课程设计

一、详细解题步骤

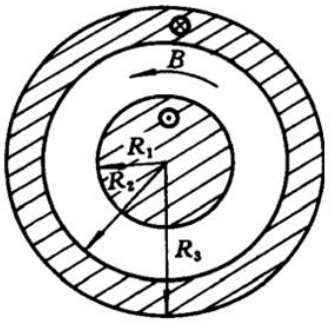
中国海洋大学 OCEAN UNIVERSITY OF CHINA

例2.

解：由题意得：取圆柱坐标系

电缆内芯线电流密度：$\vec{J}_1 = \frac{I}{\pi R_1^2}\cdot\hat{a}_z$

电缆外导体电流密度：$\vec{J}_2 = \frac{-I}{\pi(R_3^2-R_2^2)}\hat{a}_z$



取半径r为圆环的积分回路

由安培环路定理得：当 $r<R_1$ 时

$$\oint_L \vec{H}_1\cdot d\vec{l} = \int_0^r\int_0^{2\pi}\vec{J}_1\cdot r\,d\varphi\,dr\,\hat{a}_z = \frac{I}{R_1^2}r^2$$

又 $\because d\vec{l} = r\,d\varphi\,\hat{a}_\varphi \Rightarrow \oint_L \vec{H}_1\cdot d\vec{l} = H_1\int_0^{2\pi} r\,d\varphi = 2\pi r H_1$

$$\Rightarrow 2\pi r H_1 = \frac{I}{R_1^2}r^2 \Rightarrow \vec{H}_1 = \frac{Ir}{2\pi R_1^2}\hat{a}_\varphi$$

由 $\vec{H}_1 = \frac{\vec{B}}{\mu_0} \Rightarrow \vec{B}_1 = \frac{\mu_0 Ir}{2\pi R_1^2}\hat{a}_\varphi$

当 $R_1<r<R_2$ 时

同上 由安培环路定理得：

$$\oint_L \vec{H}_2\cdot d\vec{l} = I,\quad \oint_L \vec{H}_2\,d\vec{l} = H_2\cdot 2\pi r$$

$$\Rightarrow \vec{H}_2 = \frac{I}{2\pi r}\hat{a}_\varphi \quad \therefore 得\ \vec{B}_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}\hat{a}_\varphi$$

当 $R_2<r<R_3$ 时，同上可得.

$$\oint_L \vec{H}_3\cdot d\vec{l} = I + \int_{R_2}^r\int_0^{2\pi} J_2\cdot r\,d\varphi\,dr = \frac{R_3^2-r^2}{R_3^2-R_2^2}I$$

$$\Rightarrow \vec{H}_3 = \frac{I(R_3^2-r^2)}{2\pi(R_3^2-R_2^2)r}\hat{a}_\varphi \quad \therefore 得\ \vec{B}_3 = \frac{\mu_0 I(R_3^2-r^2)}{2\pi(R_3^2-R_2^2)r}\hat{a}_\varphi$$

当 $r>R_3$ 时

环路包围电流为0 $\Rightarrow \oint_L \vec{H}_4\cdot d\vec{l} = 0 \Rightarrow \vec{H}_4 = 0 \therefore \vec{B}_4 = 0$

综上：

$$\vec{B} = \begin{cases} \frac{\mu_0 I}{2\pi R_1^2}\cdot r\,\hat{a}_\varphi, & r\le R_1 \\ \frac{\mu_0 I}{2\pi r}\hat{a}_\varphi, & R_1<r\le R_2 \\ \frac{\mu_0 I(R_3^2-r^2)}{2\pi(R_3^2-R_2^2)r}\hat{a}_\varphi, & R_2<r\le R_3 \\ 0, & r>R_3 \end{cases}$$

