

第一部分：电磁场的数学工具和物理模型 来源：工程电磁场原理教师手册
场的概念；场的数学概念；矢量分析；

数学工具：在不同坐标系下的数学描述方法；巩固标量场梯度的概念和数学描述方法；掌握散度在直角坐标系下的表达形式；掌握旋度在直角坐标系下的表达形式；强调几个矢量分析的恒等式： $\nabla \times \nabla V = 0$ （任何标量函数梯度的旋度恒等于零）； $\nabla \cdot (\nabla \times \bar{A}) = 0$ （任意矢量函数旋度的散度恒等于零）； $\nabla \times \nabla \times \bar{A} = \nabla(\nabla \cdot \bar{A}) - \nabla^2 \bar{A}$ ； $\nabla \cdot (\varphi \bar{A}) = \varphi \nabla \cdot \bar{A} + \bar{A} \cdot \nabla \varphi$ ； $\nabla \cdot \nabla V = \nabla^2 V$ 。

亥姆霍兹定理推导出：无旋场（场中旋度处处为零），但散度不为零；无散场（无源场）：场中散度处处为零，但其旋度不为零；一般矢量场：场中散度和旋度均不为零。无限空间中的电磁场作为矢量场 $\bar{F}(\bar{r})$ 按定理所述，其特性取决于它的散度和旋度特性，而用公式可以表示为：

$\bar{F}(\bar{r}) = -\nabla \varphi(\bar{r}) + \nabla \times \bar{A}(\bar{r})$ ，其中标量函数 $\varphi(\bar{r}) = \frac{1}{4\pi} \int_V \frac{\nabla' \cdot \bar{F}(\bar{r}')}{|\bar{r} - \bar{r}'|} dV'$ ，矢量函数

$\bar{A}(\bar{r}) = \frac{1}{4\pi} \int_V \frac{\nabla' \times \bar{F}(\bar{r}')}{|\bar{r} - \bar{r}'|} dV'$ ，由此可见，无限空间中的电磁场 $\bar{F}(\bar{r})$ 唯一地取决于其散度和旋度的分布。

散度定理——高斯定理；旋度定理——stokes 定理

第二部分：静态电磁场——静电场
掌握电场基本方程，并理解其物理意义。

电场强度 \bar{E} 与电位 φ 的定义以及物理含义；理解静电场的无旋性，及电场强度的线积分与路径无关的性质，以及电场强度与电位之间的联关系。

掌握叠加原理，对自由空间中的静电场，会应用矢量分析公式计算简单电荷分布产生的电场强度与电位；对于呈对称性分布的特征的场，能熟练地运用高斯定理求解器电场强度与电位分布。

了解媒介（电介质）的线性、均匀和各向同性的含义；了解电偶极子、电偶极矩的概念及其电场分布的特点。了解极化电荷、极化强度 \bar{P} 的定义及其物理意义。连接通过极化电荷求极化电场分布的积分形式。

理解电位移矢量 \bar{D} 的定义，以及 \bar{D} 、 \bar{E} 和 \bar{P} 三者之间的关系。对电介质求解其相应对称的场的分布。



掌握电位所满足的偏微分方程（泊松方程和拉普拉斯方程），以及 \vec{E} 、 \vec{D} 和 φ 在不同媒介分界面上的衔接条件，能写出典型静电场问题所对应的数学模型——边值问题，并能求出一维边值问题的解，以及运用分离变量法求出在直角坐标系下二维边值问题的解。

