

# 专题 22 交变电流

## 目录

考向一 正弦交变电流的产生及变化规律 .....	1
考查方式一 交变电流的产生过程分析 .....	1
考查方式二 交变电流的函数表达式的理解 .....	3
考查方式三 交变电流的图象分析 .....	3
考向二 交变电流“四值”的理解与应用 .....	5
考查方式一 峰值 .....	5
考查方式二 有效值 .....	7
考查方式三 平均值 .....	8
考查方式四 “四值”的综合应用 .....	9
<b>【题型演练】</b> .....	12

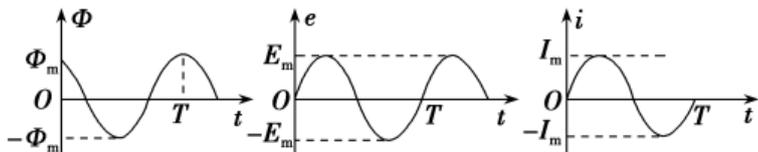
## 考向一 正弦交变电流的产生及变化规律

### 1. 交流电产生过程中的两个特殊位置

图示		
概念	中性面位置	与中性面垂直的位置
特点	$B \perp S$	$B // S$
	$\Phi = BS$ , 最大	$\Phi = 0$ , 最小
	$e = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = 0$ , 最小	$e = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = nBS\omega$ , 最大
	感应电流为零, 方向改变	感应电流最大, 方向不变

### 2. 正弦式交变电流的变化规律

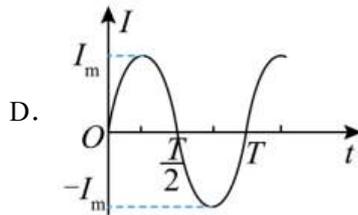
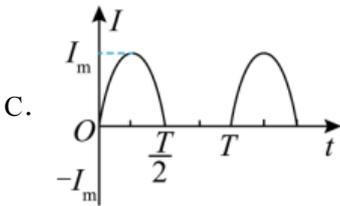
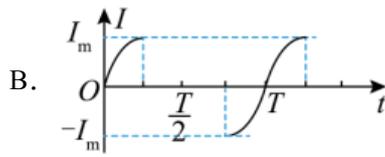
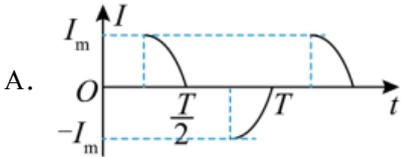
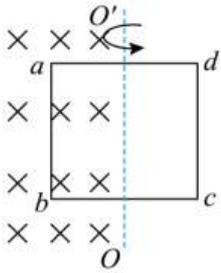
磁通量:  $\Phi = \Phi_m \cos \omega t$ ; 电动势:  $e = E_m \sin \omega t$ ; 电流:  $i = I_m \sin \omega t$ .



### 考查方式一 交变电流的产生过程分析

**【例 1】** 如图垂直于纸面向里的有界匀强磁场中有一个矩形线框  $abcd$ , 线框以  $OO'$  为轴匀速转动,  $OO'$  与磁场右边界重合。若线框中产生电流的峰值为  $I_m$

，由图示位置开始计时，则下列可以正确描述线框中电流随时间变化的图像是（ ）

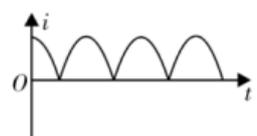
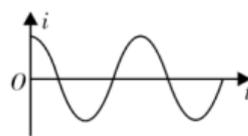
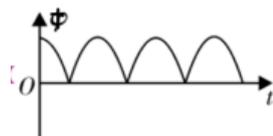
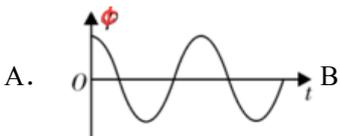
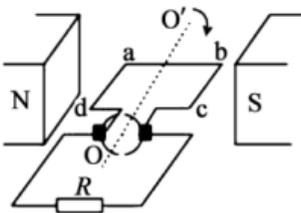


**【答案】D**

**【详解】**在  $0: \frac{1}{4}T$  内，由于线圈在匀强磁场中从中性面开始转动，故产生正弦式交变电流，在  $\frac{1}{4}T: \frac{3}{4}T$  内都有感应电流，整个周期都有感应电流，所以 ABC 错误；D 正确；

