

第一章

1、电荷与电荷之间的作用力是通过电场传递的。

2、电场强度 定义：

在电场中某 P 点，置一带正点的实验电荷 q_0 ，电场对他的作用力为 F ，则电场强度（简称场强）

$$E = \lim_{q_0 \rightarrow 0} F/q_0$$

电场密度 电位：在静电场中，沿密闭合路径移动的电荷，电场力所作的功恒为零。

3、均匀球面电荷在球内建立的电场恒为零（判断）

4、功只与两端点有关。电场力所作用的功也是与路径无关的。

5、静电场，电场强度的环路积分恒等于零（判断）

（非保守场不等于 0，保守场（静电场）恒为零，静电场是保守场）

6、等位面 and E 线是到处正交的。在场图中，相邻两等位面之间的电位差相等，这样才能表示出电场的强弱。等位面越密，外场强越大。

7、静电平衡状态：

第一，导体内的电场为零， $E=0$ 。

第二，静电场中导体必为一等位体，导体表面必为等位面。——

第三，导体表面上的 E 必定垂直于表面。

第四，导体如带电，则电荷只能分布于其表面（不是分布在内部）

8、静电场中的电介质不是导体也不是完全绝缘介质。

9、电介质对电场的影响可归结为极化后极化电荷或电偶极子在真空中产生的作用。

10、任意闭合曲面 S 上，电场强度 E 的面积分等于曲面内的总电荷 $q = \int_V \rho dv$ 的

$1/\epsilon_0$ (希腊字母) 倍 (V 是 S 限定的体积)

11、静电场 积分方程： $\oint_S D \cdot ds = \int_V \rho dv$ 微分方程： $\nabla \cdot D = \rho$

$$\oint_V E \cdot dv = 0 \quad \nabla \times E = 0$$

12、 $D_{2n} - D_{1n} = 0$

$$E_{1t} = E_{2t} \quad \text{称为静电场中分界上的衔接条件。}$$

n 垂直， t 水平

13、电位——的泊松方程：——

在自由电荷密度——的区域内，——（电位——的拉普拉斯方程）（看空间中是否有自由电荷）

14、在场域的边界面 S 上给定边界条件的方式有以下类型：

已知场域边界面 S 上各点的电位值，即给定——，称为第一类边界条件

已知场域边界面 S 上各点的电位法向导数值，即给定——，称为第二类边界条件。

已知场域边界面 S 上各点电位和电位法向导数的线性组合的值，即给定——，称为第三类边界条件。

15、静电场的唯一性定理表明，凡满足下述条件的电位函数——，是给定静电场的唯一解。

在场域 U 中满足微分方程——（或——）。对于分区的均匀的场域 V，应满足每个分场域中的方程。



在不同介质的分界面上，符合分界面上的衔接条件。

在场域边界面 S 上，满足给定的边界条件。

表征静电场的一个基本性质等于面内所包围的总自由电荷。

$$\oint_S \mathbf{D} \cdot d\mathbf{s} = \int_V \rho dv \quad \text{高斯定律的微分形式，电通量密度 } \mathbf{D} \text{ 的闭合面积。}$$

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = 0 \quad \text{环路特征性表明静电场是一个守恒场（保守场）}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho \quad \text{高斯的微分表示静电场是有散场}$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = 0 \quad \text{环路的微分，表明静电场是无旋场}$$

第二章

1、在静电场中，导体内电场强度为零。导体内部也没有电荷的运动。

2、在导电媒质（如导体，电解液等）中，电荷的运动形成的电流为传导电流。在自由空间如真空等）中，电荷的运动形成的电流为运流电流，没有位移电流。

3、单位时间内通过某一横截面的电荷量，称为电流强度（简称电流）

$$4、\text{电流面密度：} \mathbf{J} = \rho \mathbf{v} \quad (\text{A/m}^2) \quad \rho \text{ 是希腊字母}$$

$$\text{电荷面密度：} \sigma = \int_V (\mathbf{K} \cdot \mathbf{e}_n) dV$$

5 欧姆定律的微分形式（重点）

要在导电媒质中维持恒定电流，必须存在一个恒定电场。不是时变的。

电流密度矢量与电场强度矢量一定存在某种函数关系。

$$\text{欧姆定律的微分形式：} \mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} \quad (\mathbf{J}, \mathbf{E} \text{ 矢量，} \sigma \text{ 常数})$$

