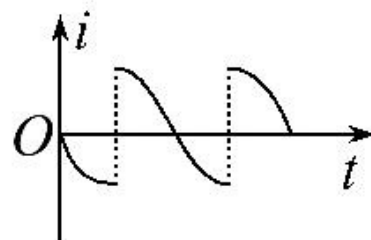
第三，要对整个转动过程进行全程分析，不能想当然地去判断而得出结论。

【案例展示】如图甲所示，单匝矩形线圈的一半放在具有理想边界的匀强磁场中，线圈轴线 OO' 与磁场边界重合。线圈按图示方向匀速转动。若从图示位置开始计时，并规定电流方向沿 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ 为正方向，则线圈内感应电流随时间变化的图像是图乙中的（ ）

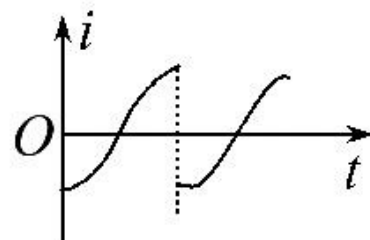




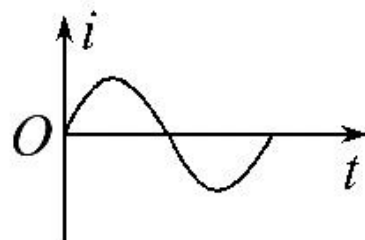
A



B



C



D

乙

【标准解答】选 A。若从图示位置开始计时，在线圈转动 90° 的过程中，只有 ab 边切割磁感线，相当于向右切割，故感应电流的方向为 $a \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$ ，为负方向，大小相当于半个线圈在磁场中转动，但还是正弦的形式，这一部分 A、B 的表示都是正确的；在线圈转动 90° 到 180° 的过程中，只有 cd 边切割磁感线，相当于向左切割，故感应电流的方向为 $a \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow b \rightarrow a$ ，为负方向，大小相当于半个线圈在磁场中转动，但还是正弦的形式，这一部分 B 项表示的方向是不正确的；再按同样的方法继续分析可以得到 A 项是正确的。

【易错分析】 本题易错选项及错误原因分析如下：

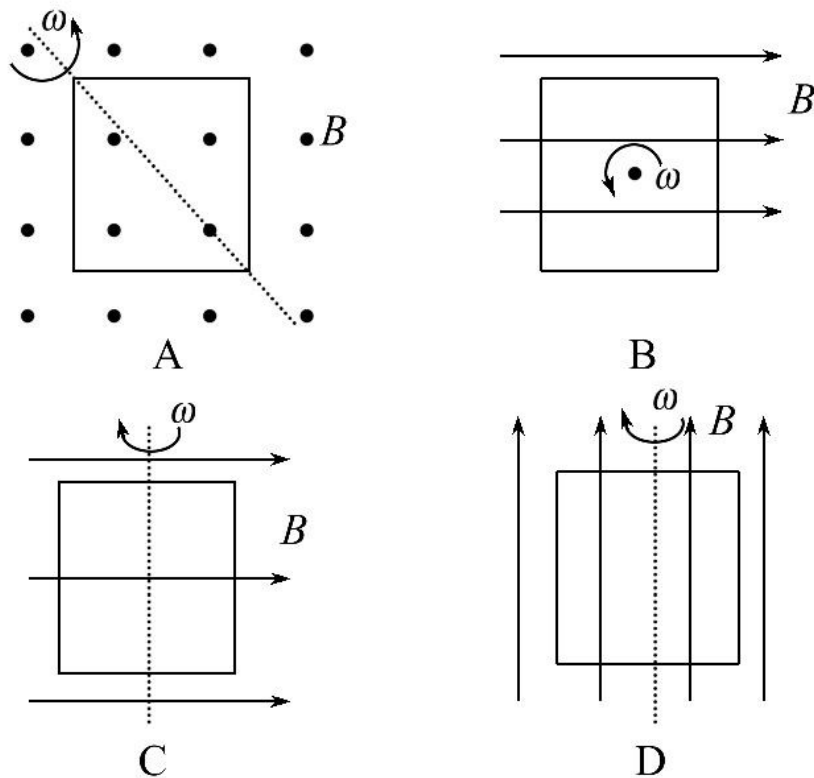
易错选项	错误原因
B	只分析对了线圈在 0 到 90° 的转动过程中感应电流的方向，在 90° 到 180° 的分析过程中，电流的方向产生了错误
C	在 0 到 90° 的分析过程中，电流的大小产生了错误
D	在 0 到 90° 的分析过程中，电流的方向产生了错误