故选 D。

**[变式]**发电机的结构示意图如图所示，正方形金属框  $abcd$  通过两半圆形金属环及导线与电阻  $R$  构成一闭合回路，在匀强磁场中以恒定角速度绕  $OO'$  轴转动，下列关于通过金属框的磁通量  $\Phi$  及通过电阻  $R$  的电流  $i$  随时间  $t$  变化的图像可能正确的是（ ）



**【答案】AD**

**【详解】**当金属框在匀强磁场中以恒定角速度绕  $OO'$  轴转动时，通过的磁通量和产生的感应电流大小和方向都随时间周期性变化。

AB. 当线框从经过中性面开始计时, 磁通量随时间余弦规律变化; 当线框从垂直于中性面开始计时磁通量随时间正弦规律变化, A 正确, B 错误;

CD. 当线框从经过中性面开始计时, 线框中的电流随时间正弦规律变化; 金属框通过两半圆形金属环及导线与电阻  $R$  构成一闭合回路, 由楞次定律知通过电阻  $R$  的电流方向不变, 都是向左通过, C 错误, D 正确。

故选 AD。

### 考查方式二 交变电流的函数表达式的理解

**【例 2】** 一个矩形线圈在匀强磁场中转动产生的电动势  $e=200\sqrt{2}\cdot\sin 100\pi t(\text{V})$ , 那么( )

- A. 该交变电流的频率是 100 Hz      B. 当  $t=0$  时, 线圈平面恰好与中性面垂直  
C. 当  $t=\frac{1}{200}$  s 时,  $e$  达到峰值      D. 该交变电流的电动势的有效值为  $200\sqrt{2}$  V

**【答案】** C.

**【解析】** 由交变电流的电动势瞬时值表达式  $e=nBS\omega\cdot\sin \omega t$  可知, 交变电流的频率  $f=\frac{\omega}{2\pi}=\frac{100\pi}{2\pi}$  Hz=50 Hz, 选项 A 错误; 在  $t=0$  时, 电动势瞬时值为 0, 线圈平面恰好在中性面处, 选项 B 错误; 当  $t=\frac{1}{200}$  s 时,  $e$  达到峰值  $E_m=200\sqrt{2}$  V, 选项 C 正确; 该交变电流的电动势的有效值  $E=\frac{E_m}{\sqrt{2}}=200$  V, 选项 D 错误.

**[变式]** 一交流电压为  $u=100\sqrt{2}\sin(100\pi t)\text{V}$ , 由此表达式可知( )

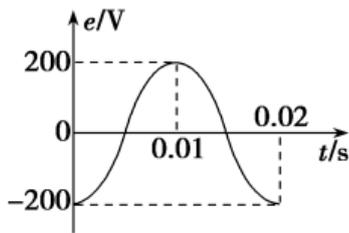
- A. 用电压表测该电压其示数为 50 V      B. 该交流电压的周期为 0.02 s  
C. 将该电压加在“100 V,100 W”的灯泡两端, 灯泡的实际功率小于 100 W  
D.  $t=\frac{1}{400}$  s 时, 该交流电压的瞬时值为 50 V

**【答案】** B

**【解析】** 由交流电压瞬时值表达式可知电压的有效值为 100 V, 故用电压表测该电压其示数为 100 V, 选项 A 错误;  $\omega=100\pi$  rad/s, 则周期  $T=\frac{2\pi}{\omega}=0.02$  s, 选项 B 正确; 该电压加在“100 V,100 W”的灯泡两端, 灯泡恰好正常工作, 选项 C 错误; 将  $t=\frac{1}{400}$  s 代入瞬时值表达式得电压的瞬时值为 100 V, 选项 D 错误.

### 考查方式三 交变电流的图象分析

**【例 3】** 电阻为  $1\ \Omega$  的矩形线圈绕垂直于磁场方向的轴在匀强磁场中匀速转动, 线圈的电动势随时间变化的图象如图所示. 现把线圈的电动势加在电阻为  $9\ \Omega$  的电热丝上, 则下列说法正确的是( )

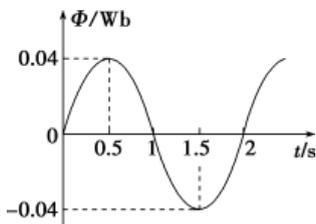


- A. 线圈转动的角速度为  $31.4 \text{ rad/s}$       B. 如果线圈转速提高一倍, 则电流发生改变  
 C. 电热丝两端的电压  $U=100\sqrt{2} \text{ V}$       D. 电热丝的发热功率  $P=1800 \text{ W}$

