

《应用地磁学》实验报告

姓 名：10101213 班 第四组

学 号：10101213

指导教师：李淑玲

实验地点：教五楼 319

实验日期：2015 年 5 月

小组成员：

- 1) 1008121123 苏冠
- 2) 1010121301 高雅琪
- 3) 1010121306 吴静
- 4) 1010121318 于金朋
- 5) 1010121325 卢焰鑫
- 6) 1010121329 马雍
- 7) 1010121333 陆晨炜

实验三：磁异常处理与转换

一、 实验目的：

- 1、加深对磁性体磁异常在空间域处理转换原理与作用的认识
- 2、用 Matlab 语言编程实现球体或水平圆柱体磁异常(包括 Za、Ha、Δt)的向上延拓和分量转换，培养学生数据处理的实际动手能力。

二、 实验内容

利用两个大小与埋深不同的球体或水平圆柱体产生的磁异常(ΔT 、Za、Ha)，进行上延计算与分量转换计算，异常数据利用实验一中球体或水平圆柱体的正演程序计算而来。

三、 实验原理

在空间域内讨论磁异常的转换和处理的基础是磁异常的位函数，它具有调和函数的性质。因此可根据某观测面上的实测磁异常，换算成场源以外其他空间位置的磁异常，也可以将某种实测分量换算成其他的分量，增加解释信息。

1、向上延拓：换算平面位于实测平面之上。主要用途是削弱局部异常干扰，反映深部异常。设坐标原点位于计算点下方实测剖面上，延拓高度为一个点距h，则原点的向上延拓公式：

$$Za(0, -h) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{Za(nh, 0)}{\pi} \int_{(n-\frac{1}{2})h}^{(n+\frac{1}{2})h} \frac{h}{\xi^2 + h^2} d\xi = \sum_{n=-\infty}^{\infty} Za(nh, 0) \frac{1}{\pi} \arctan \frac{4}{4n^2 + 3}$$

$$Ha(0, -h) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{Ha(nh, 0)}{\pi} \int_{(n-\frac{1}{2})h}^{(n+\frac{1}{2})h} \frac{h}{\xi^2 + h^2} d\xi = \sum_{n=-\infty}^{\infty} Ha(nh, 0) \frac{1}{\pi} \arctan \frac{4}{4n^2 + 3}$$

$$\Delta T(0, -h) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{\Delta T(nh, 0)}{\pi} \int_{(n-\frac{1}{2})h}^{(n+\frac{1}{2})h} \frac{h}{\xi^2 + h^2} d\xi = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \Delta T(nh, 0) \frac{1}{\pi} \arctan \frac{4}{4n^2 + 3}$$

2、磁异常分量间的换算：原点处的磁异常的分量换算公式

$$Za \rightarrow Ha: H_a(0, 0) = \sum_{i=1}^N a_i [Z_a(\xi_i, 0) - Z_a(-\xi_i, 0)],$$

$$Ha \rightarrow Za: Z_a(0, 0) = - \sum_{i=1}^N a_i [H_a(\xi_i, 0) - H_a(-\xi_i, 0)],$$

$$\text{式中, } a_1 = \frac{1}{\pi} \left(1 + \frac{1}{2} \ln \frac{\xi_2}{\xi_1} \right), \quad a_i = \frac{2}{2\pi} \ln \frac{\xi_{i+1}}{\xi_i}, \quad a_N = \frac{1}{2\pi} \left(1 + \ln \frac{\xi_N}{\xi_{N-1}} \right).$$