学业测试·速达标

1. (基础理论辨析题) 关于交变电流的产生和变化规律, 下列说法中正确的是 ()
- A. 周期性变化的电流叫作交变电流
 - B. 交流发电机线圈中磁通量最大时, 感应电动势也最大
 - C. 当线圈平面与磁感线平行时, 线圈中的感应电动势一定为零
 - D. 交变电流一定按正弦规律变化
 - E. 线圈绕垂直于磁场方向的轴在匀强磁场中匀速转动就可以产生正弦式交变电流

【解析】选 E。方向做周期性变化的电流叫作交变电流，如果只是大小做周期性变化，方向不变时，不是交变电流，A 错误；线圈中磁通量最大时，感应电动势为零，B 错误；线圈平面与磁场方向平行时，感应电动势为最大值，C 错误；交变电流不一定按正弦规律变化，D 错误；线圈绕垂直磁场方向的轴在匀强磁场中匀速转动就可以产生正弦式交变电流，E 正确。

2. (多选) (2013·广州高二检测) 如图中各图面积均为 S 的线圈均绕其对称轴或中心轴在匀强磁场 B 中以角速度 ω 匀速转动, 能产生正弦交变电动势 $e=BS\omega\sin\omega t$ 的图是 ()



【解析】选 A、C。线圈在匀强磁场中绕垂直于磁场方向的轴（轴在线圈所在平面内）匀速转动，产生的正弦交变电动势为 $e=BS\omega\sin\omega t$ ，由这一原则判断，A 图和 C 图符合要求；B 图中的转轴不在线圈所在平面内；D 图转轴与磁场方向平行，而不是垂直。故 A、C 正确。

3. (多选) 线圈在磁场中匀速转动产生的交流电动势为 $e = 10\sqrt{2}\sin 20\pi t \text{ V}$ ，则下列说法正确的是 ()

A. $t=0$ 时，线圈平面位于中性面

B. $t=0$ 时，穿过线圈的磁通量最大

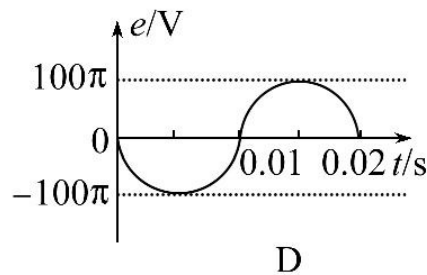
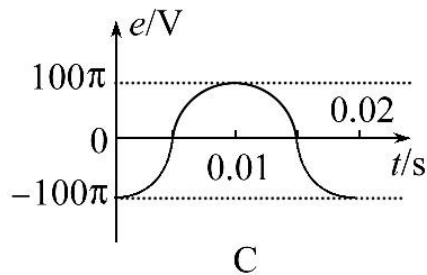
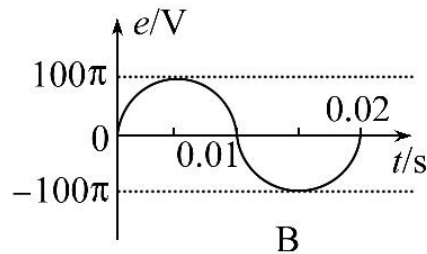
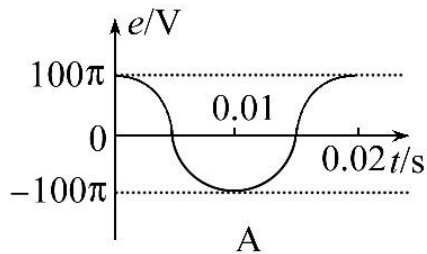
C. $t=0$ 时，导线切割磁感线的有效速度最大

D. $t=0.4 \text{ s}$ 时， e 达到峰值 $10\sqrt{2}\text{V}$

【解析】 选 A、B。由交流电动势瞬时值表达式

$e = 10\sqrt{2}\sin 20\pi t \text{ V}$ 知， $t=0$ 时，线圈位于中性面，穿过线圈的磁通量最大、有效切割速度为零，故 A、B 正确、C 错误。当 $t=0.4 \text{ s}$ 时， $e=0$ ，D 错误。