**【答案】** BD

**【解析】**从图中可知  $T=0.02 \text{ s}$ ,  $\omega=\frac{2\pi}{T}=314 \text{ rad/s}$ , 故选项 A 错误; 其他条件不变, 如果线圈转速提高一倍, 角速度  $\omega$  变为原来的两倍, 则电动势最大值  $E_m=NBS\omega$  变为原来的两倍, 电压的有效值为原来的两倍, 根据欧姆定律可知电流发生改变, 故选项 B 正确; 该交流电压的最大值为  $200 \text{ V}$ , 所以有效值为  $100\sqrt{2} \text{ V}$ ,  $U=\frac{9}{9+1}\times 100\sqrt{2} \text{ V}=90\sqrt{2} \text{ V}$ , 故选项 C 错误; 根据  $P=\frac{U^2}{R}$  得  $P=\frac{(90\sqrt{2})^2}{9} \text{ W}=1800 \text{ W}$ , 选项 D 正确.

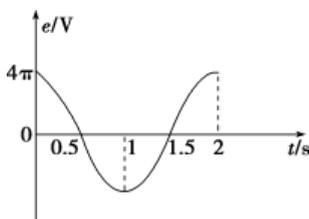
**【变式】**在匀强磁场中, 一个  $100$  匝的闭合矩形金属线圈, 绕与磁感线垂直的固定轴匀速转动, 穿过该线圈的磁通量随时间按图示正弦规律变化. 设线圈总电阻为  $2 \Omega$ , 则( )



- A.  $t=0$  时, 线圈平面平行于磁感线      B.  $t=1 \text{ s}$  时, 线圈中的电流改变方向  
 C.  $t=1.5 \text{ s}$  时, 线圈中的感应电动势最大      D. 一个周期内, 线圈产生的热量为  $8\pi^2 \text{ J}$

**【答案】** AD

**【解析】** $t=0$  时, 磁通量为零, 磁感线与线圈平面平行, A 正确; 当磁感线与线圈平面平行时, 磁通量变化率最大, 感应电动势最大, 画出感应电动势随时间变化的图象如图, 由图可知,  $t=1 \text{ s}$  时, 感应电流没有改变方向, B 错误;  $t=1.5 \text{ s}$  时, 感应电动势为 0, C 错误; 感应电动势最大值  $E_m=NBS\omega=N\Phi_m\frac{2\pi}{T}=100\times 0.04\times\frac{2\pi}{2}(\text{V})=4\pi(\text{V})$ , 有效值  $E=\frac{\sqrt{2}}{2}\times 4\pi(\text{V})=2\sqrt{2}\pi(\text{V})$ ,  $Q=\frac{E^2}{R}T=8\pi^2(\text{J})$ , D 正确.



## 考向二 交变电流“四值”的理解与应用

交变电流“四值”的比较

物理量	重要关系	适用情况及说明
瞬时值	$e = E_m \sin \omega t$ $i = I_m \sin \omega t$	计算线圈某时刻的受力情况
峰值	$E_m = nBS\omega$ $I_m = \frac{E_m}{R+r}$	讨论电容器的击穿电压
有效值	$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}, U = \frac{U_m}{\sqrt{2}},$ $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ (只适用于正弦式交变电流)	(1)计算与电流的热效应有关的量(如电功、电功率、电热等) (2)电气设备“铭牌”上所标的值 (3)保险丝的熔断电流 (4)交流电表的读数
平均值	$\bar{E} = BL\bar{v}$ $\bar{E} = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ $\bar{I} = \frac{\bar{E}}{R+r}$	计算通过电路截面的电荷量

### 考查方式一 峰值

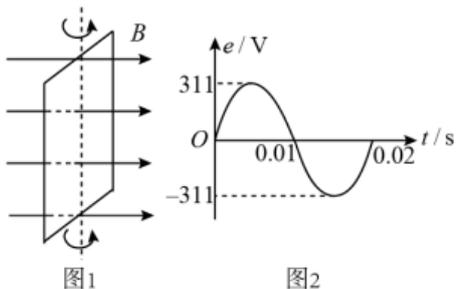
矩形线圈在匀强磁场中绕垂直于磁场的轴转到与磁感线平行时，感应电动势有最大值  $E_m = NB\omega S$ 。