$$6、\text{焦耳定律的微分形式：} P = dp/dv = (dA/dt)/Dv = \mathbf{J} \cdot \mathbf{E}$$

（ W （瓦）是功率的单位）

表示导体内任一点单位体积的功率损耗与该点的电荷密度和电场强度的关系。

$$7、\text{通过含源导电媒质的电流为：} \mathbf{J} = \sigma(\mathbf{E} + \mathbf{E}_e) \quad \mathbf{E} \text{（+ -）、} \mathbf{E}_e \text{（- +）方向相反}$$

8、根据电荷守恒定律，由任一闭合面流出的传导电流，应等于流面内自由电荷的减少率。

$$9、\text{电流联系性方程（积分形式）的一般形式：} \oint_S \mathbf{J} \cdot d\mathbf{s} = -\frac{dQ}{dt} = I$$

10、要确保导电媒质中的电场恒定，任意闭合面内不能有电荷的增减（即———），否则就会导致电场的变化。

11、要在导电媒质中维持一恒定电场，由任一闭合面（净）流出的传导电流应为零。

$$\text{恒定电场中的传导电流连续性方程：} \oint_S \mathbf{J} \cdot d\mathbf{s} = 0$$

12、恒定电场的基本方程（重中之重）

$$\text{导电媒质（电源外）中积分形式的恒定电场基本方程：} \oint_S \mathbf{J} \cdot d\mathbf{s} = 0 \quad (\text{曲面})$$



$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = 0 \quad (\text{曲线})$$

微分形式： $\nabla \cdot \mathbf{J} = 0$

$$\nabla \times \mathbf{E} = 0$$

他说明电场强度 \mathbf{E} 的旋度等于零，恒定电场仍为一个保守场。

\mathbf{J} 线是无头无尾的闭合曲线，因此恒定电流只能在闭合电路

电流密度 \mathbf{J} 与电场强度 \mathbf{E} 间的关系为： $\mathbf{J} = \mathbf{rE}$ (\mathbf{r} 介质的电阻)

13、分界面上的衔接条件

电场强度 \mathbf{E} 在分界面上的切线分量是连续的 $E_{1t} = E_{2t}$

电流密度 \mathbf{J} 在分界面上的法线分量是连续的 $J_{1n} = J_{2n}$

14、——永远满足——（牢记）

在两种不同电媒质界面上，由电位函数——表示的衔接条件（边界条件）

$$\epsilon_1 \mathbf{e}_{1n} = \epsilon_2 \mathbf{e}_{2n}$$

上述衔接条件与边域边界上所给定的边界条件一起构成了恒定电场的边值条件。很多恒定电场问题的解决，都可归为在一定条件不求拉普拉斯方程的解答，称为恒定电场的边值问题。

第三章

1、1820 年丹麦科学家奥斯特发现了通过电力的导线能是附件的磁针发生偏转，即电流的磁效应。

说明当导体通有恒定电流时，在其内外还存在着一一种称为磁场的物质，这个不随时间变化的磁场即为恒定磁场。

磁场是统一的电磁场的有一个方面，他的表现是对于引入其中的运动电荷有力相作用。

2、安培定律： $\mathbf{F} = \int \mathbf{dl} \times (\mu_0 / 4\pi) \int (\mathbf{I}' \cdot d\mathbf{l}' \times \mathbf{e}_r) / R^2$

若在磁场中有电流强度为 \mathbf{I} 的线电流回路，则磁场对该电流回路的作用力。

写为： $\mathbf{F} = \int \mathbf{Idl} \times \mathbf{B}$ 一般形式的安培力定律

洛伦兹力： $\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ 静止的电荷在磁场中不会受到磁场的作用力

