

本科生实验报告

实验成绩

编写说明

1、适用于本科生所有的实验报告（印制实验报告册除外）；

2、专业填写为专业全称，有专业方向的用小括号标明；

3、 格式要求：

① 用 A4 纸双面打印（封面单面打印）或在 A4 大小纸上用蓝黑色水笔书写。

② 打印排版：正文用宋体五号，1.5 倍行距，页边距采取默认形式（上下 2.54cm，左右 2.54cm，页眉 1.5cm，页脚 1.75cm）。字符间距为默认值（缩放 100%，间距：标准）；页码用小五号字底端居中。

③ 具体要求：

题目（二号黑体居中）；

摘要（“摘要”二字用小三号黑体居中，隔行书写摘要的文字部分，五号宋体）；

关键词（隔行顶格书写“关键词”三字，提炼 3-5 个关键词，用分号隔开，五号黑体）；

正文部分采用三级标题；

第 1 章 ××(小三号黑体居中，段前、段后 0.5 行)

1.1 ×××××小四号黑体×××××（段前、段后 0.5 行）

1.1.1 小四号黑体（段前 0.5 行，段后 0 行）

参考文献（黑体小三号居中，段前、段后 0.5 行），参考文献用五号宋体，参照《参考文献著录规则（GB/T 7714—2005）》。

实验一 均匀球体的重力异常

1. 已知观测面及球体模型参数如下：

(1) 观测面参数：

X坐标：0~20km，点距 200m

Y坐标：0~20km，点距 200m

Z坐标：0km（水平观测面）

(2) 球体模型参数：

球心坐标：(10, 10, 4)（单位：km）

半径：3km

剩余密度：1g/cm³

解：

单个球体的重力异常 Δg 表达式为：

$$\Delta g = V_z = GM \cdot \frac{z_s - z}{[(x_s - x)^2 + (y_s - y)^2 + (z_s - z)^2]^{\frac{3}{2}}} \quad (1)$$

其中， x_s, y_s, z_s 为球体中心坐标， x, y, z 为观测点坐标， G 为万有引力常数， M 为球体总质量，利用质量与体积和密度的关系即可求解 $M = \rho \cdot V$ ，对于水平一阶导数 V_{zx} 有：

$$V_{zx} = -3GM \frac{(z_s - z)(x_s - x)}{[(x_s - x)^2 + (y_s - y)^2 + (z_s - z)^2]^{\frac{5}{2}}} \quad (2)$$

对于其垂向一阶导数 V_{zz} 有：

$$V_{zz} = GM \frac{[2(z_s - z)^2 - (x_s - x)^2]}{[(x_s - x)^2 + (y_s - y)^2 + (z_s - z)^2]^{\frac{5}{2}}} \quad (3)$$

对于其垂向二阶导数 V_{zzz} 有：

$$V_{zzz} = 3GM(z_s - z) \frac{[2(z_s - z)^2 - (x_s - x)^2]}{[(x_s - x)^2 + (y_s - y)^2 + (z_s - z)^2]^{\frac{7}{2}}} \quad (4)$$

上面所有的所有参量都已知；对于平面等值线图，需要求出重力异常沿着 X, Y 方向的值，并使用 matlab 内置的 `contourf` 函数，进行绘制，调用方式为：

`contourf(x, y, Gravity2D_Deltag, 50, 'LineStyle', 'none');`对于剖面图（剖面位置： $Y = 10km, Z = 0km$ ），需要将观测点 y 值固定为10km，并求出重力异常沿着 X 方向的值，调