此时电阻电路中的电流及用电器两端电压也有最大值  $I_m = \frac{E_m}{R+r}$ ， $U_m = I_m \cdot R$ 。

最大值  $E_m$  和线圈形状无关，和垂直磁场的转动轴的选取无关，即  $N$ 、 $B$ 、 $\omega$ 、 $S$  一定， $E_m = NB\omega S$  不变。

最大值在实际中有一定的指导意义，所有使用交变电流的用电器，其最大耐压值，应大于其使用的交流电压的最大值，电容器上的标示电压，即其耐压值，是电容器所允许加的电压的最大值。

**【例 4】**在匀强磁场中，一矩形金属线框绕与磁感线垂直的转轴匀速转动，如图 1 所示。产生的交变电动势的图像如图 2 所示，则



- A.  $t=0.005\text{s}$  时线框的磁通量变化率为零  
 B.  $t=0.01\text{s}$  时线框平面与中性面重合  
 C. 线框产生的交变电动势有效值为  $311\text{V}$   
 D. 线框产生的交变电动势频率为  $100\text{Hz}$

**【答案】B**

**【详解】**由图 2 可知  $T=0.02\text{s}$ ,  $E_m=311\text{V}$ , 根据正弦式交变电流有效值和峰值的关系可得, 该交变电流的有效值为  $E=\frac{E_m}{\sqrt{2}}=\frac{311}{\sqrt{2}}\text{V}=220\text{V}$ , 故 C 错误, 根据周期和频率的关系可得, 该交变电流的频率为,

$f=\frac{1}{T}=\frac{1}{0.02}\text{Hz}=50\text{Hz}$ , 故 D 错误; 由图 2 可知  $t=0.01$  时,  $e=0$  所以该交流电从中性面开始计时, 故 B 正确;

$t=0.005\text{s}$  时,  $e=311\text{V}$ , 由法拉第电磁感应定律可得磁通量的变化率最大为  $311\text{V}$ , 故 A 错误。

故选 B.

[变式]低压卤素灯在家庭电路中使用时需要变压器降压。若将“ $12\text{V } 50\text{W}$ ”的交流卤素灯直接通过变压器（视为理想变压器）接入电压为  $220\text{V}$  的交流电后能正常工作, 则 ( )

- A. 卤素灯两端的电压有效值为  $6\sqrt{2}\text{V}$       B. 变压器原、副线圈的匝数比为  $55:3$   
 C. 流过卤素灯的电流为  $0.24\text{A}$       D. 卤素灯的电阻为  $968\Omega$

**【答案】B**

**【详解】**A. 卤素灯上标记的额定电压  $12\text{V}$  即为卤素灯两端的电压有效值, A 错误;

B. 根据理想变压器的原理可知

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220}{12} = \frac{55}{3}$$

B 正确;

C. 流过卤素灯的电流为

$$I = \frac{P}{U} = \frac{50\text{W}}{12\text{V}} = \frac{25}{6}\text{A}$$

C 错误;

D. 卤素灯是非线性元件, 电阻随着电压不同而改变, D 错误。

故选 B。

### 考查方式二 有效值

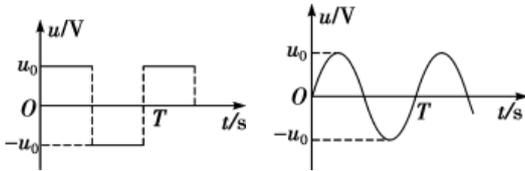
(1) 定义有效值时要注意“三同”，即电阻相同、时间相同、产生热量相同。

(2) 在计算交变电流通过导体产生的热量和电功率以及确定保险丝的熔断电流时，只能用交变电流的有效值。如电功率的计算式： $P=UI$  中， $U$ 、 $I$  均为有效值。

(3) 在交流电路中，电压表、电流表、功率表等电子仪表的示数均为交变电流的有效值。在没有具体说明的情况下，所给出的交变电流的电压、电流及电功率指的都是有效值。

(4) 我国民用交变电流：照明电压 220 V 和动力电压 380 V 都是有效值。

**【例 5】**一电阻接到方波交流电源上，在一个周期内产生的热量为  $Q_{\text{方}}$ ；若该电阻接到正弦交流电源上，在一个周期内产生的热量为  $Q_{\text{正}}$ 。该电阻上电压的峰值均为  $u_0$ ，周期均为  $T$ ，如图所示。则  $Q_{\text{方}}:Q_{\text{正}}$  等于( )