四、 计算程序代码

1、上延计算：

% 两个水平圆柱体剖面 Za 异常向上延拓
 % 重点理解向上延拓的作用和计算误差来源。

```

clc;
clear;

% 测点分布范围
dx=5; % X 方向测点间距 m
nx=101; % X 方向测点数
xmin=-250; % X 方向起点 m
x=xmin:dx:(xmin+(nx-1)*dx); % X 方向范围 m

% 两个水平圆柱体参数
i=pi/2; % 有效磁化倾角 is
I=pi/3; % 地磁倾角
R1=10; % 水平圆柱体 1 半径 m
L1=30; % 水平圆柱体 1 走向长度 m
R2=30; % 水平圆柱体 2 半径 m
L2=30; % 水平圆柱体 2 走向长度 m
v1=pi*R1^2;
v2=pi*R2^2;
u=4*pi*10^(-7); % 磁导率
M=0.7; % 磁化强度 A/m
m1=M*v1; % 磁矩
m2=M*v2; % 磁矩
D1=20; % 水平圆柱体 1 埋深 m
D2=50; % 水平圆柱体 2 埋深 m

% 柱体 1 理论磁异常
Za1=(u*m1*((D1.^2-(x-50).^2)*sin(i)-2*D1*(x-50).*cos(i))./(2*pi*((x-50).^2+D1.^2).^2);
Ha1=-u*m1*((D1.^2-(x-50).^2)*cos(i)+2*D1*(x-50).*sin(i))./(2*pi*((x-50).^2+D1.^2).^2);
deltT1=u*m1*sin(I)*(D1.^2-(x-50).^2)*cos(2*i-pi/2)-2*D1*(x-50).*cos(2*i-pi/2)./(2*pi*((x-50).^2+D1.^2).^2*sin(i));
% 柱体 2 理论磁异常
Za2=(u*m2*((D2.^2-(x+50).^2)*sin(i)-2*D2*(x+50).*cos(i))./(2*pi*((x+50).^2+D2.^2).^2);
Ha2=-(u*m2*((D2.^2-(x+50).^2)*cos(i)+2*D2*(x+50).*sin(i))./(2*pi*((x+50).^2+D2.^2).^2);
deltT2=u*m2*sin(I)*(D2.^2-(x+50).^2)*cos(2*i-pi/2)-2*D2*(x+50).*cos(2*i-pi/2)./(2*pi*((x+50).^2+D2.^2).^2*sin(i));
% 两个水平圆柱体的理论磁异常

```

```

Za=Za1+Za2;
Ha=Ha1+Ha2;
deltT=deltT1+deltT2;
% h=1; % 延拓高度 5m
h=2; % 延拓高度 10m
n=10; % 级数, 即参与积分的区间段 (积分点数-1) /2

% Za Ha 向上延拓
Zau1=zeros(1,nx); % 上延后异常值, 先赋空值
Hau1=zeros(1,nx); % 上延后异常值, 先赋空值
Tu1=zeros(1,nx);
for i=(h*n+1):(nx-h*n)
    tmp_za=0;
    tmp_ha=0;
    tmp_t=0;
    for j=(i-h*n):h:(i+h*n)
        k=(j-i)/h;           % 参与积分的区间段 (积分点数-1) /2
        tmp_za=tmp_za+Za(j)*atan(4/(4*k*k+3))/pi;
        tmp_ha=tmp_ha+Ha(j)*atan(4/(4*k*k+3))/pi;
        tmp_t=tmp_t+deltT(j)*atan(4/(4*k*k+3))/pi;
    end
    Zau1(i)=tmp_za; % 上延后异常值
    Hau1(i)=tmp_ha;
    Tu1(i)=tmp_t;
end

figure(1),plot(x,Za,'b',x,Zau1,'r:'),xlabel('X (m)'),ylabel('Za 磁异常(nT)'),legend('原始异常','n=10 上延异常',n),title('向上延拓 Za 磁异常(10m)');
figure(2),plot(x,Ha,'b',x,Hau1,'r:'),xlabel('X (m)'),ylabel('Ha 磁异常(nT)'),legend('原始异常','n=10 上延异常',n),title('向上延拓 Ha 磁异常(10m)');
figure(3),plot(x,deltT,'b',x,Tu1,'r:'),xlabel('X (m)'),ylabel('Δ T 磁异常(nT)'),legend('原始异常','n=10 上延异常',n),title('向上延拓 Δ T 磁异常(10m)');

```

2、分量计算：

% 两个水平圆柱体剖面 Za 与 Ha 的互相转换

clc;

clear;

% 测点分布范围

dx=5; % X 方向测点间距 m

nx=101; % X 方向测点数

xmin=-250; % X 方向起点 m

x=xmin:dx:(xmin+(nx-1)*dx); % X 方向范围 m

% 两个水平圆柱体参数

i=pi/2; % 有效磁化倾角 is

R1=10; % 水平圆柱体 1 半径 m

L1=30; % 水平圆柱体 1 走向长度 m

R2=30; % 水平圆柱体 2 半径 m

L2=30; % 水平圆柱体 2 走向长度 m

v1=pi*R1^2;

v2=pi*R2^2;

u=4*pi*10^(-7); % 磁导率

M=0.7; % 磁化强度 A/m

m1=M*v1; % 磁矩

m2=M*v2; % 磁矩

D1=20; % 水平圆柱体 1 埋深 m

D2=50; % 水平圆柱体 2 埋深 m

% 柱体 1 理论磁异常

Za1=(u*m1*((D1.^2-(x-50).^2)*sin(i)-2*D1*(x-50).*cos(i))./(2*pi*((x-50).^2+D1.^2).^2);