用 line 函数绘制线，使用 plot 函数绘制剖面对应的沿着X方向的重力异常变化。

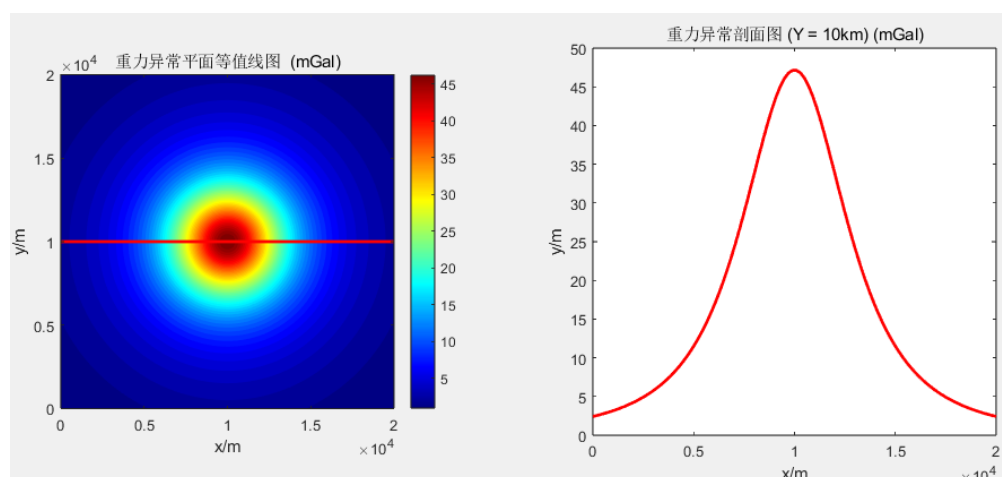


图 1 重力异常 Δg

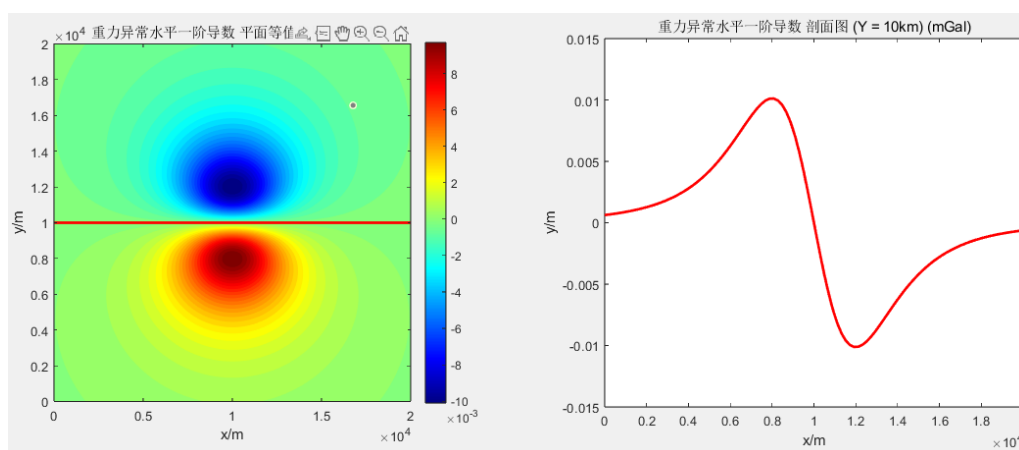


图 2 重力异常水平一阶导数 V_{zx}

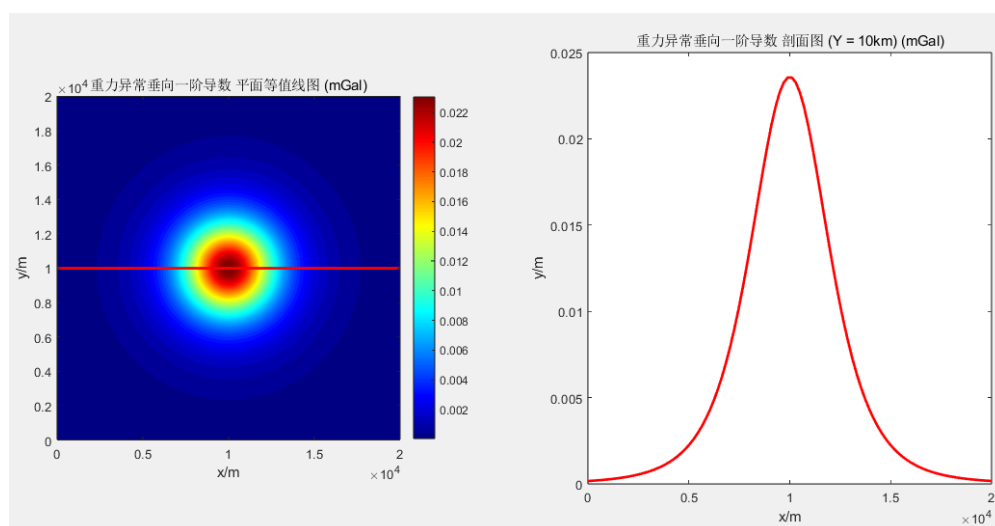


图 3 重力异常垂向一阶导数 V_{zz}

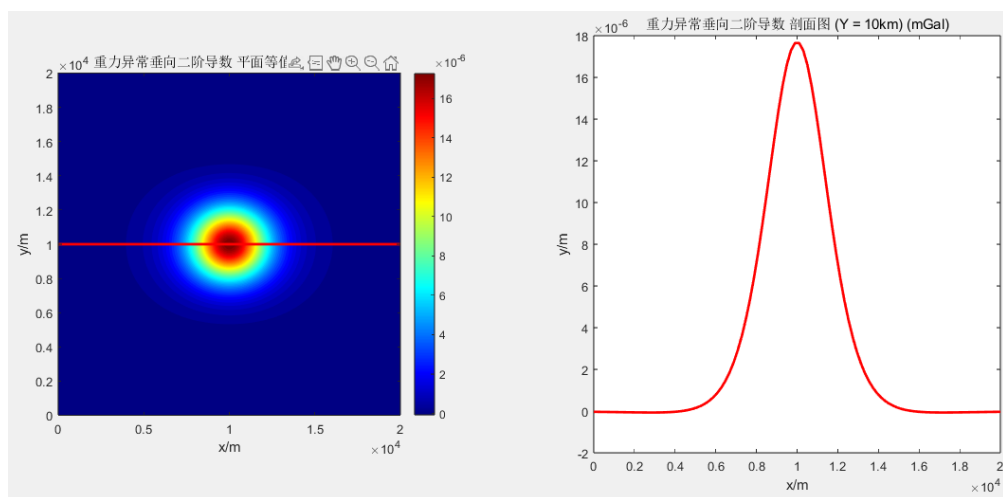


图 4 重力异常垂向二阶导数 V_{zzz}

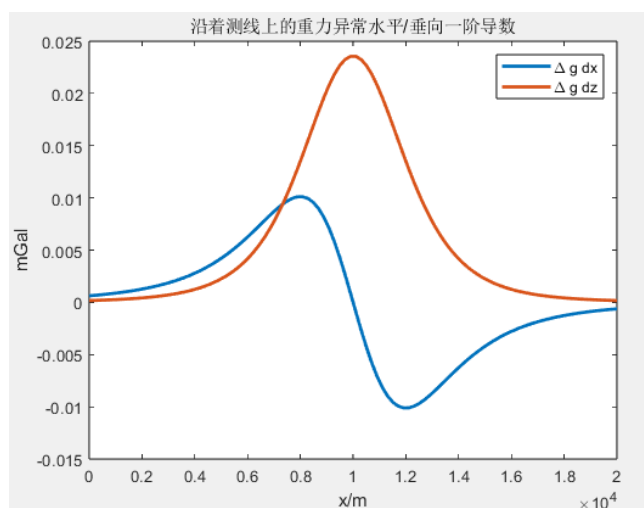


图 5 沿 $Y = 10km$ 上的重力异常水平/垂向一阶导数对比

解释：

- (1) 由对称性可知，在平面图上，球体产生的异常等值线为一簇以球心在地面投影点为圆心的不等间距的同心圆；
- (2) 在实测重力异常平面图中，近于圆形或长短轴差别不大的近椭圆形异常,多半是近于球形地质体产生的在同一地区，异常愈尖锐，范围愈小，则该地质体的埋深会愈小；反之则会深。
- (3) V_{xz} ：重力异常水平梯度，其正负与X轴方向有关，零值点大体对应着球心在地面的投影；
- (4) V_{zz} ：重力异常重向梯度，异常的极值与球心在地面的投影一致。
- (5) 重力异常重向梯度沿铅垂方向的变化率，异常的极值与球心在地面的投影一致。

2. 已知观测面及球体模型参数如下：

(1) 观测面参数：

X坐标：0~50km，点距 500m

Y坐标：0~50km，点距 500m

Z坐标：0km（水平观测面）

(2) 模型参数：

1) 球体 1：

球心水平坐标：(20, 25)（单位：km）

半径：1km

剩余密度：1g/cm³

2) 球体 2：

球心水平坐标：(30, 25)（单位：km）

半径：1km

剩余密度：1g/cm³

解：

由于重力异常矢量可加，只要使用公式单独对每一个球体计算，后累计相加即可，与上题类似，令球体 1 和球体 2 中心埋深顺次取 6 km、10 km、13 km 和 18 km（注：两个球体中心埋深保持一致）。