A.  $1:\sqrt{2}$

B.  $\sqrt{2}:1$

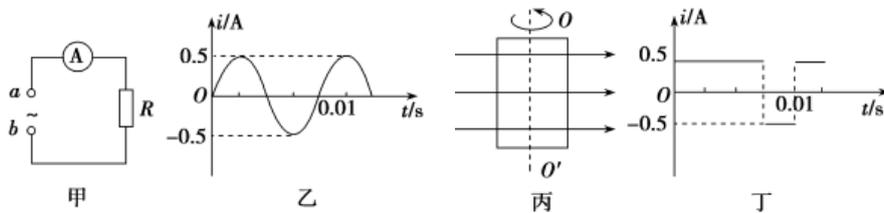
C.  $1:2$

D.  $2:1$

**【答案】D**

**【解析】**根据焦耳定律知热量与方波中的电流方向的变化无关，故  $Q_{\text{方}} = \frac{u_0^2}{R}T$ ；而正弦交流电电压的有效值等于峰值的  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ ，故  $Q_{\text{正}} = \frac{\left(\frac{u_0}{\sqrt{2}}\right)^2}{R}T = \frac{1}{2} \frac{u_0^2}{R}T$ ，所以  $\frac{Q_{\text{方}}}{Q_{\text{正}}} = \frac{2}{1}$ ，D 正确。

**[变式]**如图甲所示，将阻值为  $R=5\ \Omega$  的电阻接到内阻不计的正弦交变电源上，电流随时间变化的规律如图乙所示，电流表串联在电路中测量电流的大小。对此，下列说法正确的是( )



A. 电阻  $R$  两端电压变化规律的函数表达式为  $u=2.5\sin 200\pi t(\text{V})$

B. 电阻  $R$  消耗的电功率为 1.25 W

C. 如图丙所示, 若此交变电流由一矩形线框在匀强磁场中匀速转动产生, 当线圈的转速提升一倍时, 电流表的示数为 1 A

D. 这一交变电流与图丁所示电流比较, 其有效值之比为  $\frac{1}{\sqrt{2}}$

**【答案】AD**

**【解析】**图乙所示电流的最大值为  $I_m=0.5\text{ A}$ , 周期为  $T=0.01\text{ s}$ , 其角速度为  $\omega=\frac{2\pi}{T}=200\pi\text{ rad/s}$ , 由欧姆定律得  $U_m=I_mR=2.5\text{ V}$ , 所以  $R$  两端电压瞬时值的表达式为  $u=2.5\sin 200\pi t(\text{V})$ , 选项 A 正确; 该电流的有效值为  $I=\frac{I_m}{\sqrt{2}}$ , 电阻  $R$  消耗的电功率为  $P=I^2R$ , 解得  $P=0.625\text{ W}$ , 选项 B 错误; 电流表的示数为有效值, 该交变电流由图丙所示矩形线圈在匀强磁场中匀速转动产生, 当转速提升一倍时, 电动势的最大值  $E_m=nBS\omega$  为原来的 2 倍, 电路中电流的有效值也是原来的 2 倍, 为  $2\times\frac{0.5}{\sqrt{2}}\text{ A}\neq 1\text{ A}$ , 选项 C 错误; 图乙中的正弦交变电流的有效值为  $\frac{0.5}{\sqrt{2}}\text{ A}$ , 图丁所示的交变电流虽然方向发生变化, 但大小恒为  $0.5\text{ A}$ , 故有效值之比为  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ , 选项 D 正确.

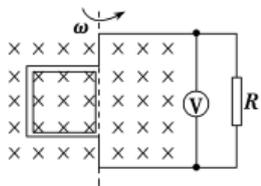
### 考查方式三 平均值

交变电流的图象中, 图线和横轴 ( $t$  轴) 所围面积跟时间的比值, 称为交变电流的平均值。交变电流的平均值与交变电流的方向及所取时间长短均有关, 其数值可根据法拉第电磁感应定律  $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  计算。如正弦式电流, 其正半周期或负半周期的平均电动势大小为  $2NB\omega S/\pi$ , 而一个周期内的平均电动势却为零。

当需要求某段时间内通过某一面积的电荷量时, 只能用

$$q = \bar{I} \cdot \Delta t = \frac{\bar{E}}{R} \cdot \Delta t = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \cdot \Delta t = n \frac{\Delta\Phi}{R} \text{ 求解。}$$