4. (多选) (2013·天水高二检测) 一个匝数 $N=100$ 匝的线圈所包围的面积 $S=0.02\text{m}^2$ ，在匀强磁场 $B=0.5\text{T}$ 中绕垂直于磁感线的轴以角速度 $\omega=100\pi\text{rad/s}$ 匀速转动时，在线圈中产生交流电，若自线圈通过中性面时开始计时，那么在图中能够反映线圈中感应电动势随时间变化的图像可能是 ()



【解析】选 B、D。由于从中性面开始计时，故 $t=0$ 时感应电动势为零，由此可确定 A、C 错误，B、D 正确。

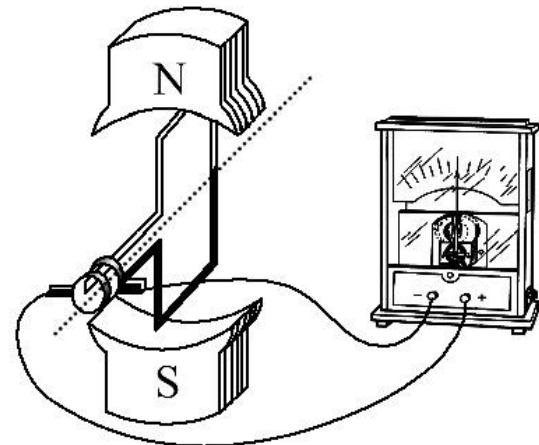
5. (多选) 如图所示, 观察电流表的指针, 可以看到 ()

A. 指针随着线圈转动而摆动, 并且线圈转动一周, 指针左右摆动一次

B. 当线圈平面转到跟磁感线垂直的平面位置时, 电流表的指针的偏转最大

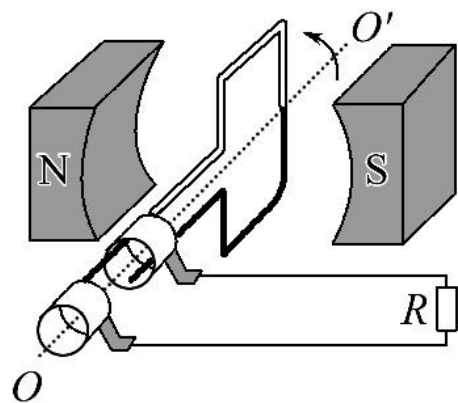
C. 当线圈平面转到跟磁感线平行的位置时, 电流表的指针的偏转最大

D. 在匀强磁场中匀速转动的线圈里产生的感应电动势和感应电流是按正弦规律变化的



【解析】选 A、C。由右手定则可以判断线圈转一周电流方向改变两次，A 选项正确；当线圈平面转到跟磁感线垂直的平面位置时，磁通量最大，但磁通量的变化率为零，感应电动势为零，则感应电流为零，故 B 错；当线圈平面转到跟磁感线平行的位置时，磁通量的变化率最大，感应电动势最大，则感应电流最大，C 选项正确；在匀强磁场中，如果线圈绕平行磁感线的轴转动，穿过线圈的磁通量总为零，磁通量不发生变化，无感应电动势和感应电流产生，所以 D 错。

6. 如图所示，一小型发电机内有 $n=100$ 匝矩形线圈，线圈面积 $S=0.10\text{m}^2$ ，线圈电阻可忽略不计。在外力作用下，矩形线圈在 $B=0.10\text{T}$ 的匀强磁场中，以恒定的角速度 $\omega=100\pi\text{rad/s}$ 绕垂直于磁场方向的固定轴 OO' 匀速转动，发电机线圈两端与 $R=100\Omega$ 的电阻构成闭合回路。求：



- (1) 线圈转动时产生感应电动势的最大值；
- (2) 从图示位置开始计时，写出线框中感应电动势的瞬时值表达式。

【解析】（1）线圈中感应电动势的最大值 $E_m = nBS\omega = 314\text{V}$

（2）从图示位置即中性面开始计时，则瞬时值表达式为正弦形式，代入公式 $e = E_m \sin\omega t$ 得感应电动势的瞬时值表达式为 $e = 314\sin 100\pi t \text{ V}$ 。

答案：（1）314 V （2） $e = 314\sin 100\pi t \text{ V}$



课时提升卷



点击进入
Word版可编辑套题

