第 15 章　电磁场与电磁波

一　求位移电流

1. 位移电流的定义

· 为了使安培环路定理在非稳恒的情况下普遍适用，引入位移电流，将电流的类别扩大

· **位移电流密度** $\boxed{\boldsymbol{j}_{\mathrm{d}}=\dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{D}}{\mathrm{d}t}}$　　· **位移电流** $\boxed{I_{\mathrm{d}}=\dfrac{\mathrm{d}\Phi_{\mathrm{D}}}{\mathrm{d}t}}$　（方向规定为 $\boldsymbol{D}$ 增量的方向）

如何求位移电流

· 通过第 10 章的知识，由 U 、$\boldsymbol{E}$ 等参数求出 D ，再通过定义式求出 $\boldsymbol{j}_{\mathrm{d}}$ ，进而求出 I_{d}

例 1　一平板电容器两极板面积为 S ，极板间距为 d ，两极板与一电压 $V=V_0\sin\omega t$ 的交流电源连接，则穿过电容器的位移电流密度为____________，位移电流的大小为____________.

解　由定义式：$j_{\mathrm{d}}=\dfrac{\mathrm{d}D}{\mathrm{d}t}=\varepsilon_0\dfrac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}t}=\dfrac{\varepsilon_0}{d}\dfrac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}t}=\dfrac{\varepsilon_0\omega V_0}{d}\cos\omega t$　　$I_{\mathrm{d}}=j_{\mathrm{d}}S=\dfrac{\varepsilon_0\omega V_0}{d}S\cos\omega t$

二　麦克斯韦方程组

$$\boxed{\oint_S \boldsymbol{D}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}=\int_V \rho\,\mathrm{d}V=\sum q}\qquad (\qquad\qquad \boxed{\nabla\cdot\boldsymbol{D}=\rho}$$

$$\boxed{\oint_L \boldsymbol{E}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l}=-\frac{\mathrm{d}\Phi_m}{\mathrm{d}t}=-\int\frac{\partial\boldsymbol{B}}{\partial t}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}}\qquad (\qquad\qquad \boxed{\nabla\times\boldsymbol{E}=-\frac{\partial\boldsymbol{B}}{\partial t}}$$

$$\boxed{\oint_S \boldsymbol{B}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}=0}\qquad (1\qquad\qquad \boxed{\nabla\cdot\boldsymbol{B}=0}$$

$$\boxed{\oint_L \boldsymbol{H}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l}=\sum I+\frac{\mathrm{d}\Phi_{\mathrm{D}}}{\mathrm{d}t}=\int_S \boldsymbol{j}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}+\int_S\frac{\partial\boldsymbol{D}}{\partial t}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}}\qquad\qquad \boxed{\nabla\times\boldsymbol{H}=\boldsymbol{j}+\frac{\partial\boldsymbol{D}}{\partial t}}$$

三　电磁波

1. 电磁波的性质

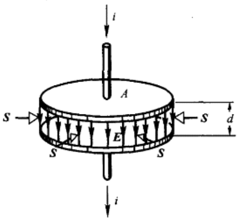
电磁波是横波，传播的是电场 $\boldsymbol{E}$ 和磁场 $\boldsymbol{H}$ ，两者垂直，传播方向恒为 $\boldsymbol{E}\times\boldsymbol{H}$ ，速度为光速 $c=1/\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}$

2. 能流密度与 $\boldsymbol{S}$

· S ：电磁波的**能流密度**（**单位时间**通过**垂直**于传播方向的**单位面积**的能量）

· 矢量形式：$\boxed{\boldsymbol{S}=\boldsymbol{E}\times\boldsymbol{H}}$（坡印亭矢量）

例 2　图中表示一正在充电的平行板电容器。电容器圆形极板的半径为 R ，极板间距离为 d 。试计算电容器界面处的能流密度，并通过能流密度计算单位时间内进入电容器内部的总能量。



解　由全电流的安培环路定理，半径 R 处的磁场强度 $H=\dfrac{\pi R^2 j_{\mathrm{d}}}{2\pi R}=\dfrac{\varepsilon_0 R}{2}\dfrac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}t}$ ，俯视顺时针

则能流密度 $S=EH=\dfrac{\varepsilon_0 RE}{2}\dfrac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}t}$（方向指向轴线），能量 $A=2\pi RdS=\pi R^2 d\varepsilon_0 E\dfrac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}t}$