地址：海洋大学西海岸校区 邮编：266400 电话：0532-66782730 传真：0532-66782799 网站：http://www.ouc.e

二、程序代码

2.1 程序介绍

使用 Matlab 进行编程，由于电流 I、R1、R2、R3 题目未给指定大小，故设置为全局变量，可根据要求自定义数值

2.2 代码

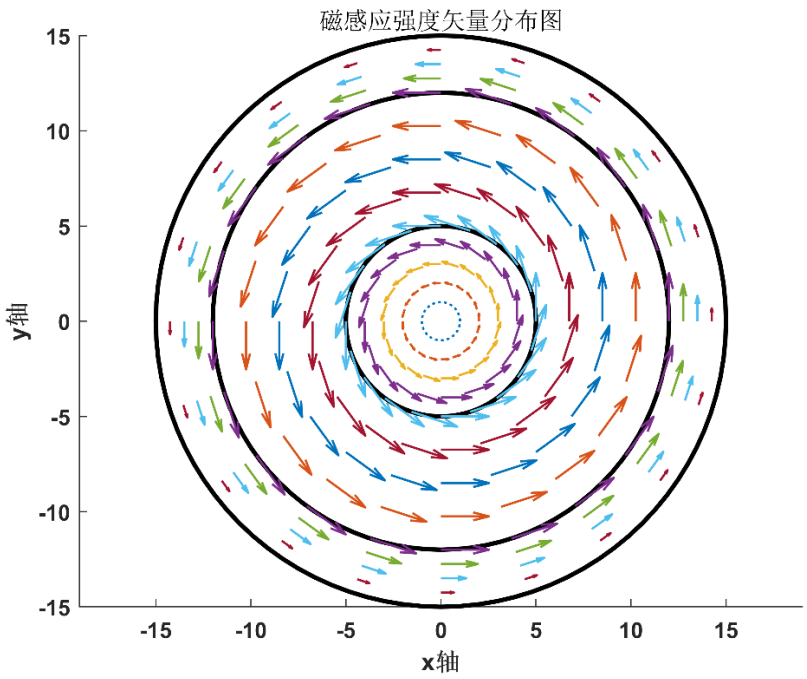
```
%% 定义全局变量
R1 = 5;  % 内芯半径
R2 = 12; % 外导体内径
R3 = 15; % 外导体外径
u0 = 4*pi*1e-7;  % 真空磁导率
I = 2;   % 电流大小
B = 0;   % 用来计算磁感应强度
r = 0;   % 距离圆心的距离，用来计算磁感应强度
num = 5; % 用来绘制磁感应强度圈数
%% 绘制初始目标
% 绘制外芯线
rectangle('Position', [0-R2,0-R2,2*R2,2*R2], 'Curvature', [1
1],'EdgeColor', 'black', 'LineWidth', 2);
rectangle('Position', [0-R3,0-R3,2*R3,2*R3], 'Curvature', [1
1],'EdgeColor', 'black', 'LineWidth', 2);
% 绘制内芯线
rectangle('Position', [0-R1,0-R1,2*R1,2*R1], 'Curvature', [1
1],'EdgeColor', 'black', 'LineWidth', 2);
xlabel('x 轴')
ylabel('y 轴')
title('磁感应强度矢量分布图')
axis equal
hold on
%% 计算磁感应强度位置(r,f,z)的直角坐标位置，以及对应的单位矢量
[x, y, a_x, a_y] = Get_Cycle_xy(r, 20);
%% 绘制图形（为明显表示矢量，将 B 放大 10^7 倍后显示）
% r <= R1
for r = linspace(1, R1, num)
    [x, y, a_x, a_y] = Get_Cycle_xy(r, 20);
    r_B = Get_B(r, R1, R2, R3, u0, I) * 1e7;
    if r_B ~= 0
```

```
        quiver(x, y, a_x, a_y, r_B, LineWidth=1)
    end
end
hold on
% R1 < r <= R2
for r = linspace(R1, R2, num)
    [x, y, a_x, a_y] = Get_Cycle_xy(r, 20);
    r_B = Get_B(r, R1, R2, R3, u0, I) * 1e7;
    if r_B ~= 0
        quiver(x, y, a_x, a_y, r_B, LineWidth=1)
    end
end
% R2 < r <= R3
for r = linspace(R2, R3, num)
    [x, y, a_x, a_y] = Get_Cycle_xy(r, 20);
    r_B = Get_B(r, R1, R2, R3, u0, I) * 1e7;
    if r_B ~= 0
        quiver(x, y, a_x, a_y, r_B, LineWidth=1)
    end
end
% r > R3
for r = linspace(R3, 2*R3, num)
    [x, y, a_x, a_y] = Get_Cycle_xy(r, 20);
    r_B = Get_B(r, R1, R2, R3, u0, I) * 1e7;
    if r_B ~= 0
        quiver(x, y, a_x, a_y, r_B, LineWidth=1)
    end
end
hold off
%% 绘制磁感应强度 B 与距离 r 之间的关系
plot_r = 0:0.1:1.3*R3;
plot_r_B = zeros(size(plot_r));
for i = 1:length(plot_r)
    plot_r_B(i) = Get_B(plot_r(i), R1, R2, R3, u0, I);
end
plot(plot_r, plot_r_B, LineWidth=2)
title('磁感应强度大小与距离 r 的关系')
ylabel('磁感应强度大小')
xlabel('距圆心距离 r')
%% 绘制磁感应强度大小空间分布图
[x0, y0] = meshgrid(-1.2*R3:0.01:1.2*R3, -1.2*R3:0.01:1.2*R3);
z0 = zeros(size(x0));
for i = 1:length(x0)^2
    z0(i) = Get_B(sqrt(x0(i)^2 + y0(i)^2), R1, R2, R3, u0, I);
```

