

## 静电场

### 1. 电介质有何特性？电介质极化的物理意义与定量描述方法？

电介质即绝缘体，其内部没有可以自由移动的电荷，所有电子均被原子核束缚。放置在外电场中会发生极化。

极化是指原子或分子的正负电荷的作用点被分离，形成电偶极子。其作用效果是作为源产生电场。

用单位体积内的电偶极矩数（称为极化强度 $\vec{P}$ ）来表示电介质被极化的程度，

表示为 $\mathbf{P} = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\sum \mathbf{p}}{\Delta V}$ 。

### 2. 若在无限大非均匀介质空间，当高斯面内有多种介质时，高斯通量定理还成立吗？下式用哪个常数？

$$\iint \mathbf{E} d\mathbf{S} = \sum \frac{q}{\epsilon}$$

高斯通量定理仍然成立，常数用电荷分布处的 $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$

### 3. 为何要引入电位移矢量？

为了方便描述电介质极化和其对场的影响，引入了 $\mathbf{D}$ 。 $\mathbf{D}$ 同时包含了电场强度与极化强度的内涵，其源只是自由电荷，这给我们描述问题和求解带来了方便。

### 4. 在介质交界面处微分形式的电场方程 $\nabla \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon}$ 和 $\nabla \times \mathbf{E} = \mathbf{0}$ 还成立吗？

不成立了，因为求矢量的旋度、散度的本质是进行求导、微分，但是介质交界面场分布**不连续**，不能进行求导，微分形式的场方程不再适用。

### 5. 不同介质交界面上场量所满足的约束条件为何？

电场强度 $\mathbf{E}$ 的切向分量连续，电位移 $\mathbf{D}$ 的法向分量连续（前提是交界面没有自由电荷积累）。

### 6. 电位的边值问题包含几个要素？

三个。①泊松方程（即散度源的分布，描述了散度源和电位之间的关系）；  
②边界条件；③交界面条件。

### 7. 请阐述唯一性定理？

对于一个静电场边值问题，只要电位满足①基本方程②边界条件③界面条件，那么解就唯一确定。

### 8. 设置镜像能否置于求解场域内？为什么？

不能，否则求解区域的方程会发生改变（泊松方程所描述的场源分布发生改变），不再满足唯一性定理。

### 9. 请说明和解释利用导体壳屏蔽静电场的原理，包括屏蔽外部场使导体壳内部物电场，和屏蔽内部电荷产生的场使得外部无电场两种情况？

① 用导体壳可以完全屏蔽外部静电场，因为导体壳在外部静电场下达到静电平衡后，整个都是一个等势体，而只要任意形状的等位面内区域没有电荷，则区域内场强一定为0（试想若域内存在一点电位高于边界值，则根据 $\mathbf{E} = -\nabla \phi$ 可知，该点必有指向边界的电场，此点必有散度源）。

② 用接地导体壳可以完全屏蔽导体壳内部电荷产生的静电场。接地后导体壳与大地等电势，都为0，则导体壳外区域可看作**边界上电位相等**的场域模型，而且场与内部无电荷，因此整个场域内电场强度为0。也可以理解为接地后大低与导体壳一同分担了由壳内电荷感应出的电荷，使得导体

壳外表面的电荷为 0，故静电场强为 0。

**10. 导体可以屏蔽交变场吗？为何？**

不能。壳内有电流、压降，壳内外不是等位面，内面有电位差故有场强。导体的电导率越大内部场强越小，但一般比无导体时的场小很多。带电作业工作人员穿屏蔽服的原因在此。减小感应电流、防止放电对人皮肤的灼伤。