Ha1=-u*m1*((D1.^2-(x-50).^2)*cos(i)+2*D1*(x-50).*sin(i))./(2*pi*((x-50).^2+D1.^2).^2);

% 柱体 2 理论磁异常

Za2=(u*m2*((D2.^2-(x+50).^2)*sin(i)-2*D2*(x+50).*cos(i))./(2*pi*((x+50).^2+D2.^2).^2);

Ha2=-(u*m2*((D2.^2-(x+50).^2)*cos(i)-2*D2*(x+50).*sin(i))./(2*pi*((x+50).^2+D2.^2).^2);

% 两个水平圆柱体的理论磁异常

Za=Za1+Za2;

Ha=Ha1+Ha2;

e=1:10;

a=[0.4286 0.1749 0.1103 0.0813 0.0645 0.0536 0.0458 0.04 0.0355 0.1759];

% Za 转换 Ha

% Ha 转换 Za

Ha_conversion=zeros(1,nx);

```
Za_conversion=zeros(1,nx);
for i=11:nx-10
    tmp_ha=0;
    tmp_za=0;
    if(i<=nx/2)
        for j=1:10
            tmp_ha=tmp_ha+a(j)*(Za(i-j)-Za(i+j));
            tmp_za=tmp_za+a(j)*(Ha(i-j)-Ha(i+j));
        end
    else
        for j=1:10
            tmp_ha=tmp_ha+a(j)*(Za(i+j)-Za(i-j));
            tmp_za=tmp_za+a(j)*(Ha(i+j)-Ha(i-j));
        end
    end
    Ha_conversion(i)=tmp_ha;
    Za_conversion(i)=-tmp_za;
end

figure(1),plot(x,Ha,'r',x,Ha_conversion,'b:'), xlabel('X (m)'), ylabel('磁异常(nT)'), legend('Ha 原始异常','Ha 转换异常'), title('分量转换异常 Za->Ha');
figure(2),plot(x,Za,'r',x,Za_conversion,'b:'), xlabel('X (m)'), ylabel('磁异常(nT)'), legend('Za 原始异常','Za 转换异常'), title('分量转换异常 Ha->Za');
```

