

# 第12章 电磁场和电磁波



麦克斯韦是19世纪英国伟大的物理学家、数学家。

## 12.1 位移电流 麦克斯韦方程组

### 一、位移电流

1、 恒定电、磁场的性质归纳为四个基本方程。

静电场的性质：

$$\oiint \vec{D} \cdot d\vec{S} = \Sigma q_0 \quad \text{——静电场是有源场}$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} \equiv 0 \quad \text{——静电场是保守力场}$$

恒定磁场的性质：

$$\oiint \vec{B} \cdot d\vec{S} \equiv 0 \quad \text{——恒定磁场是无源场}$$

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \Sigma I_0 \quad \text{——恒定磁场是非保守力场}$$

## 2、变化的电磁场

对于变化的磁场，麦克斯韦提出了“**涡旋电场**”假说

:

$$\oint_L \vec{E}_{\text{涡}} \cdot d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

理论和实验都表明 电场的高斯定理 和 磁场的

高斯定理 在变化的电、磁场中依然成立。

恒定磁场中，安培环路定理可以写成：

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_L I_0$$

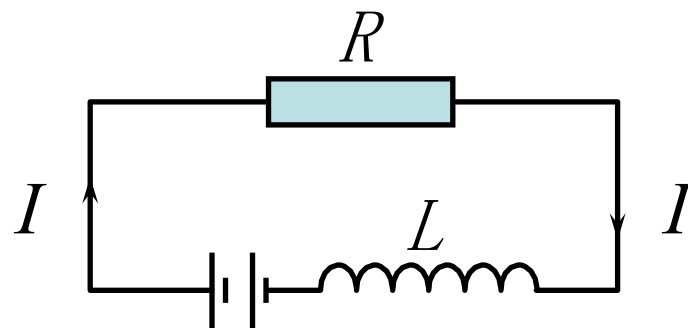
式中  $\sum I_0$  是穿过以  $L$  回路为边界的任意曲面  $S$  的传导电流。

## 问题

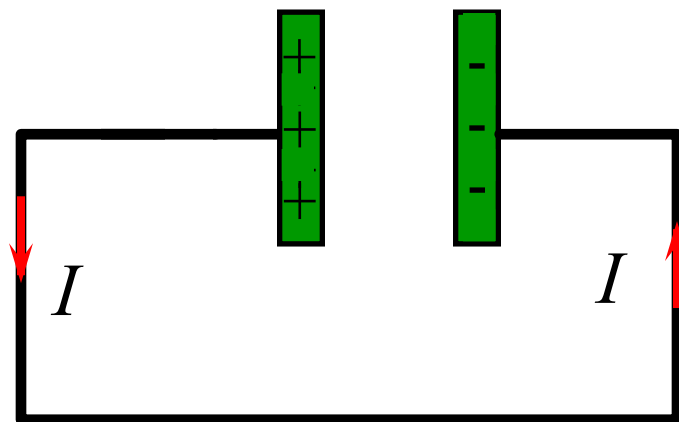
在电流非稳恒状态下（非恒定场的情形时），安培环路定理是否正确？

☀ 电流的连续性问题:

包含电阻、电感线圈的电路, 电流是连续的.



包含有电容的电流是否连续?



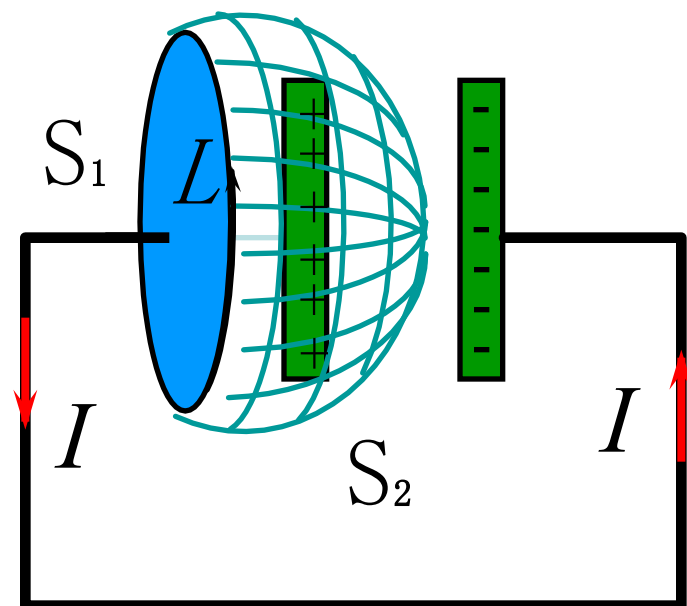
对L所围成的 $S_1$ 面

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \iint_{S_1} \vec{j} \cdot d\vec{S} = I$$