**11. 为什么不能用两个点电荷模拟两个导体球的问题？**

- ① 两个量值不同的异号电荷只能形成一个球形等位面。
- ② 两个等量异号电荷只能形成一个无限大等位面。
- ③ 两个点电荷不能形成两个球形等位面

**12. 电容的大小与哪些因素有关？**

电极形状、间距、介质特性

**13. 电容值的三种计算方法？**

- ① 加电压求电荷；
- ② 加电荷求电压；
- ③ 电场能量法。

**14. 电感的计算方法？（对比）**

- ① 加电流求磁链法；
- ② 加电流求磁场能量法。 $(W_m = \frac{1}{2}LI^2 \text{ 或 } W_m = \frac{1}{2} \int_V \mathbf{H} \cdot \mathbf{B} dV)$

**15. 部分电容的含义？部分电容的用途为何？**

形成或构成多端子电容网络，描述**多端子间的电压与电荷**关系。

**16. 在什么情况下需要计算部分电容？换言之，计算部分电容的意义是什么？**

是为了描述**多端子电容网络结构**。对于多个导体构成的电容网络，我们若求解，就必须且只需已知各部分电容值。这样的实际问题在工程中常常出现，比如远距离输电线之间的部分电容影响到电路的分布参数模型，测定和计算输电线之间的部分电容可以帮助我们求解输电线路的相关问题。

**17. 部分电容的定义式是如何定义的？**

对于一个静电独立系统来说，其中各导体上的总电荷等于与之相连的各个部分电容与其电压乘积之和。

**18. 何为静电独立系统条件？**

即系统内全部导体上的电荷之和为 0。

**19. 部分电容的计算方法？**

- ① 设电荷求电压法：由已知电荷计算各导体之间的电压。只适用于小规则形状的导体，认为电荷在导体上均匀分布；
- ② 设电压求电荷法：设 0 号导体电位为 0，然后设其他导体的电位，形成以导体表面为一类边界条件的边值问题，解此边界条件得到电位与场强的分布，进而对导体表面的电位移积分得到导体上的总电荷。

**20. 有限元等数值计算软件常用来计算部分电容的方法原理是什么？**

数值计算软件计算部分电容的方法本质上是**设电压求电荷法**。将 0 号导体设为参考导体，然后给定其余导体的电位（即与 0 号导体之间的电压），这样便形成了以所有导体表面为一类边界条件的电位边值问题（且为拉普拉斯边值问题  $\nabla^2 \phi = 0$ ），然后解此边值问题可以得到电位与场强的分布，进而通过对导体表面的电位移矢量积分得到导体上的总电荷。

## 恒定电场

### 21. 恒定电流场的场源为何？

电极或导体表面的静电荷

### 22. 非完纯导体的交界面条件为何？

电位连续 $\varphi_1 = \varphi_2$

电流密度法向连续 $J_1 = J_2$

电场强度切向分量连续 $E_{1t} = E_{2t}$

但电位移矢量法向不连续（因为分界面有自由电荷积累） $D_1 - D_2 = \rho_s$

### 23. 静电比拟的含义为何？

恒定电场与静电场在场量、方程、界面条件上有对应的类似之处。如果满足以下条件，电流场和静电场的分布相同，可相互比拟：

- ① 两种场的电极形状、尺寸与相对位置相同；
- ② 相应电极的电压相同（或成比例）；
- ③ 若场中含有多个特性（ $\sigma$ 、 $\varepsilon$ ）不同的子区域，则这些子区域应满足形状相同且各区域的材料参数满足比例关系，即： $\sigma_1:\sigma_2:\dots = \varepsilon_1:\varepsilon_2:\dots$

### 24. 接地电阻的含义和目的？

接地电阻是接地点与大地构成的电阻。目的是在有电流流入地时，将接地点的电位限制在一定范围内，不至于由于高电位或高电压破坏设备或造成人员伤害。

### 25. 如何减小接地电阻？

增加接地体表面积可增加电极与大地的交界面，接地电阻将减小。减小土壤电阻率可降低接地电阻，在电极附近使用降阻剂。

### 26. 对于高压输电线路，导体表面的电场强度与地表面的电场强度（环境电场）各与导线半径成正相关还是负相关？为什么？

- ① 导体表面的电场强度与导线半径成负相关，半径越大，场强越弱；
- ② 地表面的电场强度与导线半径成正相关，因为高压线和地面的电势差不变的情况下，两电位之间的直线距离变短，则场强相应增大