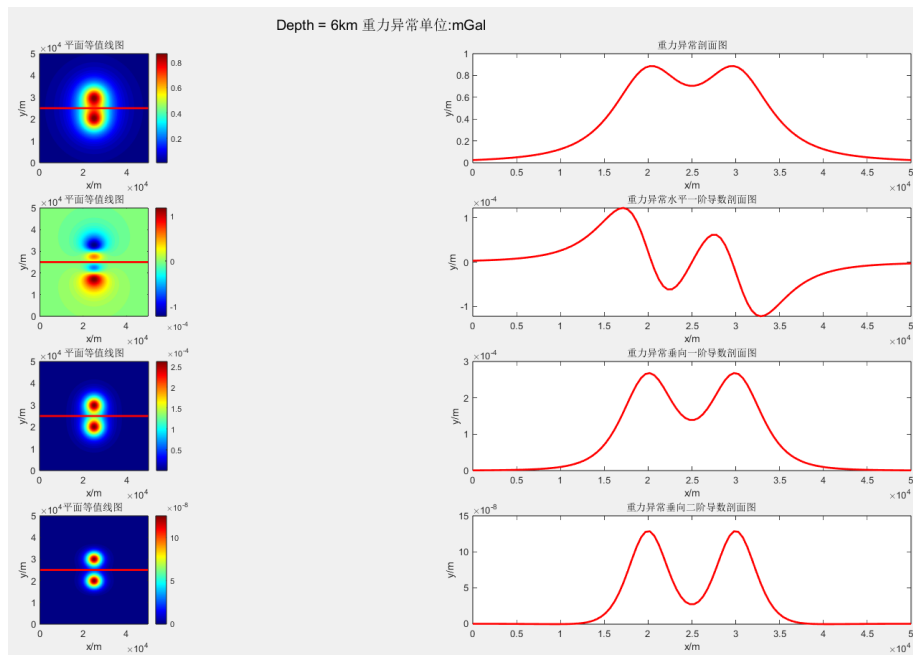


图 6 埋深为 6km 时球体重力异常

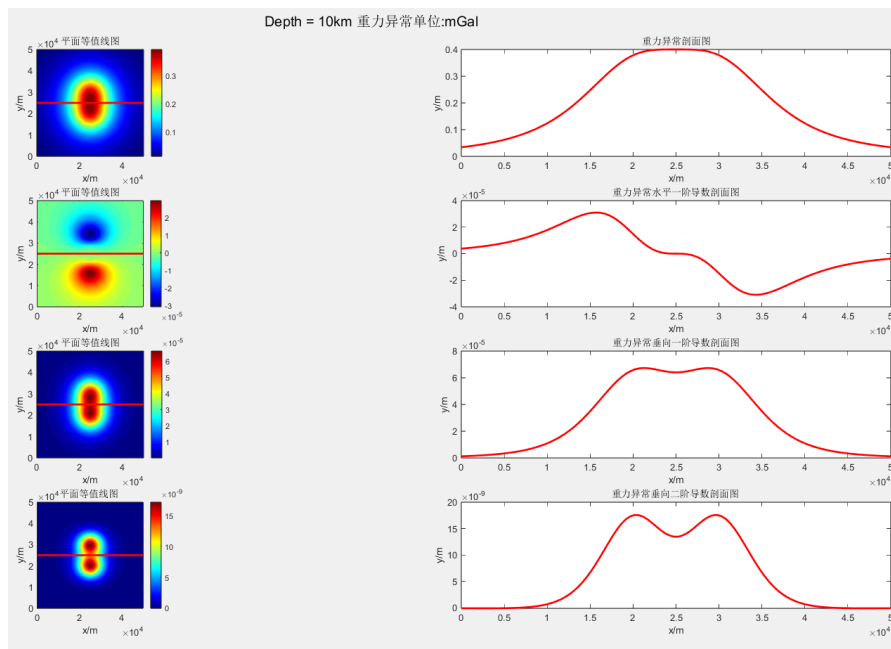


图 7 埋深为 10km 时球体重力异常

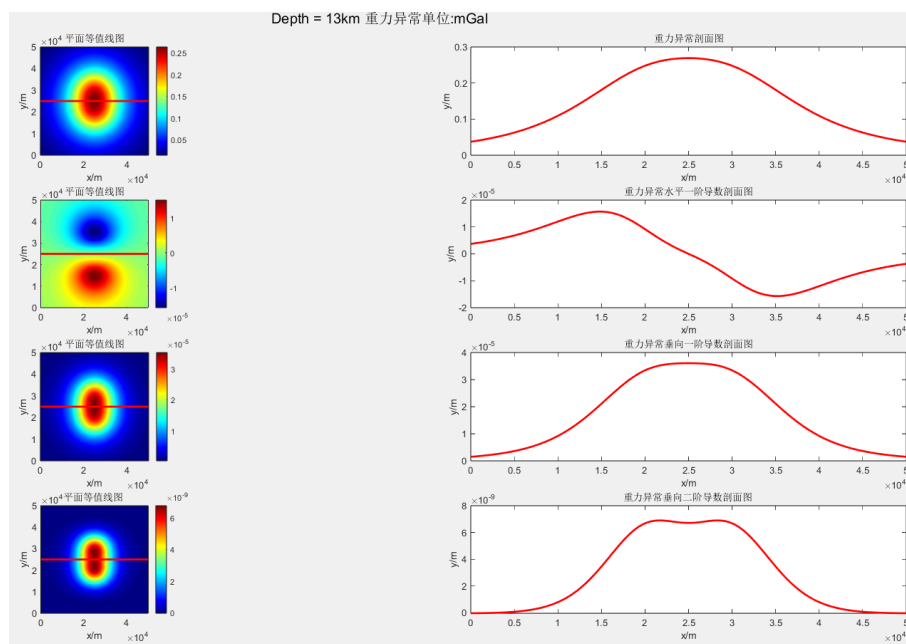


图 8 埋深为 13km 时球体重力异常

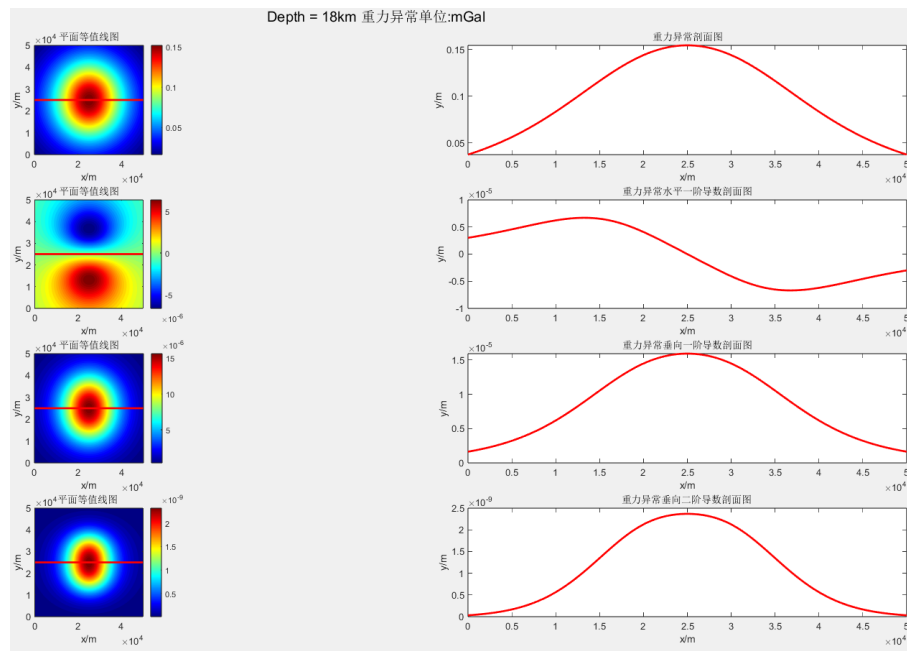


图 9 埋深为 18km 时的重力异常

问题：

- (1) 随着埋深的增大，能否通过重力异常及其垂向一、二阶导数的形态顺利识别出不同的异常体？这三种重力响应在划分水平叠加异常上的效果有何差异？

答：埋深越大，越难以通过垂向一、二阶导数形态区分异常体，垂向阶数越高的导数形态越容易区分叠加的异常体，精度越高，但仍有其局限范围。

- (2) 重力异常水平导数在识别局部异常体位置方面是否具有明确优势？

答：重力异常水平梯度，其正负与X轴方向有关，零值点大体对应着球心在地面的投影；对于埋深较浅，拐点大体对应着球心在地面的投影。

实验二 均匀磁化球体的 ΔB 磁异常

2. 已知观测面及球体模型参数如下：

(1) 已知观测面参数：

X 坐标：0~50km，点距 500m

Y 坐标：0~50km，点距 500m

Z 坐标：0km（水平观测面）

X 轴正方向的方位角： 0°

(2) 球体模型参数：

球心半径：(25, 25, 15)（单位：km）

半径：6km

磁化率：0.001（SI 单位）

(3) 背景地磁场参数：

背景场大小：65000nT

背景场地磁偏角 D ： 0°

解：

球体的引力位为：

$$V = \frac{G\sigma v}{[x^2 + y^2 + (z - \xi)^2]^{\frac{1}{2}}} \quad (5)$$

对上式求 z 的二阶偏导数为：

$$\Delta B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{m}{(x^2 + y^2 + R^2)^{\frac{5}{2}}} [(2R^2 - x^2 - y^2) \sin I - 3Rx \cos I \cos A' - 3Ry \cos I \sin A'] \quad (6)$$