对L所围成的 $S_2$ 面

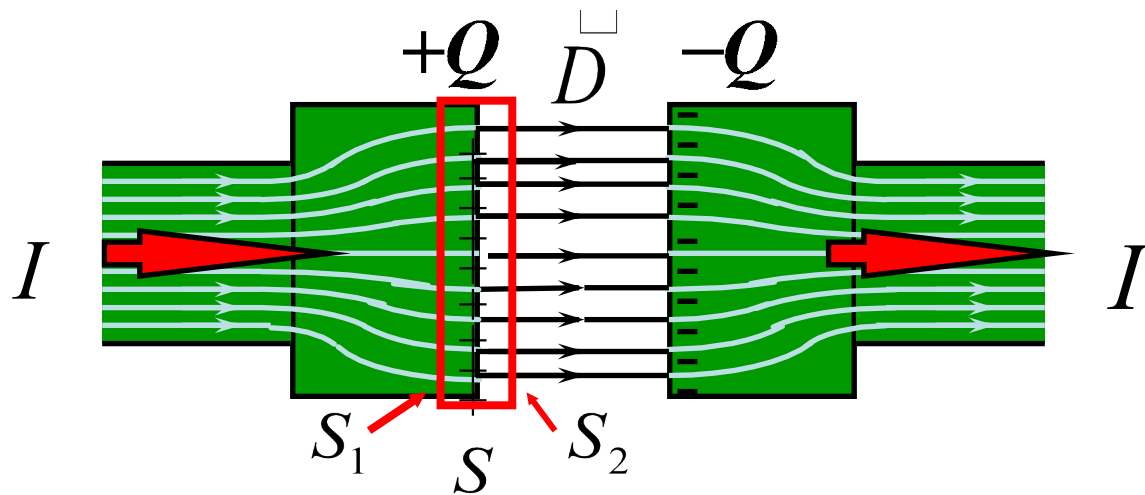
矛盾

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \iint_{S_2} \vec{j} \cdot d\vec{S} = 0$$



显然，H 的环流不再是唯一确定的了。

这说明安培环路定律在非恒定场中须加以修正。

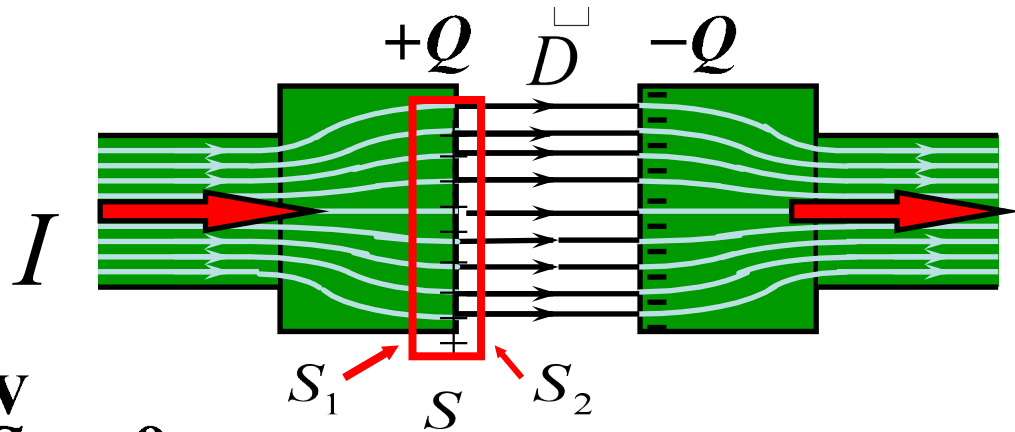


由高斯定理:  $Q = \oint_S \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} = \Phi_D$

由电荷守恒定律:  $I = \frac{dq}{dt} = -\frac{dQ}{dt}$

$$I = \oint_S \mathbf{j}_0 \cdot d\mathbf{S} \quad \frac{dQ}{dt} = \frac{d\Phi_D}{dt} = \oint_S \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \cdot d\mathbf{S}$$

$$\therefore \oint_S \left( \mathbf{j}_0 + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \right) \cdot d\mathbf{S} = 0$$



$$\oint_S (\vec{j}_0 + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) \cdot d\vec{S} = 0$$

$$\text{即} \int_{S_1} (\vec{j}_0 + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) \cdot d\vec{S} = \int_{S_2} (\vec{j}_0 + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) \cdot d\vec{S}$$

可见  $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$  与  $\vec{j}_0$  的地位相当

$$\vec{j}_d = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

位移电流密度矢量



在任意变化的电场中，通过某一曲面 $S$ 的位移电流：

$$I_d = \frac{d\Phi_D}{dt} = \int_S \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \cdot d\mathbf{S} = \int_S \mathbf{j}_d \cdot d\mathbf{S}$$

把  $\mathbf{D} = \varepsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P}$  代入，得

$$I_d = \int_S \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \cdot d\mathbf{S} + \int_S \frac{\partial \mathbf{P}}{\partial t} \cdot d\mathbf{S}$$

$E$ 变化引起      极化电流

麦克斯韦假设：变化的电场能产生磁场，  
因而可以等效为一种电流。



## 二、全电流定律

**全电流：**通过某一截面的传导电流、运流电流和位移电流的代数和。

电路中的全电流总是连续的。

在非稳恒的电路中,安培环路定律仍然成立。

$$\oint_l \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum I + I_d = \int_s \vec{j} \cdot d\vec{S} + \int_s \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

$$\oint_l \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum I + I_d = \int_s \vec{j} \cdot d\vec{S} + \int_s \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

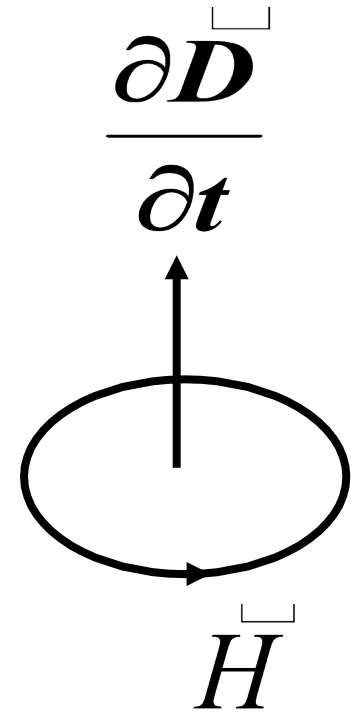
在真空中安培环路定理：

$$\oint_l \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_s \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

位移电流假说的核心：

变化的电场可以激发磁场。

变化的电场和它激发的磁场在方向上的右手螺旋关系。



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/845103114012011132>