### 27. 高压输电线为何采用分裂导线？

- ① 因为采用分裂导线可以增加相线半径从而减小输电线电感、增大电容，从而降低了对交流电的阻抗，提高了输电能力，提高了线路传输的自然功率；
- ② 分裂导线的等效导线表面积更大，等效半径更大，可以降低导线表面电场强度，限制电晕的产生及其带来的危害；
- ③ 多根导线在同一位置，同时出现故障的概率较小，所以应用分裂导线可以提高输电的稳定性。
- ④ 分裂导线可以减小输电线重量，减少材料，极大地减少成本

### 28. 对于高压输电电路，在下雨天导线的电晕程度会增大还是减小？

若理想状况下，降水使得导线半径均匀增大，则电晕程度会减小，原理和增大导线半径使得导线表面电场强度减弱，电晕减弱一样。但在实际中，降水会使得导线等效表面凹凸不平，局部曲率增大，会使得电晕程度增大。

### 29. 人站在高压输电线下，为何头发会竖起来？

- ① 将头发看作电介质，在高压线周围的电场中，电介质被极化，（假设高压线处积累正电荷）头发上端带负的极化电荷，下端带正的极化电荷，根据

受力分析可知头发整体受到向上的吸力；

- ② 也可以从电容的角度来看，高压线与大地之间构成一个电容，头发的介电常数是大于空气的，越靠近高压线处的电场场强越强，增加其介电常数对于电容增大的贡献也越大。因电介质在电场中受力方向是使电容增大的方向，所以头发受到指向高压线的吸力，使头发上竖。

### 恒定磁场

#### 30. 磁化现象的微观本质？

其微观本质是使得杂乱无章的分子等效磁偶极子进行顺序排列，对外呈现等效磁化电流的特性。

#### 31. 什么叫完全磁化？他的微观本质和外在表现是什么？

当所有磁偶极子都排列成与磁场方向平行时，再增加外磁场磁介质的磁化强度不再变化，称为完全磁化。

#### 32. 磁媒质磁化的微观本质是什么？

磁场使得杂乱无章的分子等效磁偶极子进行顺序排列，对外呈现等效磁化电流的特性。

#### 33. 简述铁磁物质磁屏蔽的原理？

根据磁场折射定律有

$$\frac{\tan \alpha_1}{\tan \alpha_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$$

假设铁磁物质的磁导率为 $\mu_1$ ，空气磁导率为 $\mu_2 \approx \mu_0$ ，且有 $\mu_1 \gg \mu_0$ ，故从空气中入射的磁场，进入铁磁物质后折射的磁场线几乎与折射面相平行。即大部分磁场通过铁磁物质构成的磁导率很大的磁通路，从而将磁场约束在铁磁物质内，从而达到磁屏蔽的效果。

但是要注意，不是所有的铁磁物质构成的物体都可以屏蔽所有磁场，圆柱对其轴线上电流产生的磁场无屏蔽作用，平板对垂直场无屏蔽作用。

#### 34. 磁矢量位 $\mathbf{A}$ 的引入方法与引入意义？

引入方法：引入矢量磁位 $\mathbf{A}$ ，令 $\mathbf{B} = \nabla \times \mathbf{A}$ ，可以使 $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$ 得到满足，同时为了使 $\mathbf{A}$ 唯一，规定 $\nabla \cdot \mathbf{A} = 0$ ，对应积分形式为 $\oint \mathbf{A} \cdot d\mathbf{S} = 0$ ，这样 $\mathbf{A}$ 就被引入了，对 $\mathbf{A}$ 要注意选取参考零点。