理解边值问题解的唯一性定理。

掌握镜像法。能应用镜像法求解与圆柱、平板、球形导体相关，或以平面为界面的两种无限大的介质中的静电场问题。

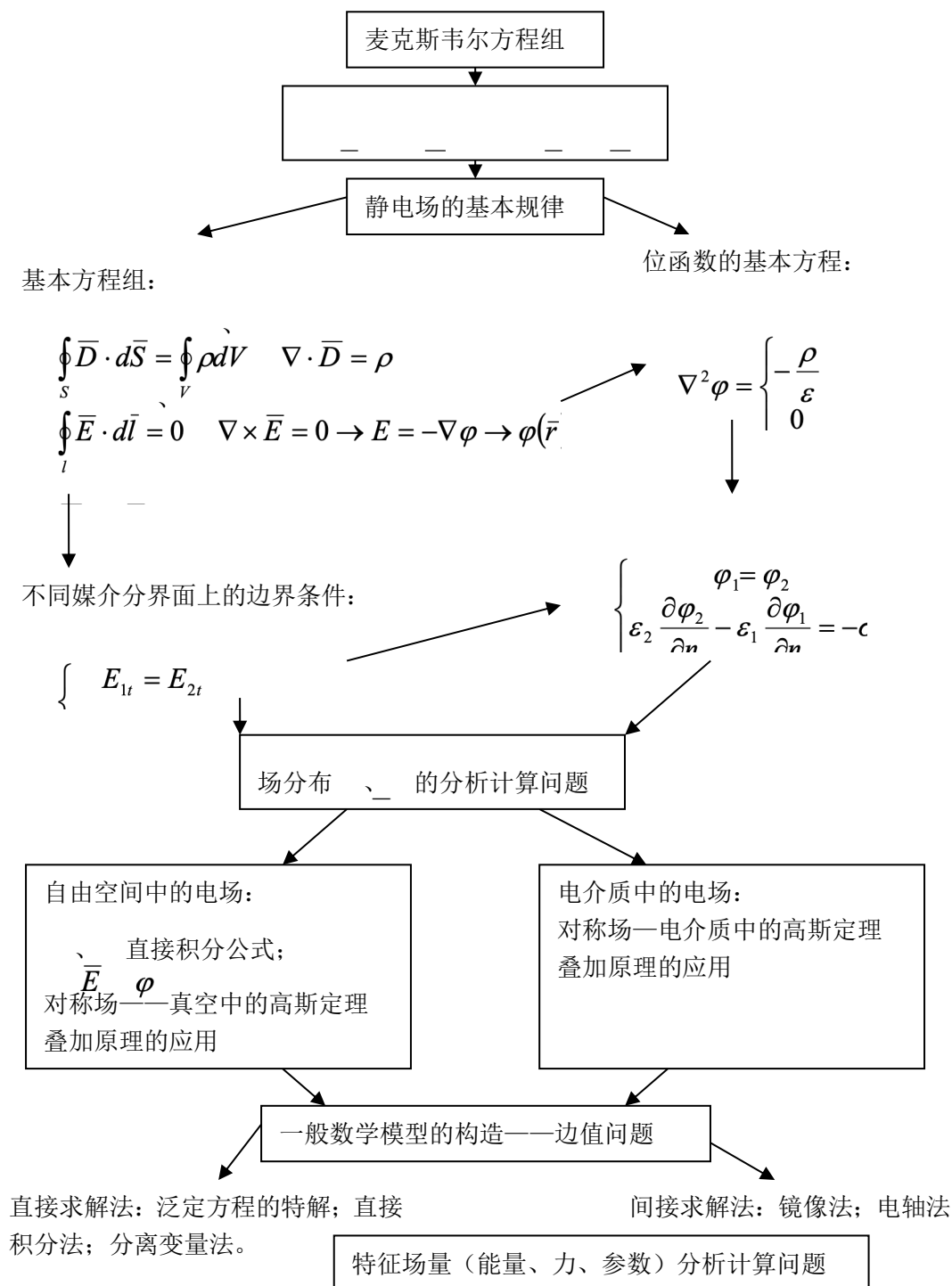
掌握电容参数计算的原则与方法。了解多导体系统的部分电容、工作电容的概念。理解静电屏蔽概念。

理解电场能量及能量密度的概念，掌握具有对称性场分布的电场能量及其能量密度的计算方法。

掌握基于电场强度定义公式的电场力的求取方法。理解广义力和广义坐标的概念、能量与力之间的功能平衡关系。会应用虚位移法求电场力。了解法拉第计算力的观点，并根据场图分析受力情况。