其中磁矩 $m = Mv$ ， M 为磁化强度， v 为球体体积， x 为观测点和球体中心横坐标的距离， y 为观测点和球体中心纵坐标的距离， R 为观测点和球体中心的垂向距离，代入(6)式，与计算重力异常类似有：

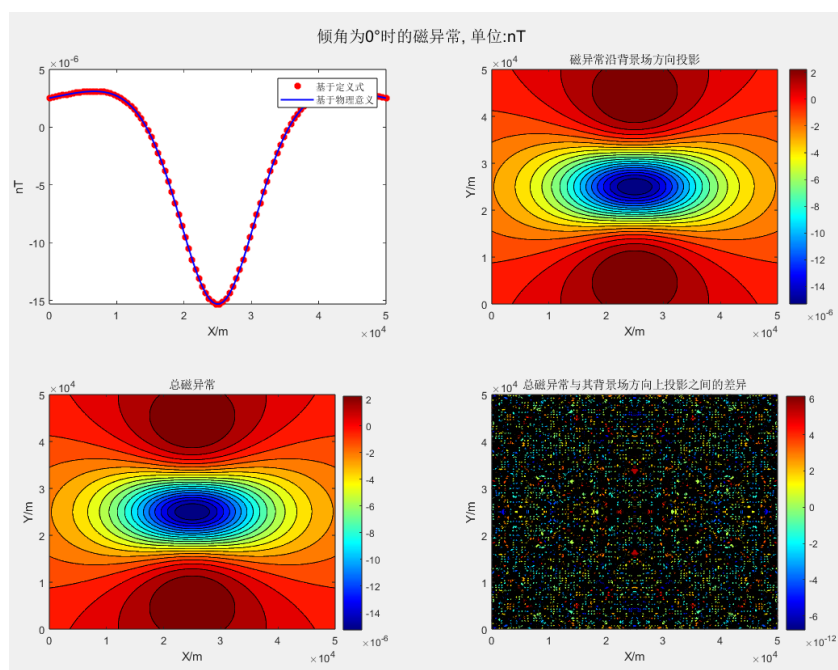


图 10 地磁倾角为 0° 的磁异常

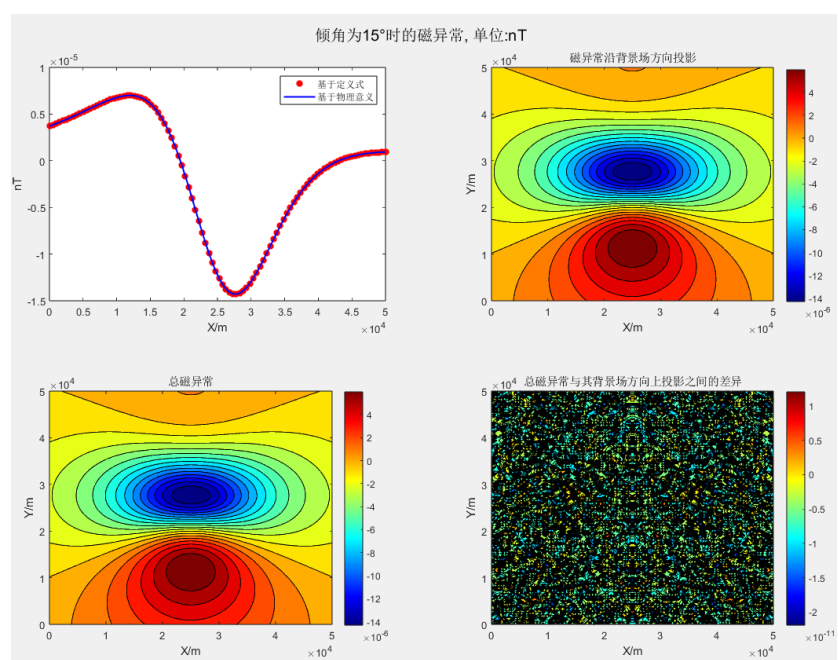


图 11 地磁倾角为 15° 的磁异常

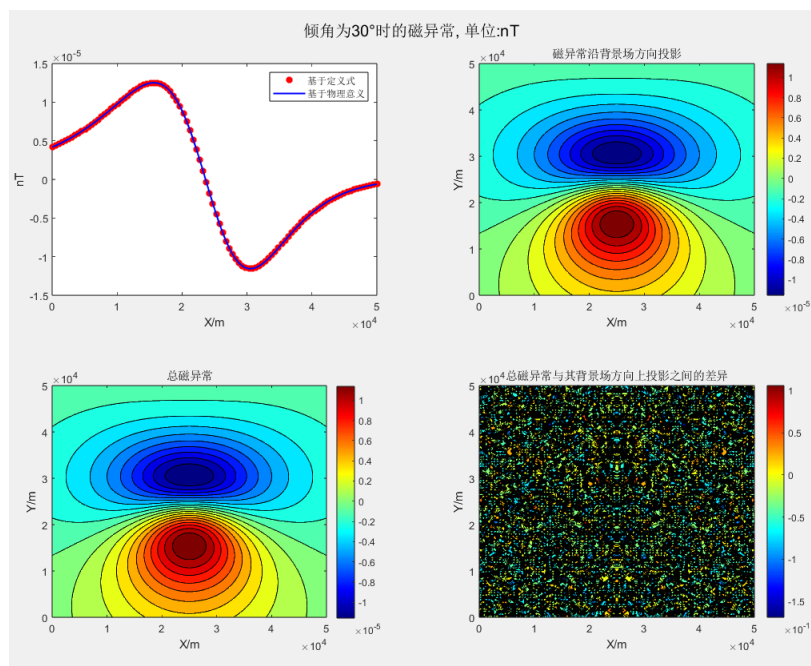


图 12 地磁倾角为 30° 的磁异常

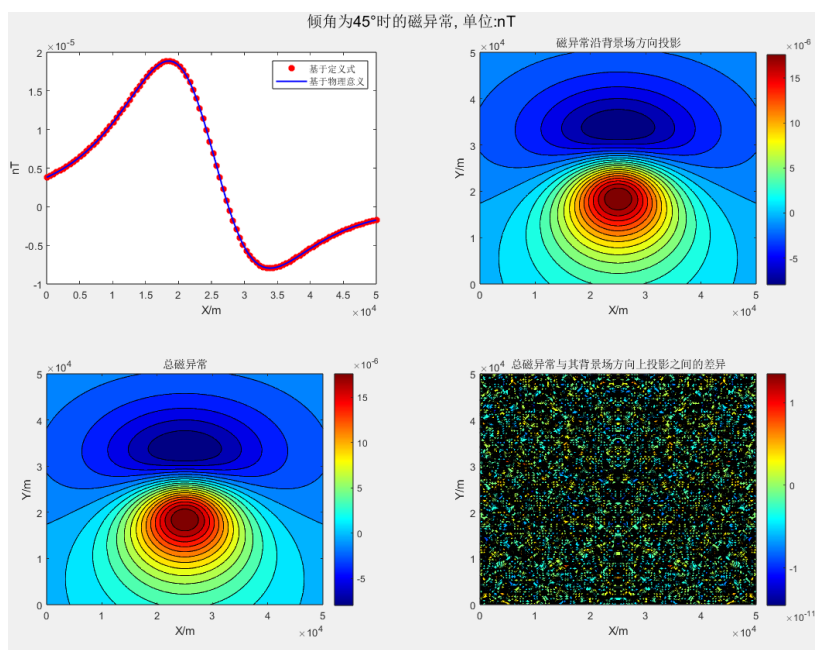


图 13 地磁倾角为 45° 的磁异常

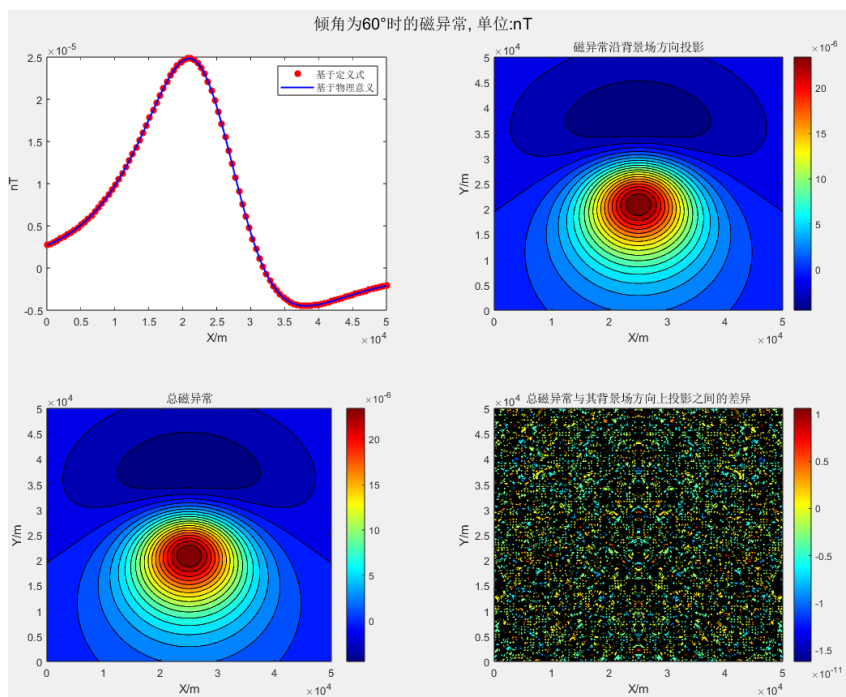


图 14 地磁倾角为 60° 的磁异常

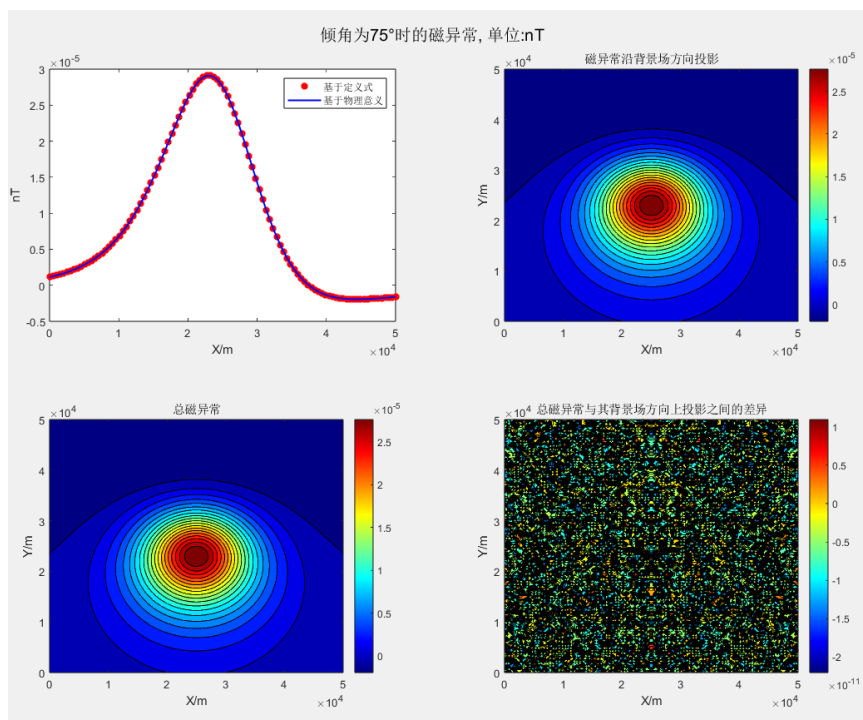


图 15 地磁倾角为 75° 的磁异常

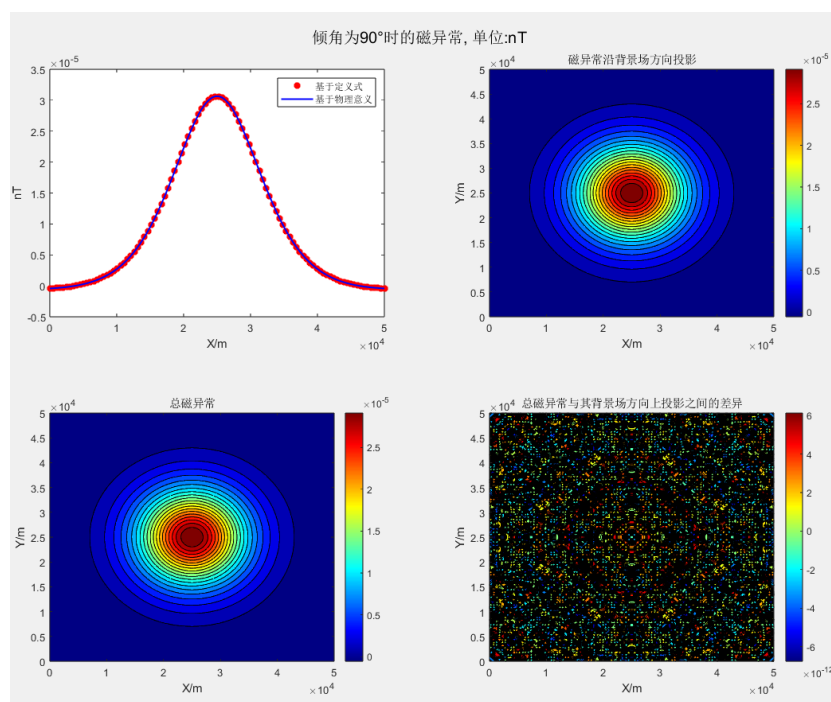


图 16 地磁倾角为 90° 的磁异常

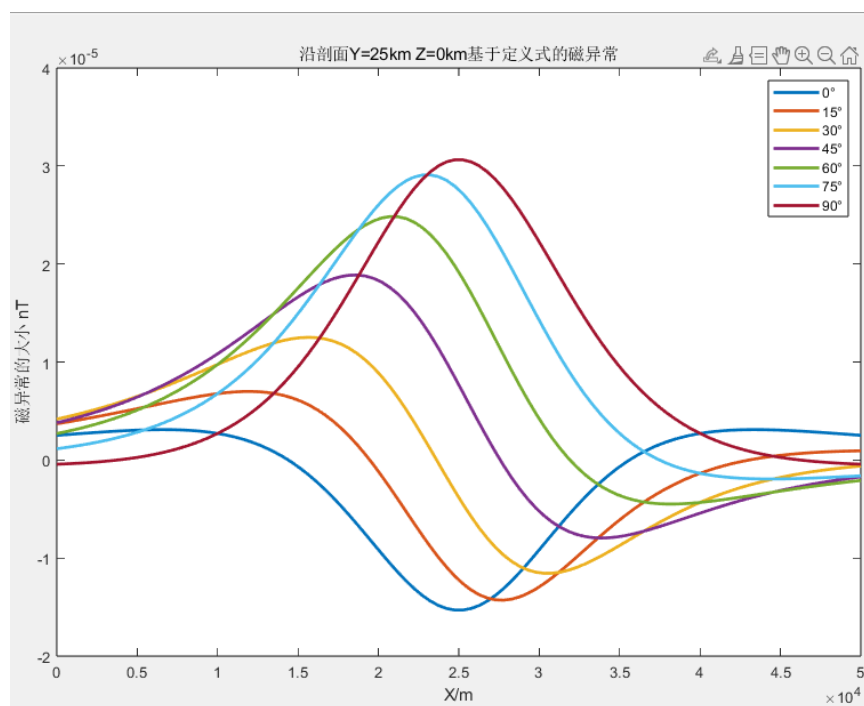


图 17 不同倾角的磁异常大小

问题：

- (1) 以 15° 为间隔，依次绘制出地磁倾角 (I) 取 $0^\circ \sim 90^\circ$ 的 ΔB 磁异常平面等值线图和剖面图 (剖面位置: $Y=25 \text{ km}$, $Z=0 \text{ km}$), 并对异常特征 (包括形状、变化范围以及正、负极值点位置与异常体中心水平位置的对应关系) 及其随倾角的变化趋势做出文字描述。(提示: 磁异常的计算使用定义式, 并且不考虑剩磁。)

答：定义式的磁异常大小由向下凹，随着地磁倾角的增大，逐渐变为了向上凸。

- (2) 本例中背景场的地磁偏角变化对磁异常形态有无影响？这个问题的答案是否具有普遍适用性？（提示：所谓普遍适用性，是指针对所有形状的磁性体以及任意取值的磁性参数都成立。）

答：无明显影响，有普适性。

附录代码：

lab1.m 实验一主函数

```
clear, clc, close all;
```

```
%% 观测点参数(单位: m)
```

```
% (1) X-axis
```

```
% xmin = 0;
```

```
% xmax = 20 * 1e3;
```

```
% dx = 200;
```

```
% nx = (xmax - xmin) / dx;
```

```
% x = linspace(xmin, xmax, nx);
```

```
% (2) Y-axis
```

```
xmin = 0;
```

```
xmax = 50 * 1e3;
```

```
dx = 500;
```

```
nx = (xmax - xmin) / dx;
```

```
x = linspace(xmin, xmax, nx);
```