引入意义：引入 $\mathbf{A}$ 可以通过 $\mathbf{A}$ 满足的泊松方程、 $\mathbf{A}$ 的边界条件、分界面条件找到 $\mathbf{A}$ 的边值问题，对其求解得到 $\mathbf{A}$ ，从而再利用 $\mathbf{B} = \nabla \times \mathbf{A}$ 求得磁场的分布。给我们求解空间中磁场分布提供了新的途径和思路。

同时另一方面，由于感应电动势有旋无散，此时只用标量电位 $\varphi$ 来描述是不明确、不够的，这时就需要用矢量磁位 $\mathbf{A}$ 的时间变化率来描述感应电动势 $\mathbf{E}_i$ 。

#### 35. 磁矢量位 $\mathbf{A}$ 的两种计算方法？

① 直接利用积分求 $\mathbf{A}$

② 利用边值问题求解 $\mathbf{A}$ ，通过泊松方程，边界条件和交界面条件可求得

#### 36. 矢量磁位 $\mathbf{A}$ 的泊松方程？

$$\nabla^2 \mathbf{A} = -\mu \mathbf{J}$$

#### 37. 磁矢量位 $\mathbf{A}$ 满足的两个微分方程？

① 库仑规范

$$\nabla \cdot \mathbf{A} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{A} = \mathbf{B}$$

② 洛伦兹规范



$$\nabla \cdot \mathbf{A} = -\mu\epsilon \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{A} = \mathbf{B}$$

38. 矢量磁位 $\mathbf{A}$ 的媒质交界面条件?

① 交界面连续

$$A_1 = A_2$$

② 由磁场强度 $\mathbf{H}$ 的交界面条件 $H_1 - H_2 = J_{su}$ 得

$$\frac{1}{\mu_1} (\nabla \times \mathbf{A}_1)_t - \frac{1}{\mu_2} (\nabla \times \mathbf{A}_2)_t = J_{su}$$

39. 磁通的磁矢量位表示法?

$$\Phi = \iint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = \iint (\nabla \times \mathbf{A}) d\mathbf{S} = \oint \mathbf{A} \cdot d\mathbf{l}$$

40. 磁力线的定义?  $\mathbf{B}$  线与  $\mathbf{A}$  线的关系?

磁力线又叫做磁感线,是用以形象地描绘磁场分布的一些曲线。

在二维平行平面场中,  $\mathbf{B}$  线就是等  $\mathbf{A}$  线。  $B_n = \partial A_z / \partial t = 0$

在轴对称场中,  $\mathbf{B}$  线是等  $rA$  线。  $B_n = \frac{1}{r} \frac{\partial(rA_\alpha)}{\partial r} = 0$

与磁力线垂直的面(铁磁材料边界的空气侧)为 $A_z$ 的齐次第二类边界,因其上 $B_t = \partial A_z / \partial n = 0$

41.  $\nabla \times \mathbf{A} = \mathbf{B}$ 请分条简述磁力线的特点(由主到次)?

- ① 闭合、有向
- ② 必交链电流(对无永久磁铁的情况)
- ③ 在空气侧基本上与铁磁材料表面垂直
- ④ 电流区域内必有闭合的磁力线(其磁链对应内电感)
- ⑤ 在电流外有围绕电流的闭合磁力线(对应外电感)

42. 磁场中镜像法的理论基础? 可做镜像的场模型?

镜像法的理论基础: 磁场的唯一性定理, 磁场的矢量磁位满足泊松方程或拉普拉斯方程。可做镜像的场模型:

1. 两种半无限大磁媒质中长直线电流的镜像
2. 半无限大理想磁媒质上方长直线电流的镜像
3. 长直线电流位于半无限大铁磁材料中

43. 电感的定义? 含自感与互感

自感定义: 回路电流产生的磁链与该电流的比值称为自感。 ( $L = \frac{\psi}{I}$ )

互感定义: 回路 1 的电流  $I$  产生的与回路 2 交链的磁链 $\psi_{21}$ 除以  $I$  称为回路 1 对回路 2 的互感。

44. 总磁链可以分为哪两类? 他们分别对应的电感是什么?