五、 实验结果

水平圆柱体参数：

有效磁化倾角： $i_s = \pi/2$

磁化强度： $M = 0.7 \text{ A/m}$

水平圆柱体 1 半径： $R_1 = 10 \text{ m}$

水平圆柱体 2 半径： $R_2 = 30 \text{ m}$

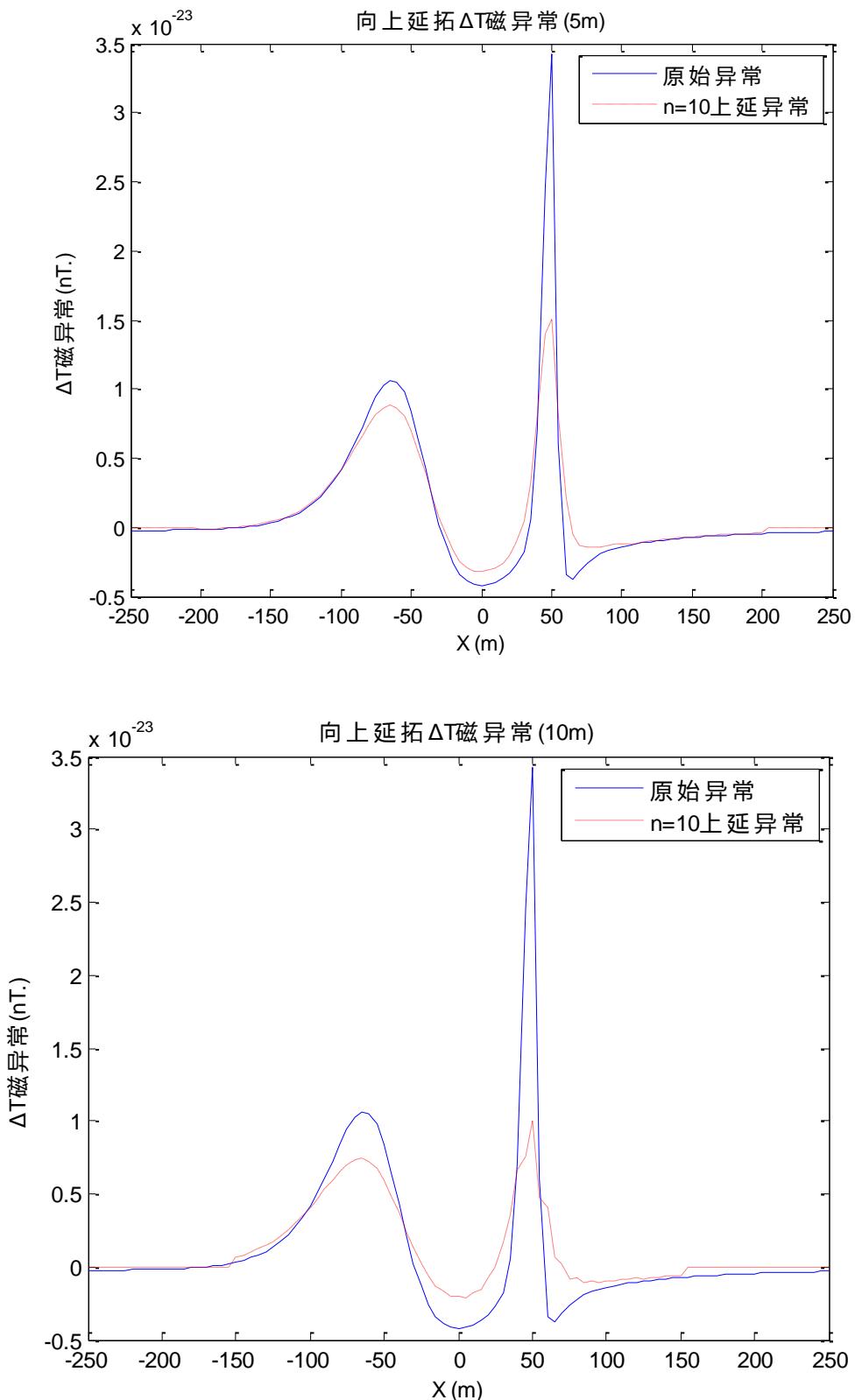