```
% (1) Y-axis
```

```
% ymin = 0;
```

```
% ymax = 20 * 1e3;
```

```
% dy = 200;
```

```
% ny = (ymax - ymin) / dy;
```

```
% y = linspace(ymin, ymax, ny);
```

```
% (2) Y-axis
```

```
ymin = 0;
```

```
ymax = 50 * 1e3;
```

```
dy = 500;
```

```
ny = (ymax - ymin) / dy;
```

```
y = linspace(ymin, ymax, ny);
```

```
% Z-axis
```

```
z = 0;
```

```
%% 球体坐标(单位: km)
```

```
% (1)
```

```
% xc = 10 * 1e3;
```

```
% yc = 10 * 1e3;
```

```
% zc = 4 * 1e3;
```

```
% dr = 3 * 1e3;
```

```
% dDensity = 1.0; % 密度单位:g/cm^3
```

```
% (2)
```

```
xc1 = 20 * 1e3;
```

```
yc1 = 25 * 1e3;
```

```
xc2 = 30 * 1e3;
```

```
yc2 = 25 * 1e3;
```

```
zc = 18 * 1e3; % 6, 10, 13, 18
```

```
dr = 1e3;
```

```
dDensity = 1.0; % 密度单位:g/cm^3
```

%% 重力异常平面等值线图

Gravity2D_Deltag = zeros(length(x), length(y));

Gravity2D_Deltag_dx = zeros(length(x), length(y));

Gravity2D_Deltag_dz = zeros(length(x), length(y));

Gravity2D_Deltag_dz2 = zeros(length(x), length(y));

g_temp2 = 0;

g_dx_temp2 = 0;

g_dz_temp2 = 0;

g_dz2_temp2 = 0;

for i = 1: length(x)

 for j = 1: length(y)

 % Gravity2D_Deltag(i, j) = Sphere_Gravity_Deltag_Dxyz(x(i), y(j), z, xc, yc, zc, dr,

dDensity);

 [g_temp1, g_dx_temp1, g_dz_temp1, g_dz2_temp1] = Sphere_Gravity_Deltag_Dxyz(x(i),

y(j), ...

 z, xc1, yc1, zc, dr, dDensity);

 [g_temp2, g_dx_temp2, g_dz_temp2, g_dz2_temp2] = Sphere_Gravity_Deltag_Dxyz(x(i),