可以分为: 与导线中部分电路交链的磁链, 和与全部电流交链的磁链。分别对应的电感是内自感与外自感。

45. 导线的半径变大, 电感值如何变化?

内电感基本不变, 而外电感减小。分裂型输电线是为了增加相线半径, 从而减小电感。

46. 时变电感为什么一般要略小于直流电感?

时变电感所减小的部分主要是内电感，而外电感随频率变化很小。原因是不同频率下导线内电流的趋肤效应程度不同，频率增高，集肤效应显著，内部磁通密度减小，但外部磁通密度基本不变，故内电感有所减小。这就是为什么时变电感一般略小于直流电感。

#### 47. 电流互感器的用途、结构、原理、特性？

用途：是电磁感应法测量交流电流

原理：电磁感应定律（把互感的表达式写出来即可，可用安培环路定律然后再积分，很容易求解）

特性：测量交流电流时不需要将电流放在交流互感器的中心位置

#### 48. 电流互感器的电流钳测电流的原理是什么？

导线在电流互感器铁心中产生的磁通与其内导线的相对位置无关，因为无论导线在内部什么位置，二者之间的互感都相等。铁心内有一根根闭合的磁力线，或者说磁场方向基本上都是圆周方向，沿一磁力线对磁场 $H$ 的环路积分等于其内的电流，无论该电流在环路内的什么位置。

#### 49. 在一个螺线管线圈通有电流，问电磁力会使线圈在长度方向上伸长还是缩短？

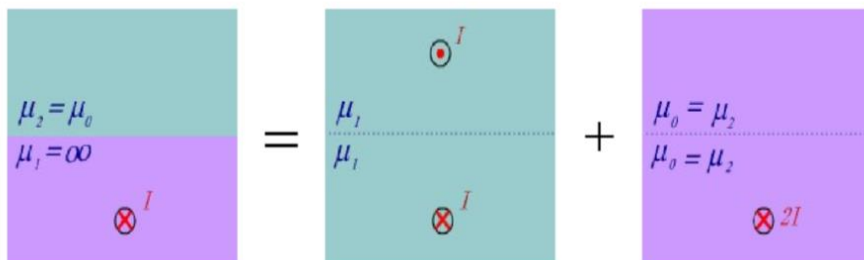
在半径方向上欲使半径增大还是减小？为什么？或者问如何可简单地得到结论。

电磁力会使线圈在长度方向上伸长，半径方向上增大，因为电磁力的方向是使电感增大的方向，也就是电磁力作用的趋势是使电感增大，而一个螺线管线圈的自感与**螺线管的长度、半径大小成正比相关**（因为所交链的磁链 $\psi$ 更大，由自感定义可知其自感越大），所以电磁力作用会使螺线管线圈在长度上变长，半径变大。

#### 50. 有什么办法可以提高电流产生磁场的效果？

可以将长直线电流放置于（半无限大）**铁磁材料**中，这样空气中的 $B$ 是结近于无铁磁物质时的两倍。

$$\text{镜像电流 } I' = \frac{\mu_2 - \mu_1}{\mu_1 + \mu_2} I = -I \quad I'' = \frac{2\mu_1}{\mu_1 + \mu_2} I = 2I$$



#### 51. 铁磁材料的非线性指什么？饱和指什么？

非线性是指随着 $H$ 变换，磁导率 $\mu$ 不为常数，也在发生变化。磁饱和是指铁磁材料内的磁通密度 $B$ 增大到一定程度，磁导率 $\mu$ 减小，**最终接近于真空磁导率 $\mu_0$** 。磁饱和下，铁磁材料的导磁性能极大下降，**漏磁增多**。

#### 准静态

#### 52. 引入准静态场的作用为何？准静态场的特点？

在低频或缓时变情况下，突出主要量而忽略次要量，形成准静态场概念，从而实现**电场与磁场的求解部分解耦**，以简化计算。准静态场的特点是，它属于时变电磁场但却具有一些静态场的性质。