运动的电荷所搜到的里总与运动的速度相垂直，他只能改变速度的方向，不改变速度的量值。

3、安培环路定律（重点）

在真空的磁场中，沿任意回路取 \mathbf{B} 的线积分，其值等于真空的磁导率穿过该回路所限定面

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \sum_{K=1}^N \mathbf{I}_K$$

4、 $\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = \mathbf{I}$ 应注意到右边的 \mathbf{I} 是穿过回路 \mathbf{l} 所包围的面积的自由电流，而不包括磁化电流。



如果穿过回路 Γ 所限定面积的自由电流不止一个，则 $\oint_{\Gamma} \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = \sum I_k$

上述两式就是一般形式的安培环路定律的表达式。

(存在磁化电流容易被磁化)

$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H}$ (μ 是媒质的磁导率)

如果产生磁场的电流周围无限的充满均匀各向同性的导磁媒质，则磁场中各点的磁感应强度

\mathbf{B} 方向，将与同一电流之于无限大真空中同一位置所产生的一致，而各点 \mathbf{B} 的量值，则增

大同一倍数，即增大 μ / μ_0 倍，因此对于这种特殊情况下磁感应强度的计算，用该导磁媒质

的磁导率 μ 去代替 μ_0 即可。

5、——— 磁感应线是闭合的，即无始端又无终端。这说明在自然界中不存在像电荷那样供 \mathbf{E} 线发出或终止的磁荷，因此也没有供 \mathbf{B} 线发出或终止的源或够

6、高斯散度定理得 $\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \int_V \nabla \cdot \mathbf{B} dv = 0$

有 $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$ 磁通连续性原理的微分形式，他表明恒定磁场是一个无散场，如果这是一个场的散度恒等于零，则他可能是恒定磁场。

7、恒定磁场的基本方程(重点)

积分形式 $\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = 0$

$\oint_{\Gamma} \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = I$

安培环路定律的微分形式： $\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J}$ 可见磁场是有旋场

微分形式： $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$ 无散场

$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J}$ 有旋场

恒定磁场是无源有旋场

8、分界面上的衔接条件。

磁场强度的切线分量是连续的，但磁感应强度的切线分量是不连续的磁感应强度的法线方向

分量是连续的 $H_{1t} = H_{2t}$ ，而磁场强度的法线方向分量则连续 $B_{1n} = B_{2n}$

9、 $\tan \alpha_1 / \tan \alpha_2 = \mu_1 / \mu_2$ 磁场从第一种媒质进入到第二种媒质时，他的方向要发生折射。

10、矢量函数 \mathbf{A} 称为恒定磁场的磁矢位，亦称矢量磁位。

11、拉普拉斯算值。 $\nabla^2 \mathbf{A} = -\mu \mathbf{J}$ 以及场域边界上给定的边界条件一起构成 \mathbf{J} ，描述恒定磁场的边值问题。

第四章

1、当穿过一闭合导体回路的磁通量发生变化时，在导体回路中就会出现电流，这种现象称为电磁感应现象，出现的电流称为感应电流。

2、导体回路中出现感应电流是导体回路中必然存在着某种电动势的反映。这种由电磁感应引起的电动势叫做感应电动势。

3、闭合回路磁通量变化的原因有三个：



B 随时间变化而闭合回路的任一部分对媒质没有相对运动，这样产生的感应电动势叫感生电动势。——

B 不随时间变化（恒定磁场）而闭合回路整体或局部相对于媒质在运动。这样产

生的感应电动势叫做动生电动势。
$$\mathcal{E}_{(\text{希腊})} = \oint_l (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot d\mathbf{l}$$

B 随时间变化且闭合回路也有运动。这时的感应电动势是感生电动势和动生电动势的叠加。

- 4、感应电动势的大小只与穿过回路的磁通随时间的变化率有关，而与构成回路的材料的特性无关。
- 5、感应电场是非保守场。
- 6、感应电场的环量不等于零，感应电场是非保守场，它的力线是一些无头无尾的闭合曲线，所以感应电场又称为涡旋电场。
- 7、——，它揭示了变化磁场产生电场。
- 8、——，即位移电流密度等于电位移（电密度）的变化率。
- 9、——，不但传导电流 \mathbf{J} 能够激发磁场，而且位移电流——也已相同方式激发磁场，位移电流不产生焦耳热。