y(j), ...

 z, xc2, yc2, zc, dr, dDensity);

 Gravity2D_Deltag(i, j) = g_temp1 + g_temp2;

 Gravity2D_Deltag_dx(i, j) = g_dx_temp1 + g_dx_temp2;

 Gravity2D_Deltag_dz(i, j) = g_dz_temp1 + g_dz_temp2;

 Gravity2D_Deltag_dz2(i, j) = g_dz2_temp1 + g_dz2_temp2;

 end

end

```

%% 重力异常剖面图

Gravity1D_Deltag_Xline = zeros(1, length(x));

Gravity1D_Deltag_dx_Xline = zeros(1, length(x));

Gravity1D_Deltag_dz_Xline = zeros(1, length(x));

Gravity1D_Deltag_dz2_Xline = zeros(1, length(x));

for i = 1: length(x)

    % Gravity1D_Deltag_Xline(i) = Sphere_Gravity_Deltag_Dxyz(x(i), yc, z, xc, yc, zc, dr,
dDensity);

    [g_temp1, g_dx_temp1, g_dz_temp1, g_dz2_temp1] = Sphere_Gravity_Deltag_Dxyz(x(i), yc1,
z, xc1, yc1, zc, dr, dDensity);

    [g_temp2, g_dx_temp2, g_dz_temp2, g_dz2_temp2] = Sphere_Gravity_Deltag_Dxyz(x(i), yc2,
z, xc2, yc2, zc, dr, dDensity);

    Gravity1D_Deltag_Xline(i) = g_temp1 + g_temp2;

    Gravity1D_Deltag_dx_Xline(i) = g_dx_temp1 + g_dx_temp2;

    Gravity1D_Deltag_dz_Xline(i) = g_dz_temp1 + g_dz_temp2;

    Gravity1D_Deltag_dz2_Xline(i) = g_dz2_temp1 + g_dz2_temp2;

end

plot_line = 25 * 1e3;

%% (1) Delta_g

figure;

sgtitle("Depth = 18km 重力异常单位:mGal")

subplot(4, 2, 1);

contourf(x, y, Gravity2D_Deltag, 50, 'LineStyle', 'none');

axis equal;

set(gca, 'XLim', [xmin, xmax], 'YLim', [ymin, ymax]);

colormap('jet');