53. 静电场和磁场都有两类，分别说明各自的源是什么？

电场分为静电场和感应电场，静电场是有散无旋场，其散度源是**静电荷**；感应电场是有旋无散场，其旋度源是**时变磁场**。

磁场分为传导电流产生的磁场和位移电流（时变电场）产生的磁场，二者都是有旋无散场，前者的源是**传导电流**，后者的源是**时变电场**（或位移电流）。

54. 时变磁场中的两点电位差是否唯一？为什么？

不唯一。因为时变磁场中存在时变磁通，即存在感应电场，感应电场是有旋无散场，**其线积分的结果与积分路径有关**，所以两点之间如果路径不同，积分得到的电位差也不相同，故电位差并不唯一。

55. 坡印廷矢量的物理含义。已知一点电场强度 $E$ ，如何求电磁波在这一点上的坡印廷矢量？

坡印廷矢量表示**单位时间内**垂直穿过**单位面积**的电磁能量变化或流动，可称为**功率流面密度**，单位是 $W/m^2$ 。

已知 $E$ ，则有 $\nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t} = \sigma E + \varepsilon \frac{\partial E}{\partial t}$ ，积分形式为 $\oint H \cdot dl = \iint (\sigma + \varepsilon \frac{\partial}{\partial t}) E \cdot dS$ ，即可求得 $H$ 。求得 $H$ 之后，即可求得坡印廷矢量 $S = E \times H$

56. 请描述什么是电流的集肤效应，并解释为何会出现集肤效应？

当导线中通有交流电流时，导线截面中间的部位电流密度较小，靠近表面处的电流密度较大，这种电流分布称为**集肤效应**。当导线中存在交流电流时，可将电流分为或认为存在两种——“自由”电流和感应电流，自由电流均匀分布，而感应电流成**涡旋状**，与磁力线交链。当自由电流增大时，磁场同步增大，从而感应出相应的感应电流，根据**安培环路定理**可得，此时的感应电流在导线中间部位方向与自由电流相反，削弱自由电流，在导线表面处与自由电流相同，增强自由电流。因而出现集肤效应。

57. 试定性解释邻近效应。

导体通有时变电流时，不仅会在自身产生涡流，也会在邻近的导体中产生涡流，对于一对传输线，其相互影响的结果就是每根导线上的电流密度分布不再均匀，两导体内侧电流密度大于外侧。

58. 什么是磁扩散过程？试定性解释原因。

若外部磁场从0跳变到 $H_0$ ，那么导体圆环内的的磁场 $H_{in}$ 不会跳变。因为跳变意味着磁通的跳变，从而产生无穷大的感应电动势，感应电流也会无穷大，产生无限大的去磁磁场，但这是不可能的。磁环内会有一个磁场缓慢上升的过程，好像环外磁场逐步向内扩散，称为**磁扩散过程**。如果外部磁场是一个正弦量 $H_0$ ，其不跳变，那么 $H_{in}$ 会比 $H_0$ 小，具有屏蔽作用

59. 测量交流电流下的电阻压降的困难是什么？

测量交流电流下的一段电阻压降时，电压表的接入会形成一个闭合回路，通过交链磁链形成自感，这样测得的电压会包含电感的电压，虽然通过调整电压表的接表方式（比如将电压表的接线与导线紧贴减小闭合回路面积），可以表面测量外电感的电压，但是**内电感的影响却难以消除，无法避免**

60. 不均匀的电流分布带来的损耗是大于均匀分布的电流损耗的，请问有什么办法可以减少交流输电时因集肤效应带来的损耗？请简要分析其原理。

可以使用利兹线，即**多根独立绝缘的导线并联绞合**而成，对于三相输电线路可以进行换位操作，使得感应电动势相互抵消，减弱集肤效应。**多根导线并联**可

以**减小电流的不均匀性**，但仍然不是很均匀，因这时会产生在不同导线之间环绕流动的电流（或称“环流”），它不流出端部，对总电流无贡献，但它比一根粗导线的涡流要小。**进一步，通过绞绕**（将位于相同“半边”的内侧和外侧导线绞绕换位换位）可以将构成两个圆环，这两个圆环的感应电动势方向相反，相互抵消，理论上就没有感应电流了

