电磁场与电磁波

姓名： 王旭

学号：2215404064

专业：通信工程

指导老师：郑依琳

苏州大学电子信息学院

2024 年 12 月

思维导图构思：

1. 以静电场和恒定电流的磁场对比展开，寻找每一个相似定义的量，重点突出两者的对应关系，以理解各个量定义的具体过程与实际含义，条理清晰并且方便记忆。
2. 时变电磁场以 Maxwell 方程组展开，并推广到复频域，层层递进。
3. 总结实际问题的解法和常见公式的应用，为解题提供了思路和便利。

	电场	磁场
矢量分析	通量 $\Phi=\oint_S \vec{A}\cdot d\vec{S}$	环量 $\Gamma=\oint_l \vec{A}\cdot d\vec{l}$
	散度 $\nabla\cdot\vec{A}=\frac{\partial A_x}{\partial x}+\frac{\partial A_y}{\partial y}+\frac{\partial A_z}{\partial z}$	旋度 $\nabla\times\vec{A}=\begin{vmatrix}\vec{a}_x & \vec{a}_y & \vec{a}_z\\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z}\\ A_x & A_y & A_z\end{vmatrix}$
	散度定理 $\int_V \nabla\cdot\vec{A}\,dV=\oint_S \vec{A}\,d\vec{S}$	旋度定理 $\int_S \nabla\times\vec{A}\cdot d\vec{S}=\oint_l \vec{A}\cdot d\vec{l}$
静电场 / 恒定磁场	库仑定律 $F_{12}=\frac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_0R^2}\vec{a}_R$	安培力定律 $F_{12}=\frac{\mu_0}{4\pi}\oint_{C_2}\oint_{C_1}\frac{I_2d\vec{l}_2\times(I_1d\vec{l}_1\times a_R)}{R^2}$
	↓ 定义	↓ 定义
	电场强度 $\vec{E}=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0R^2}\vec{a}_R$	磁通密度 $\vec{B}(r)=\frac{\mu_0}{4\pi}\oint_l\frac{I_1d\vec{l}_1\times\vec{a}_R}{R^2}$
	↓	↓
	电通密度 $\vec{D}=\varepsilon_0\vec{E}$	磁场强度 $\vec{H}=\frac{\vec{B}}{\mu_0}$
	高斯定律 $\begin{cases}\oint_S\vec{D}\cdot d\vec{S}=Q\\ \nabla\cdot\vec{D}=\rho_v\end{cases}$	安培环路定律 $\begin{cases}\oint_c\vec{H}\cdot d\vec{l}=I\\ \nabla\times H=J\end{cases}$
	↓	↓
	电位 $\vec{E}=-\nabla\phi$ 有势场	磁矢位 $\vec{B}=\nabla\times\vec{A}$
	⇓	⇓
	$\nabla\times\vec{E}=0$ 无旋场 / 保守场	$\nabla\cdot\vec{B}=0$ 无散场 / 连续场
场方程	$\oint_S\vec{D}\cdot d\vec{S}=Q$ $\oint_c\vec{E}\cdot d\vec{l}=0$ $\nabla\times\vec{E}=0$ $\nabla\cdot\vec{D}=\rho_v$	$\oint_S\vec{B}\cdot d\vec{S}=0$ $\oint_c\vec{H}\cdot d\vec{l}=I$ $\nabla\times\vec{H}=\vec{J}$ $\nabla\cdot\vec{B}=0$
本构关系	$\vec{D}=\varepsilon_0\vec{E}+\vec{P}$ $=\varepsilon\vec{E}$ 极化	$\vec{B}=\mu_0(\vec{H}+\vec{M})$ $=\mu\vec{H}$ 磁化
应用	电耦合 接地	自感/互感 磁耦合

法拉第电磁感应定律 + 位移电流 ⇙

Maxwell方程组

积分	微分	
$\oint_C \vec{H}\cdot d\vec{l} = \int_S (\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S}$	$\nabla\times\vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$	全电流定律
$\oint_C \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}$	$\nabla\times\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	法拉第电磁感应定律
$\oint_S \vec{B}\cdot d\vec{S} = 0$	$\nabla\cdot\vec{B} = 0$	磁通连续性定律
$\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S} = Q$	$\nabla\cdot\vec{D} = \rho_V$	高斯定理

时变电磁场

边界条件

$$\begin{cases} \vec{n}\cdot(\vec{D_2}-\vec{D_1}) = \rho_S \\ \vec{n}\times(\vec{E_2}-\vec{E_1}) = 0 \\ \vec{n}\cdot(\vec{B_2}-\vec{B_1}) = 0 \\ \vec{n}\times(\vec{H_2}-\vec{H_1}) = \vec{J_S} \end{cases}$$

理想介质表面 $\vec{J_S}=0$ $\rho_S=0$

$$\begin{cases} \vec{n}\cdot(\vec{D_2}-\vec{D_1}) = 0 \\ \vec{n}\times(\vec{E_2}-\vec{E_1}) = 0 \\ \vec{n}\cdot(\vec{B_2}-\vec{B_1}) = 0 \\ \vec{n}\times(\vec{H_2}-\vec{H_1}) = 0 \end{cases}$$

理想导体 $\sigma\to\infty$

$$\begin{cases} \vec{n}\cdot\vec{D} = \rho_S \\ \vec{n}\times\vec{E} = 0 \\ \vec{n}\cdot\vec{B} = 0 \\ \vec{n}\times\vec{H} = 0 \end{cases}$$

坡印廷定理和矢量
- 坡印廷定理和矢量
  - 定理
  - 矢量
- 场的能量
- 时变电磁场唯一性定理

时谐电磁场
- 相量法
- Maxwell复数形式
- 复坡印廷矢量和定理

波动方程与电磁波

$$\begin{cases} \nabla^2 E + k^2 E = 0 \\ \nabla^2 H + k^2 H = 0 \\ k = \omega\sqrt{\mu\varepsilon} \end{cases}$$

边值问题的解法
- 定理：唯一性定理
- 方法
  - 镜像法
  - 分离变量法
  - 有限差分法

公式与计算
- 关系
  - ① $\nabla\cdot(\nabla\times A)=0$（旋度无散）
    应用：$\nabla\cdot B=0 \Rightarrow B=\nabla\times A$
  - ② $\nabla\times\nabla u=0$（梯度场无旋）
    应用：$\nabla\times F=0 \Rightarrow F=\nabla u$
- 计算
  - ③ $A\times B=-B\times A$
  - ④ $A\times(B+C)=A\times B+A\times C$
  - ⑤ $\nabla\left(\frac{1}{R}\right)=-a_R\frac{1}{R^2}=-\frac{1}{R^3}\vec{R}$
  - ⑥ $\nabla\times\nabla\times A=\nabla(\nabla\cdot A)-\nabla^2 A$
  - ⑦ $\nabla\cdot u\vec{A}=u\nabla\cdot\vec{A}+\nabla u\cdot\vec{A}$