```

```
colorbar;

xlabel('x/m');

ylabel('y/m');

title("平面等值线图");


% 在 y=1000 处画一条黑色的线

hold on; % 保持当前图形

line([xmin, xmax], [plot_line, plot_line], 'Color', 'red', 'LineWidth', 2); % 画黑色的线

hold off; % 释放当前图形


subplot(4, 2, 2);

plot(x, Gravity1D_Deltag_Xline, 'LineWidth', 2, 'Color', 'red');

xlabel('x/m');

ylabel('y/m');

title("重力异常剖面图");


%% (2) Delta_g_dx

subplot(4, 2, 3);

contourf(x, y, Gravity2D_Deltag_dx, 50, 'LineStyle', 'none');

axis equal;

set(gca, 'XLim', [xmin, xmax], 'YLim', [ymin, ymax]);

colormap('jet');

colorbar;

xlabel('x/m');

ylabel('y/m');

title("平面等值线图");


% 在 y=1000 处画一条黑色的线

hold on; % 保持当前图形

line([xmin, xmax], [plot_line, plot_line], 'Color', 'red', 'LineWidth', 2); % 画黑色的线
```

```
hold off; % 释放当前图形
```

```
subplot(4, 2, 4);
```

```
plot(x, Gravity1D_Deltag_dx_Xline, 'LineWidth', 2, 'Color', 'red');
```

```
xlabel('x/m');
```

```
ylabel('y/m');
```

```
title("重力异常水平一阶导数剖面图");
```

```
%% (3) Delta_g_dz
```

```
subplot(4, 2, 5);
```

```
contourf(x, y, Gravity2D_Deltag_dz, 50, 'LineStyle', 'none');
```

```
axis equal;
```

```
set(gca, 'XLim', [xmin, xmax], 'YLim', [ymin, ymax]);
```

```
colormap('jet');
```

```
colorbar;
```

```
xlabel('x/m');
```

```
ylabel('y/m');
```

```
title("平面等值线图");
```

```
% 在 y=1000 处画一条黑色的线
```

```
hold on; % 保持当前图形
```

```
line([xmin, xmax], [plot_line, plot_line], 'Color', 'red', 'LineWidth', 2); % 画黑色的线
```

```
hold off; % 释放当前图形
```

```
subplot(4, 2, 6);
```

```
plot(x, Gravity1D_Deltag_dz_Xline, 'LineWidth', 2, 'Color', 'red');
```

```
xlabel('x/m');
```

```
ylabel('y/m');
```

```
title("重力异常垂向一阶导数剖面图");
```

```

%% (4) Delta_g_dz2

subplot(4, 2, 7);

contourf(x, y, Gravity2D_Deltag_dz2, 50, 'LineStyle', 'none');

axis equal;

set(gca, 'XLim', [xmin, xmax], 'YLim', [ymin, ymax]);

colormap('jet');

colorbar;

xlabel('x/m');

ylabel('y/m');

title("平面等值线图 ");


% 在 y=1000 处画一条黑色的线

hold on; % 保持当前图形

line([xmin, xmax], [plot_line, plot_line], 'Color', 'red', 'LineWidth', 2); % 画黑色的线

hold off; % 释放当前图形


subplot(4, 2, 8);

plot(x, Gravity1D_Deltag_dz2_Xline, 'LineWidth', 2, 'Color', 'red');

xlabel('x/m');

ylabel('y/m');

title("重力异常垂向二阶导数剖面图 ");


Sphere_Gravity_Deltag_Dxyz.m 实验一计算重力异常函数

function [g, g_dx, g_dz, g_dz2] = Sphere_Gravity_Deltag_Dxyz(dX, dY, dZ, ... %观测点坐标
(m)

                                dXc, dYc, dZc, ... %球体坐标(m)

                                dRadius, ... %球体半径(m)

                                dDensity) %球体密度(g/cm^3)

% 单位换算 (m/s^2) -> mGal

scale = 1e5;

```

```

% 单位换算 (g/cm^3) -> (kg/m^3)

dDensity = 1e3 * dDensity;

% 万有引力常数

G = 6.674e-11;

% 球体质量

m = (4/3) * pi * dRadius^3 * dDensity;

% 重力异常

g = G * m * (dZc - dZ) / ( (dXc - dX)^2 + (dYc - dY)^2 + (dZc - dZ)^2 )^(3/2);

g_dx = 3 * G * m * (dZc - dZ) * (dXc - dX) / ( (dXc - dX)^2 + (dYc - dY)^2 + (dZc - dZ)^2 )^(5/2);

g_dz = G * m * (2 * (dZc - dZ)^2 - (dXc - dX)^2) / ( (dXc - dX)^2 + (dYc - dY)^2 + (dZc -
dZ)^2 )^(5/2);

g_dz2 = 3 * G * m * (dZc - dZ) * (2 * (dZc - dZ)^2 - (dXc - dX)^2) / ...
        ( (dXc - dX)^2 + (dYc - dY)^2 + (dZc - dZ)^2 )^(7/2);

% 单位换算成 mGal

g = g * scale;

g_dx = g_dx * scale;

g_dz = g_dz * scale;

g_dz2 = g_dz2 * scale;

lab2.m 实验二主函数

clear, clc, close all;

%% 观测面参数

% X-axis

xmin = 0;

xmax = 50 * 1e3;

dx = 500;

nx = (xmax - xmin) / dx;

x = linspace(xmin, xmax, nx);

```

`% Y-axis`

`ymin = 0;`

`ymax = 50 * 1e3;`

`dy = 500;`

`ny = (ymax - ymin) / dy;`

`y = linspace(ymin, ymax, ny);`

`% Z-axis`

`z = 0;`

`%% 场源参数`

`xc = 25 * 1e3;`

`yc = 25 * 1e3;`

`zc = 15 * 1e3;`

`r = 6 * 1e3;`

`%% 磁场参数`

`k = 0.001; % 磁化率(SI 单位)`

`A = 0; % X 轴正方向的方位角`

`Mr = 0.0;`

`Dr = 0.0;`

`Ir = 0.0;`

`B0 = 65 * 1e3; % 背景场大小 (单位: nT)`

`D = 0; % 背景场地磁偏角`

`%% 计算标量总场磁异常`

`DB1 = zeros(length(x), length(y));`

`DB2 = zeros(length(x), length(y));`

```
% 剖面
DB_p1 = zeros(1, length(x));
DB_p2 = zeros(1, length(x));
DB_sum_p1 = zeros(7, length(x));
DB_sum_p2 = zeros(7, length(x));

for I = 0: 15: 90

    DB1 = zeros(length(x), length(y));
    DB2 = zeros(length(x), length(y));
    DB_p1 = zeros(1, length(x));
    DB_p2 = zeros(1, length(x));

    for i = 1: length(x)

        [DB_p1(i), DB_p2(i)] = Shpere_Magnetic_DeltaB(x(i), yc, z, ... % 观测点坐标 x(i), y(j),
z
xc, yc, zc, ... % 场源
坐标 xc, yc, zc
r, k, A, ... % 球体
半径 r, 磁化率 k, X 轴方向方位角
Mr, Dr, Ir, ... % 剩余
磁化强度大小 Mr(A/m), 偏角(°), 倾角(°)
B0, D, I); % 背
景场大小 T, 地磁偏角 D, 地磁倾角 I

        DB_sum_p1((I/15)+1, i) = DB_p1(i);
        DB_sum_p2((I/15)+1, i) = DB_p2(i);

        for j = 1: length(y)

            [DB1(i, j), DB2(i, j)] = Shpere_Magnetic_DeltaB(x(i), y(j), z, ... % 观测点坐标 x(i),
y(j), z
xc, yc, zc, ... % 场源
坐标 xc, yc, zc
```