**【例 7】**如图所示, 面积为  $S$ 、匝数为  $N$ 、电阻为  $r$  的正方形导线框与阻值为  $R$  的电阻构成闭合回路, 理想交流电压表并联在电阻  $R$  的两端。线框在磁感应强度为  $B$  的匀强磁场中, 以与电路连接的一边所在直线为轴垂直于磁场以角速度  $\omega$  匀速转动, 不计其他电阻, 则下列说法正确的是( )



A. 若从图示位置开始计时, 线框中感应电动势的瞬时值表达式为  $e=NBS\omega\sin \omega t$

B. 线框通过中性面前后，流过电阻  $R$  的电流方向将发生改变，1 秒钟内流过电阻  $R$  的电流方向改变  $\frac{\omega}{\pi}$  次

C. 线框从图示位置转过  $60^\circ$  的过程中, 通过电阻  $R$  的电荷量为  $\frac{NBS}{2(R+r)}$

D. 电压表的示数跟线框转动的角速度  $\omega$  大小无关

**【答案】** ABC

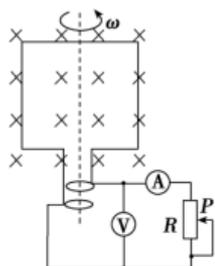
**【解析】** 从图示位置开始计时, 即从线框处于中性面位置开始计时, 感应电动势瞬时值表达式  $e = NBS\omega \sin \omega t$ , 选项 A 正确; 线框通过中性面前后, 流过电阻  $R$  的电流方向发生改变, 每转 1 周电流方向改变 2 次, 1

秒钟内线框转动圈数为  $\frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$ , 故流过电阻  $R$  的电流方向改变  $2 \times \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\omega}{\pi}$  次, 选项 B 正确; 线框从图示位置转

过  $60^\circ$  的过程中, 通过电阻  $R$  的电荷量  $\Delta q = \frac{E}{R+r} \Delta t = N \frac{\Delta \Phi}{R+r}$ , 而  $\Delta \Phi = BS \sin 60^\circ - 0 = \frac{\sqrt{3}}{2} BS$ , 故  $\Delta q = \frac{NBS}{2(R+r)}$ ,

选项 C 正确; 电压表的示数  $U = \frac{RE}{R+r}$ , 而  $E = \frac{NBS\omega}{\sqrt{2}}$ , 故  $U \propto \omega$ , 选项 D 错误.

**【变式】** 如图所示, 电阻为  $r$  的单匝矩形线圈面积为  $S$ , 在匀强磁场中绕垂直于磁场的轴以角速度  $\omega$  匀速转动. 匀强磁场的磁感应强度为  $B$ ,  $t=0$  时刻线圈平面与磁场垂直, 各电表均为理想交流电表, 则 ( )



A. 滑片  $P$  下滑时, 电压表的读数不变

B. 图示位置线圈中的感应电动势最大

C. 线圈从图示位置转过  $180^\circ$  的过程中, 流过电阻  $R$  的电荷量为  $\frac{2BS}{R+r}$

D. 1 s 内流过  $R$  的电流方向改变  $\frac{\omega}{\pi}$  次

**【答案】** CD

**【解析】** 滑片  $P$  下滑时, 外电阻增大, 电压表的读数变大, A 错误; 图示位置穿过线圈的磁通量最大, 感应电动势为零, B 错误; 线圈从图示位置转过  $180^\circ$  的过程中, 流过电阻  $R$  的电荷量  $q = \frac{\Delta \Phi}{R+r} = \frac{2BS}{R+r}$ , C 正确;

一个周期内线圈 2 次通过中性面, 电流方向改变 2 次, 交流电的频率为  $\frac{\omega}{2\pi}$ , 所以 1 s 内流过  $R$  的电流方向改变  $\frac{\omega}{\pi}$  次, D 正确.

#### 考查方式四 “四值”的综合应用

**【例 7】.** (2019·北京海淀质检) 如图甲所示, 长、宽分别为  $L_1$ 、 $L_2$  的矩形金属线框位于竖直平面内, 其匝数为  $n$ , 总电阻为  $r$ , 可绕其竖直中心轴  $O_1O_2$  转动. 线框的两个末端分别与两个彼此绝缘的铜环  $C$ 、 $D$  (集流环) 焊接在一起, 并通过电刷和定值电阻  $R$  相连. 线框所在空间有水平向右均匀分布的磁场, 磁感应强度  $B$  的大小随时间  $t$  的变化关系如图乙所示, 其中  $B_0$ 、 $B_1$  和  $t_1$  均为已知量. 在  $0 \sim t_1$

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/518123110030006127>