#### 61. 涡流有哪些实际应用？我们可以采取哪些措施来减小涡流？

涡流的实际应用有：磁悬浮、电磁发射、电磁屏蔽、电磁炉、涡流金属探测器等。在实际生产生活中，我们可以采用叠片铁芯代替整块铁芯以分割、减小涡流，也可以将导体开缝。

### 电磁波

#### 62. 什么是电磁干扰？

是指设备或系统性能降级的电磁影响现象。它着眼于“二者”之间的相互影响。

#### 63. 什么是电磁兼容（EMC）？

又称电磁兼容性或能力，指系统或设备在所处的电磁环境中能正常工作，同时不会对其他设备和系统造成电磁干扰的能力。它包括 EMI 和 EMS 耐受能力两方面，**即不产生对外干扰的特性和耐受外界干扰的能力**。

#### 64. 什么是电磁骚扰？

任何可能引起设备或系统性能降级或对有生命或无生命物质产生损害作用的电磁现象。它着眼与源侧，任何电磁波的源都有对外发出电磁骚扰的能力

#### 65. 电磁干扰的耦合方式有哪些？传导耦合途径有哪些？

耦合方式分为**低频传导耦合**（骚扰信号沿线传导时的耦合）和**高频电磁波辐射耦合**（像天线一样通过空间能量传播造成的耦合）。

传导耦合途径有：**容性耦合、感性耦合和阻性耦合**。容性耦合的特点是电压性耦合，能耦合高电压，但不一定产生大的干扰电流。感性耦合的特点是耦合大小与被耦合对象的回路大小有关。

#### 66. 如何抑制容性耦合和感性耦合？

抑制容性耦合的原理是**静电屏蔽**——在干扰源和被干扰物体之间加接地隔离导体。

抑制感性耦合的原理有二——一是利用感应电流的去磁效应，称为**电流屏蔽**，二是磁性材料的屏蔽作用称为**磁屏蔽**。对于减小骚扰，只有电流屏蔽可以做到，而这三个方法都可以做到避免被干扰。（**应注意双线绞绕不属于这里面的任何一种屏蔽措施，他的本质是干扰产生了两种相反的影响互相抵消掉了，而屏蔽是使得干扰无法传达，无法产生影响。**）

#### 67. 低频电磁场屏蔽容性耦合干扰和感性耦合干扰的方法有哪些？分别从减小骚扰和避免被干扰两个角度分别论述。

对于低频电磁场，屏蔽容性耦合干扰采用静电屏蔽的方法，屏蔽感性耦合干扰采用电流屏蔽或磁屏蔽的方法。

从减小骚扰的角度来讲，只有电流屏蔽可以做到减小源对外骚扰的能力，其他两种屏蔽都无法做到；从减小被干扰的角度来说，三种屏蔽方式都可以达到目的。

#### 68. 高频电磁波屏蔽方法？

电磁屏蔽，利用良导体中涡流防止高频电磁波渗入，可同时屏蔽电场和磁场。

#### 69. 同轴电缆和绞绕电缆为什么可以屏蔽外部磁场的干扰？



同轴电缆的**外皮和芯线作用中心**重合，对外产生的磁场完全抵消，不存在回路面积可以耦合外界磁场，也就不受外部磁场的干扰。而绞绕电缆是通过绞绕后在不同回路中产生**相反感应电动势**，并使其相互抵消，从而消除外部磁场对其的干扰