水平圆柱体 1 埋深： $D_1 = 20 \text{ m}$

水平圆柱体 2 埋深： $D_2 = 50 \text{ m}$

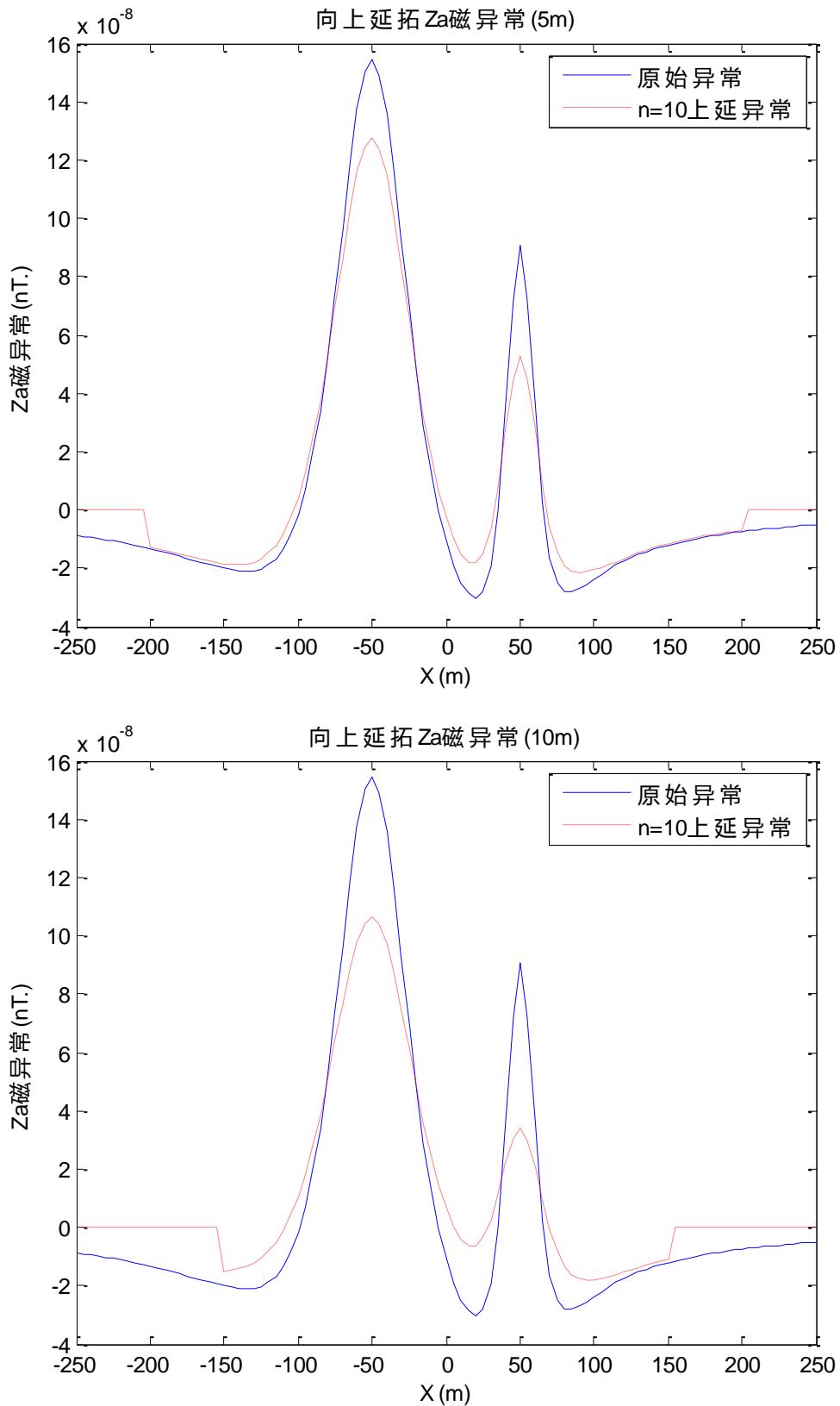
1. 上延计算

对 ΔT 、 Za 、 Ha 各分量向上延拓 5m、10m，对应结果图：