	<code>r, k, A, ...</code>	% 球体
半径 <code>r</code> , 磁化率 <code>k</code> , X 轴方向方位角		
	<code>Mr, Dr, Ir, ...</code>	% 剩余
磁化强度大小 <code>Mr</code> (A/m), 偏角($^{\circ}$), 倾角($^{\circ}$)		
	<code>B0, D, I;</code>	% 背
景场大小 <code>T</code> , 地磁偏角 <code>D</code> , 地磁倾角 <code>I</code>		
<code>end</code>		
<code>end</code>		
<code>figure;</code>		
<code>sgtitle(sprintf("倾角为%d°时的磁异常, 单位:nT", I));</code>		
<code>subplot(2, 2, 1);</code>		
<code>plot(x, DB_p1, '*r', 'LineWidth', 2.5);</code>		
<code>hold on;</code>		
<code>plot(x, DB_p2, 'b', 'LineWidth', 1.5);</code>		
<code>hold off;</code>		
<code>xlabel('X/m');</code>		
<code>ylabel('nT');</code>		
<code>legend('基于定义式', '基于物理意义');</code>		
<code>subplot(2, 2, 2);</code>		
<code>contourf(x, y, DB2, 20);</code>		
<code>title("磁异常沿背景场方向投影");</code>		
<code>xlabel('X/m');</code>		
<code>ylabel('Y/m');</code>		
<code>colormap('jet');</code>		
<code>colorbar;</code>		
<code>subplot(2, 2, 3);</code>		
<code>contourf(x, y, DB1, 20);</code>		
<code>title("总磁异常");</code>		

```
    xlabel('X/m');
    ylabel('Y/m');
    colormap('jet');
    colorbar;
    subplot(2, 2, 4);
    contourf(x, y, (DB1-DB2), 20);
    title("总磁异常与其背景场方向上投影之间的差异");
    xlabel('X/m');
    ylabel('Y/m');
    colormap('jet');
    colorbar;
end

figure;
for I = 0: 15: 90
    plot(x, DB_sum_p1((I/15)+1, :), 'LineWidth', 2);
    hold on;
end
title("沿剖面 Y=25km Z=0km 基于定义式的磁异常");
xlabel('X/m');
ylabel('磁异常的大小 nT');
legend('0°', '15°', '30°', '45°', '60°', '75°', '90°');
hold off;

figure;
for I = 0: 15: 90
    plot(x, DB_sum_p2((I/15)+1, :), 'LineWidth', 2);
    hold on;
end
title("沿剖面 Y=25km Z=0km 基于物理意义的磁异常");
```

```
xlabel('X/m');  
ylabel('磁异常的大小 nT');  
legend('0°', '15°', '30°', '45°', '60°', '75°', '90°');  
hold off;
```

Shpere_Magnetic_DeltaB.m 实验二计算磁异常函数

```
function [DB1, DB2] = Shpere_Magnetic_DeltaB(x, y, z, ... % 观测点坐标(单位:m)  
                                                xc, yc, zc, ...% 球心坐标(单位:m)  
                                                r, k, A, ... % 球心半径 r, 磁化率 k(SI)单  
位, X 轴正方向方位角 A  
                                                Mr, Dr, Ir, ...% 剩余磁化强度大小  
Mr(A/m), 偏角(°), 倾角(°)  
                                                B0, D, I) % 背景场大小 B0(nT), 地  
磁偏角 D(°), 地磁倾角 I(°)
```

```
MU = 4*pi*1e-7; % 真空磁导率  
NT2T = 1e-9; % 磁异常单位转换系数(nT->T)  
T2NT = 1e9; % (T->nT)  
% 单位转换  
A = deg2rad(A);  
Dr = deg2rad(Dr);  
Ir = deg2rad(Ir);  
B0 = B0 * NT2T;  
D = deg2rad(D);  
I = deg2rad(I);  
% 背景场的方向余弦  
Nx = cos(I) * cos(D - A);  
Ny = cos(I) * sin(D - A);  
Nz = sin(I);  
% 感应磁化强度大小
```

$$M_i = k * B_0 / \mu_0;$$

% 剩余磁化强度的方向余弦

$$N_{rx} = \cos(I_r) * \cos(D_r - A);$$

$$N_{ry} = \cos(I_r) * \sin(D_r - A);$$

$$N_{rz} = \sin(I_r);$$

% 总磁化强度各分量

$$M_x = M_i * N_x + M_r * N_{rx};$$

$$M_y = M_i * N_y + M_r * N_{ry};$$

$$M_z = M_i * N_z + M_r * N_{rz};$$

% 几何引力位二次偏导数

$$DX = x_c - x;$$

$$DY = y_c - y;$$

$$DZ = z_c - z;$$

$$V_{xx} = V_{aa}(DX, DY, DZ);$$

$$V_{yy} = V_{aa}(DY, DZ, DX);$$

$$V_{zz} = V_{aa}(DZ, DX, DY);$$

$$V_{xy} = V_{ab}(DX, DY, DZ);$$

$$V_{yz} = V_{ab}(DY, DZ, DX);$$

$$V_{zx} = V_{ab}(DZ, DX, DY);$$

% 计算磁异常各分量

$$C = \mu_0 * r^3 / 3;$$

$$B_{ax} = M_x * V_{xx} + M_y * V_{xy} + M_z * V_{zx};$$

$$B_{ay} = M_x * V_{xy} + M_y * V_{yy} + M_z * V_{yz};$$

$$B_{az} = M_x * V_{zx} + M_y * V_{yz} + M_z * V_{zz};$$

% 计算背景场各分量

$$B_{0x} = B_0 * N_x;$$

$$B_{0y} = B_0 * N_y;$$

$$B_{0z} = B_0 * N_z;$$

$$DB1 = T2NT * (\sqrt{(B_{0x} + B_{ax})^2 + (B_{0y} + B_{ay})^2 + (B_{0z} + B_{az})^2}) - B_0);$$

```
DB2 = T2NT * (Bax * Nx + Bay * Ny + Baz * Nz);
```

```
end
```

```
function res = Vaa(A, B, C)
```

```
res = (2 * A^2 - B^2 - C^2) / (A^2 + B^2 + C^2)^(5/2);
```

```
end
```

```
function res = Vab(A, B, C)
```

```
res = (3 * A * B) / (A^2 + B^2 + C^2)^(5/2);
```

```
end
```

学 生
实 验
心 得

学生 (签名):

年 月 日

指 导
教 师
评 语

成绩评定:

指导教师 (签名):

年 月 日