教学内容的体系框架：





静电场能量：

$$W_e = \int_V \frac{1}{2} D E dV$$

； 电场力：

$$W_e = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \varphi_k q_k$$

$$\vec{F} = q \vec{E}$$

$$\vec{F} = \frac{qq'}{4\pi\epsilon r^2} \hat{e}_r$$

$$|\vec{F}| = \left. \frac{\partial W_e}{\partial g} \right|_{\varphi_k=C} = - \left. \frac{\partial W_e}{\partial g} \right|_{q_k=C}$$

$$\vec{F}_{\text{纵张力}} = \vec{F}_{\text{侧压力}}$$

与部分电容：

$$C = \frac{q}{U}$$



第三部分：静态电磁场——恒定电流的电场和磁场

恒定电场：

理解电流密度 \vec{J} 的定义、欧姆定律的微分形式及电功率密度（焦耳-楞次定律的微分形式）的概念。

理解电荷守恒定律及电流连续性原理。

掌握恒定电流场的基本方程，并理解其物理意义。

掌握电位所满足的微分方程（拉普拉斯方程）以及 \vec{E} 、 \vec{J} 和 φ 在不同媒介分界面上的衔接条件，能写出典型恒定电流场的边值问题，并能求其解答。

理解静电比拟原理，构成相似问题的条件，及对应物理量和参数之间的关系。能应用静电比拟方法，了解恒定电流场中的镜像法。

理解电导的定义，掌握其计算原则。了解接地、接地电阻的概念（会计算简单形状的接地器的接地电阻与跨步电压）。

恒定磁场：

掌握恒定磁场的基本方程并理解其物理意义。

理解结合亥姆霍兹定理应用所给出的磁感应强度 \vec{B} 与矢量磁位 \vec{A} 的定义及其应用价值。掌握比奥萨瓦定律。理解磁通连续性原理。

掌握叠加原理。对自由空间中的恒定磁场，会应用矢量积分公式计算规则电流（线、面、体电流）分布产生的磁场感应强度与矢量磁位；对于呈对称分布特征的场，能熟练运用安培环路定律，求解其磁感应强度的分布。

了解标量磁位的概念及多值性。

了解媒介磁化及相应的磁性媒介分类的概念。了解磁偶极子、磁偶极矩的概念及其磁场分布的特点。了解磁化强度 \vec{M} 的定义，及磁化电流的概念。了解通过磁化电流求解磁化场分布的积分公式。

理解磁环强度 \vec{H} 定义，以及 \vec{B} 、 \vec{H} 与 \vec{M} 三者之间的关系。对媒介中的磁场，理解 \vec{B} 、 \vec{H} 、

\vec{A} 和 φ_m 在不同媒介分界面上的衔接条件。会求解具有相应对称性的场分布，并掌握矢量磁位所满足的微分方程（泊松方程和拉普拉斯方程）以及标量磁位所满足的微分方程（拉普拉斯方程）的基础上，能写出典型恒定磁场问题所对应的数学模型——边值问题，并能求解出一位边值问题的解，且能运用分量变量法求解二维边值问题。