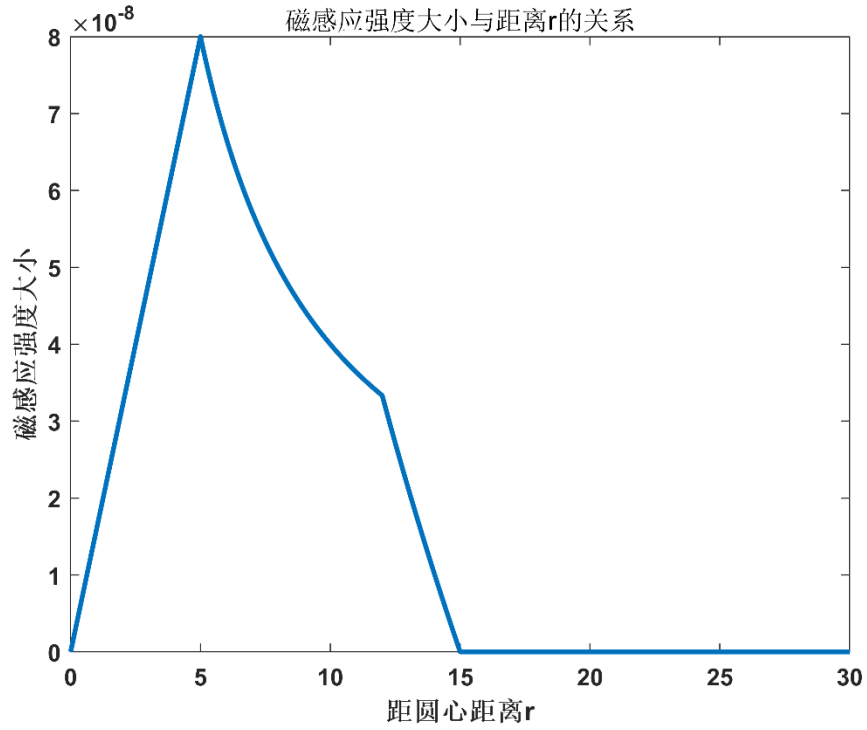
```
end
mesh(x0, y0, z0);
colormap(parula(256)); %设置 colormap 的格式
colorbar; %加上色条
view(0, 90);
xlabel('x 轴')
ylabel('y 轴')
title('磁感应强度大小空间分布图')
% axis([-1.2*R3, 1.2*R3, -1.2*R3, 1.2*R3])
axis equal
hold on
```

三、绘图

3.1 磁感应强度矢量分布图



3.2 磁感应强度大小与距离 r 的关系



3.3 磁感应强度大小空间分布图