10、电磁场基本方程组

积分形式：——
——

$$\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = 0 \quad 1-3$$

$$\oint_S \mathbf{D} \cdot d\mathbf{s} = q \quad 1-4$$

1-1 是全电流定律（麦克斯韦第一方程），传导电流能产生磁场，变化的电场能产生磁场。

1-2 表明变化的磁场也会产生电场，推广电磁感应定律（麦克斯韦第二方程）

1-3 是磁通连续性原理，说明磁力线是无头无尾的闭合曲线

1-4 高斯定律，电荷以发散的方式产生电场

微分形式：——
——

· $\mathbf{B} = 0$ 这组方程表明变化的电场和变化的磁场

· $\mathbf{D} = \rho$ 相互激发相互联系形成统一的电磁场。

分界面上的衔接条件 $B_{1n} = B_{2n}$ ， $D_{2n} - D_{1n} = \sigma$ ， $H_{1t} - H_{2t} = K$ ，

$$E_{1t} = E_{2t}$$

E 的场向分量和 B 的法向分量总是联系的，在自由电荷和分界面上，D 的法向分量和 H 的切向分量都是不连续的。

由于理想导体的电导率 $\sigma \rightarrow \infty$ ，所以他内部的电场强度为 0，理想导体内部的时变磁场也为 0。

在理想导体表面外侧的附件介质中，磁力线平行于其表面，电力线则与其表面垂直。

S 为坡印亭矢量 $\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$



S 单位为 W/m^2 ，表示单位时间内通过垂直于能量传播方向的单位面积的电磁能量，其方向就是电磁能量传播或流动方向。所以 S 也称为电磁能流密度。

15、导电媒质中的焦耳损耗能量是通过其表面有外部输入的电磁能流供给的。

第六章

1、平面电磁波三个定义

等相位面或波阵面：在电磁波的传播过程中，对应于每一时电场 E 或磁场 H 具有相同相位的点构成。

平面电磁波：等相位面为平面的电磁波。

均匀平面电磁波：如果在平面电磁波的等相位面的每一点上，电场 E 的相同，磁场 H 也均相同。

2、均匀平面电磁波是一横电磁波。当取 X 轴为传播方向时，均匀平面电磁波中的电场 E 和磁场 H 都没有和波传播方向 X 相平行的分量，他们都和波传播方向相垂直，即对传播方向来说他们是横向的，这样的电磁波称为横电磁波，或 TEM 波。

电磁波的电场 E 的方向，磁场 H 的方向和波传播方向二者相互垂直， B 满足右手螺旋关系。

分量 E_y 和 H_z 构成一组平面波；分量 E_z 和 H_y 构成另一平面波。

3、电磁波在理想介质中的传播速度小于在自由空间中的传播速度。

4、对于入射波来说，空间任意点在每一瞬时的电场能量密度和磁场能量密度相等。

5、在理想介质中电磁波能量流动的方向与波传播的方向一致（牢记）

6、入射波中电磁能量以与波传播速度 v 相同的速度沿波前进方向流动。

7、在无限大理想介质中，相速和波速相等，且与频率无关。

8、在导电媒质中波的相速度小于在理想介质中波的相速。

相速不仅与媒质的参数 u 、 e 和 r (希腊字母) 有关，而且还与频率有关，即在同一媒质中，不同频率的波的传播速度以及波长是不同，他们是频率的函数。

这种现象称为色散，相应的媒质称为色散质。

因此，导电媒质是色散媒质，理想介质是非色散媒质。色散会引起信号传递的失真。

9、良导体中的波。

高频电磁波在良导体中的衰减常数 α 变得非常大，以致电磁波无法进入良导体深处，仅存在于其表面附件，集肤效应都非常显著。

电场与磁场不同相。波阻抗的幅度角为 45° ，说明磁场的相位滞后于电场 45° 。

由于 α 很大，波阻抗的值很小，故电场能密度远小于磁场密度（ $\frac{1}{2}\epsilon E^2 \ll \frac{1}{2}\mu H^2$ ），说明良导体中的电磁波以及磁场为主，传导电流是电流的主要成分。

良导体中电磁波的相速 v 和波长 λ 都较小。