**70. 同轴电缆为什么不会对外产生骚扰？**

因为其外皮和芯线的反向电流的作用中心相重合，产生的磁场相互完全抵消，或称其没有回路面积，与**外面回路不形成互感**。

**71. 什么是辐射器？**

可以产生合适的时变电磁场的源或装置，可实现电磁能量或信号的有效或定向向外辐射，称之为辐射器。

**72. 阐述 CPU 工作频率限制的一个重要原因。**

在高频下，电磁能量辐射严重，电源的能量和信号不再能有效地传输到负载上，信号和能量在传输中途辐射掉，信号会失去完整性，系统功能发生质的改变。频率再高则芯片的尺寸就要再减小。

**73. 什么是电磁辐射？**

电磁波能量从波源发出，向周围传播，其中一部分能量不再返回波源的现象。

**74. 什么是电磁波的极化？**

电磁波的极化定义为电场矢量 **$E$** 的方向或其末端随时间变化的轨迹，它表征在空间给定点上电场强度矢量的取向随时间变化的特性。

**75. 为什么海水中的电磁通讯要使用低频信号？**

因为在导电媒质中，频率越高，电磁波传播的衰减系数越大，随着传播距离增大信号衰减越严重，所以要尽量降低信号的频率，以减小信号衰减，延长信号传播距离。但是低频天线发射效率低，需要延长天线，所以潜艇发射信号不易。

**76. 为了无损地传输电磁波，可以有哪些方式？**

利用**介质波导**（当电磁波从波密介质入射波疏介质，入射角大于临界角时发生全反射）和**金属波导**（高频电磁波遇到导体表面时发生全反射，没有入射角要求）。

**77. 描述光纤传播光信号的原理。**

当电磁场从**波密介质**（ $n_1$ ）向**波疏介质**（ $n_2$ ）入射时，即当入射角大于临界角 $\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1} = \sqrt{\frac{\mu_2\epsilon_2}{\mu_1\epsilon_1}}$ 时，发生全反射。光纤就是这样一种实心介质线，这样光纤中的光信号可以无损传输，这便是介质波导传播电磁波的原理与方法。

**78. 为什么电磁波接触到理想导体发生全反射？**

因为理想导体的 $\sigma = \infty$ ，则根据透入深度的定义可知，电磁波在理想导体中的投入深度 $d = 0$ ，即发生全反射（或是认为导体内的电场强度为 0）。

**79. 金属波导的原理和适用范围？**

金属波导的原理是利用高频电磁波碰到导体表面发生全反射。适用的波段为微波波段：300MHz~300GHz，波长1mm~1m。

**80. 有损介质和无损介质的速度和频率？**

$v = \frac{\omega}{\beta}$ 。有损介质中，频率越高， $\beta$ 越小，速度越大。无损介质，速度与频率无关。

**81. 如何实现电磁波的定向传播？**

可以利用两个位于不同位置带有不同相位电流的元天线组合成为一个辐射器，原理是利用两个天线的电磁场**传播时间差**，使得在**某些方向上电磁场反相抵消，其他的方向上同相增强**，从而实现电磁波定向的传播。

82. 在远区和纯电磁波区，电磁波的 **$E$** 和 **$H$** 之间有什么样的约束关系？

在远区和纯电磁波区，电磁波的 **$E$** 和 **$H$** 方向**正交**，且在量值上满足波阻抗约束，即

$$E_{\theta} = \frac{1}{\varepsilon v} H_{\alpha} = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} H_{\alpha}$$

定义波阻抗为 $Z = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}$ ，真空中 $Z = 377\Omega$

83. 什么是平面电磁波？什么又是均匀平面电磁波？

等相位面为平面的正弦变化的电磁波是平面电磁波。等相位面上 **$E$** 、 **$H$** 处处相等的平面波

84. 什么是色散效应？

电磁波的**相速**随频率而改变的现象称为色散效应

85. 如何定义电磁波的透入深度？

对于良导体，因为有 $\sigma \gg \omega\varepsilon$ ，故有 $\alpha \approx \sqrt{\frac{\omega\mu\sigma}{2}} = \beta$ ，定义衰减系数 $\alpha$ 的相反数

为电磁波的透入深度，即 $d = \frac{1}{\alpha} = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}}$