掌握恒定磁场中的镜像法。

理解磁链的概念。掌握自感 L 、互感 M 的定义及其计算方法。

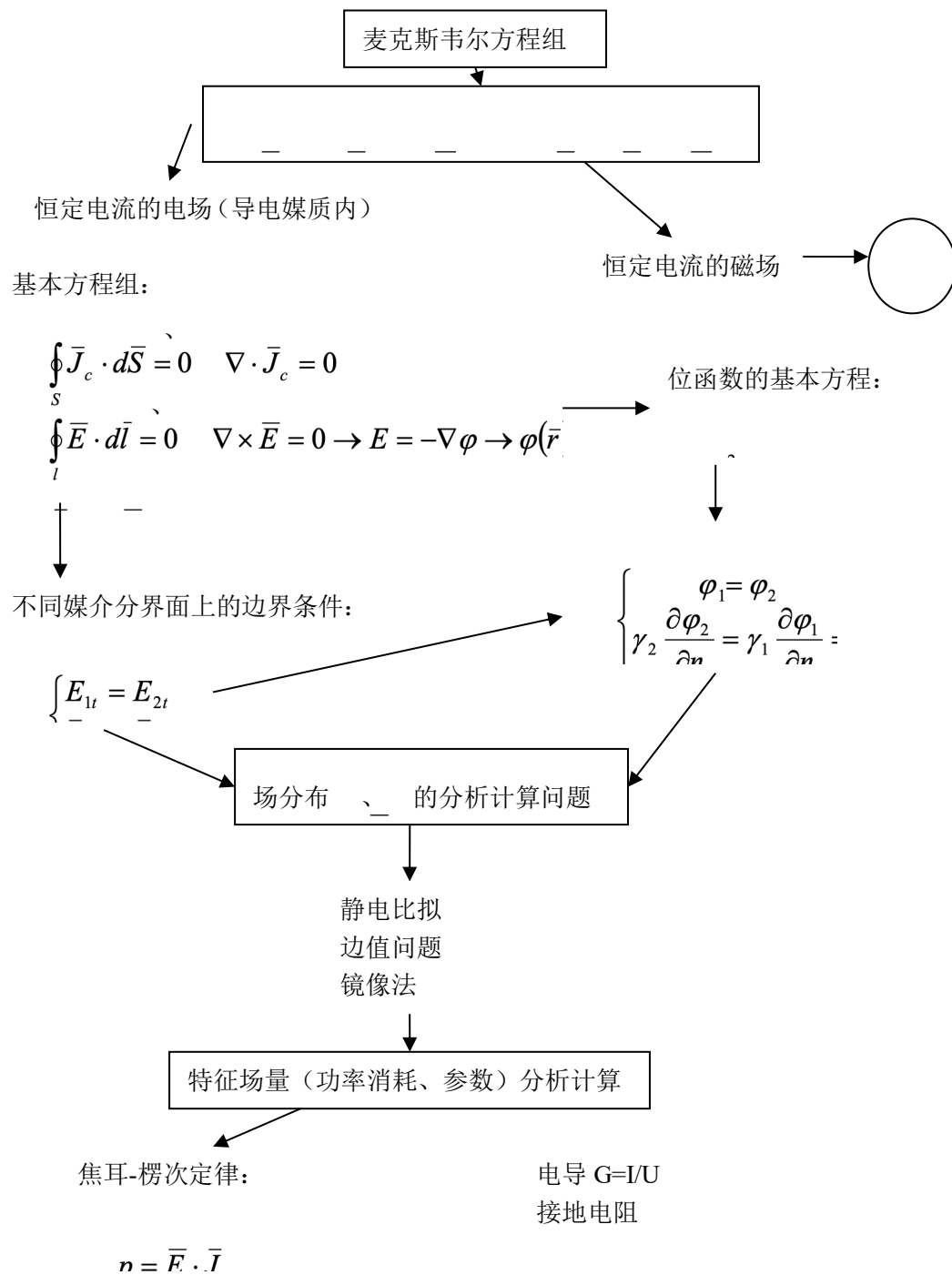
理解磁场能量及能量密度的概念，掌握具有对称性分布特征的磁场能量及计算方法。

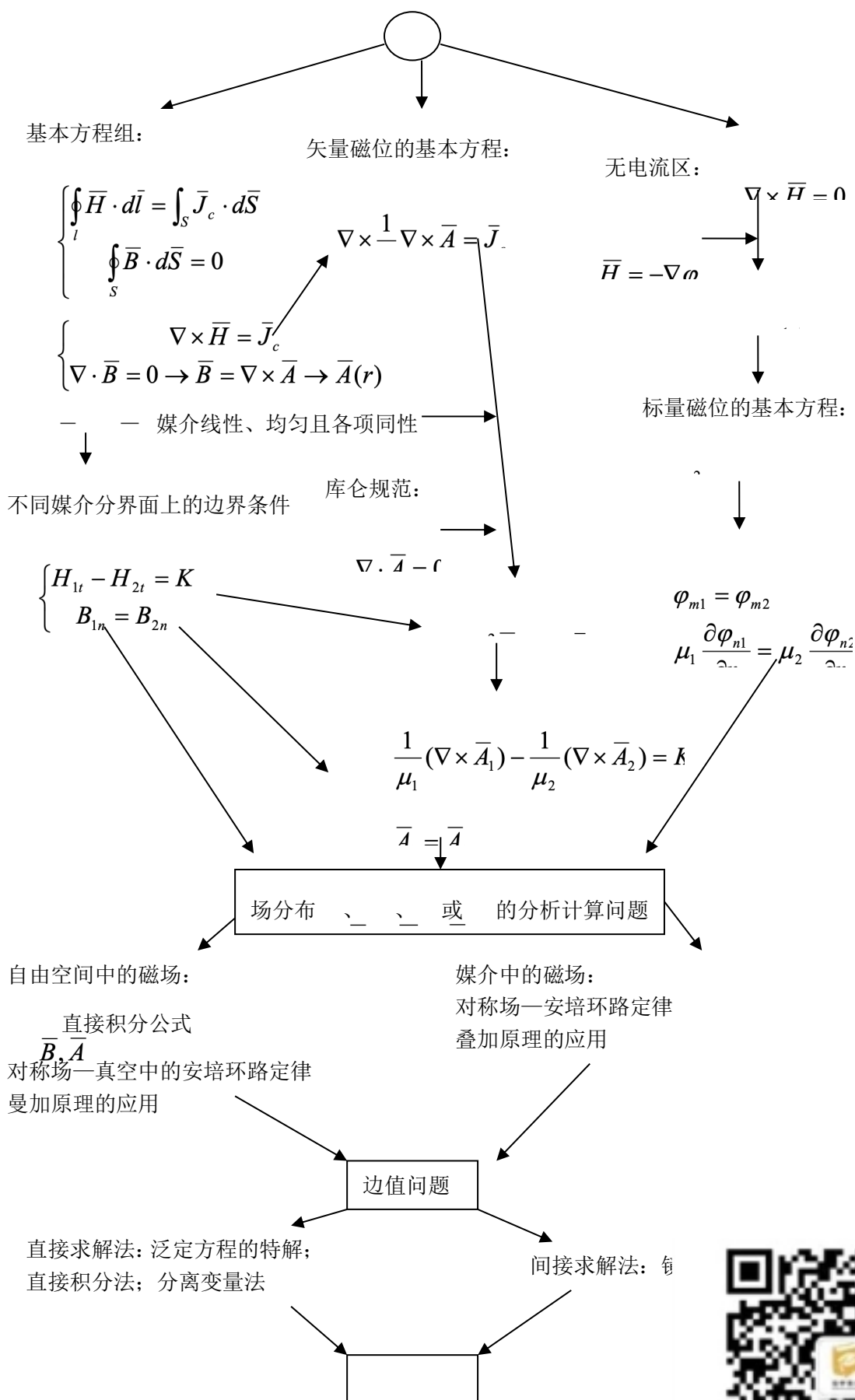
会应用安培力、洛伦兹力计算公式，虚位移法及法拉第观点求解磁场力，并

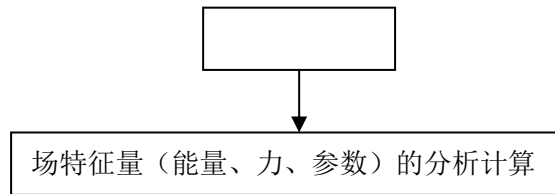


受力情况。

教学体系框架：







磁场能量

$$W_m = \frac{1}{2} \int_V \bar{H} \cdot \bar{B} dV$$

$$W_m = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n I_k \Psi_k$$

$$W_m = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n L_k I_k^2 + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \sum_{h=1}^n M_{kh} I_k I_h (h \neq k)$$

$$W_m = \frac{1}{2} \int_V \bar{A} \cdot \bar{J} dV$$

磁场力:

$$d\bar{F} = dq(\bar{V} \times \bar{B})$$

$$d\bar{F} = Id\bar{l} \times \bar{B}$$

$$|\bar{F}| = \left. \frac{\partial W_m}{\partial g} \right|_{I_k=C} = - \left. \frac{\partial W_m}{\partial g} \right|_{\Psi_k}$$

$$F_{\text{纵张力}} = F_{\text{侧压力}} = BH/2$$

电感（自感、互感）:

自感 L（内自感 L₁、外自

感 L₀）=

$$\Psi_L / I$$

互感 M₁₂=

$$\Psi_{12} / I_2$$



考试题型：

填空题：20 分 共 5 题，每题 4 分

简答题：30 分 共 5 题，每题 6 分

计算题：50 分 共 5 题，每题 10 分

填空：1 边界条件

2 场的基本性质

3 麦克斯韦方程组（或意义） 尽量用矢量形式 视情况定

4 磁场受力

5 平行输电线的电感电容

简答：1 矢量运算工具

2 计算电感电容步骤

3 波音频矢量

4 矢量（6 章）

5 静电比拟

计算：1 计算电场强度

2 计算电感与电容

3 计算对称电荷分布电场强度

4 计算磁场弧度分布

5 计算位移电流（6-2）

6 可能出现的证明题

证明焦耳功率和坡印廷矢量的关系（6-6）