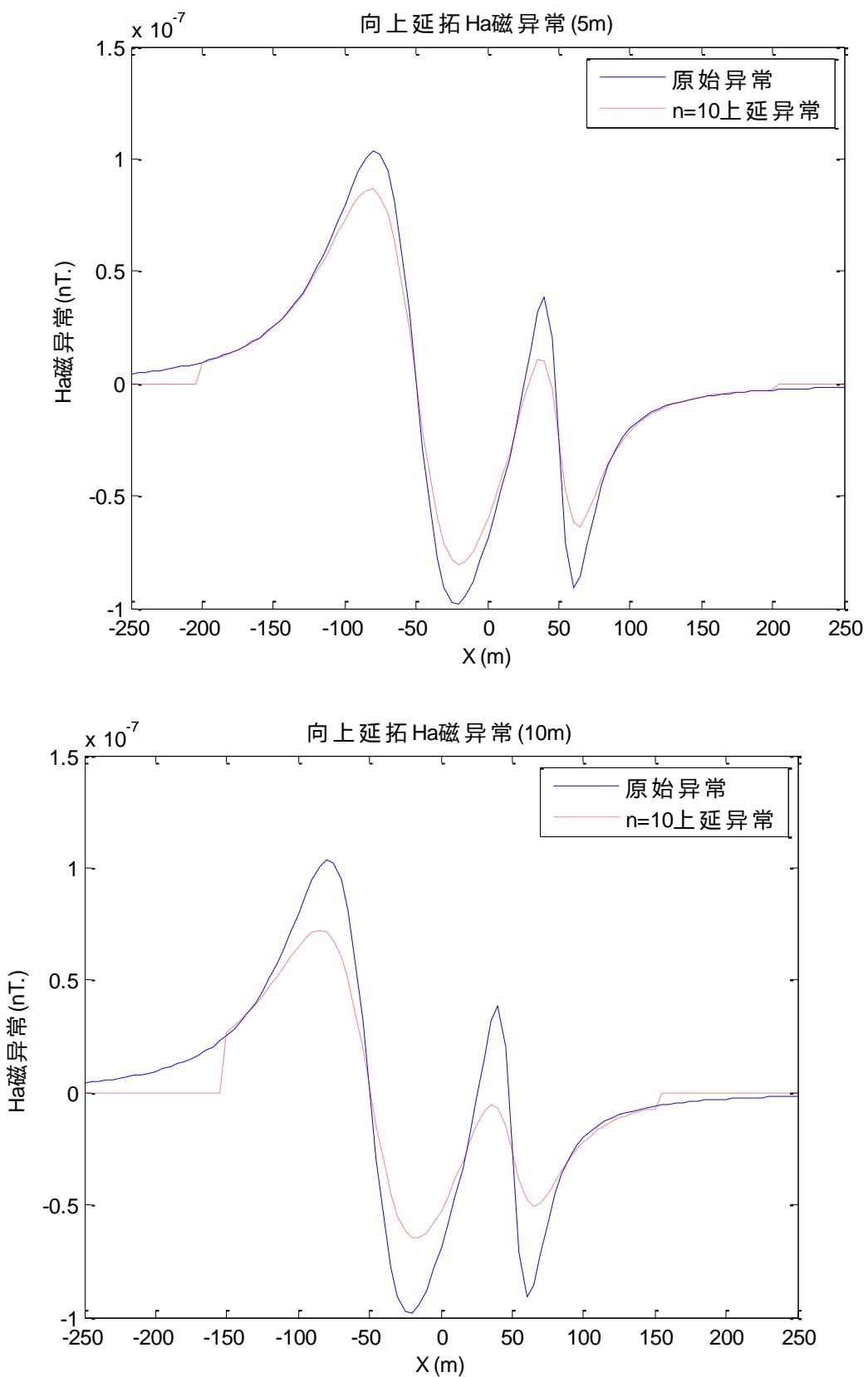
- 1) ΔT 分量向上延拓 5m 和 10m



2) Za 分量向上延拓 5m 和 10m



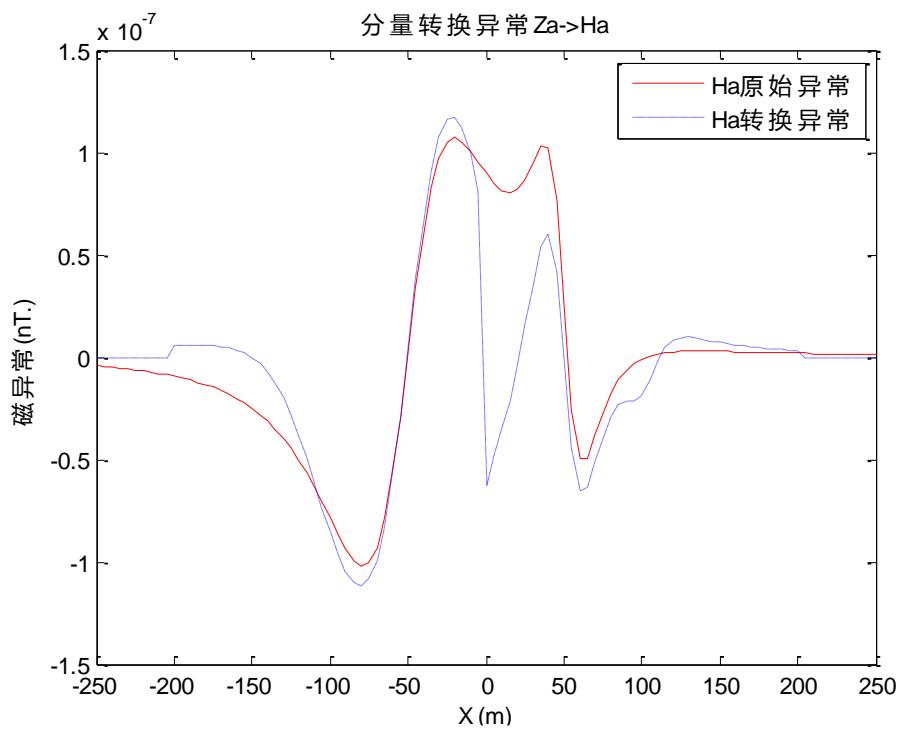
3) Ha 分量向上延拓 5m 和 10m



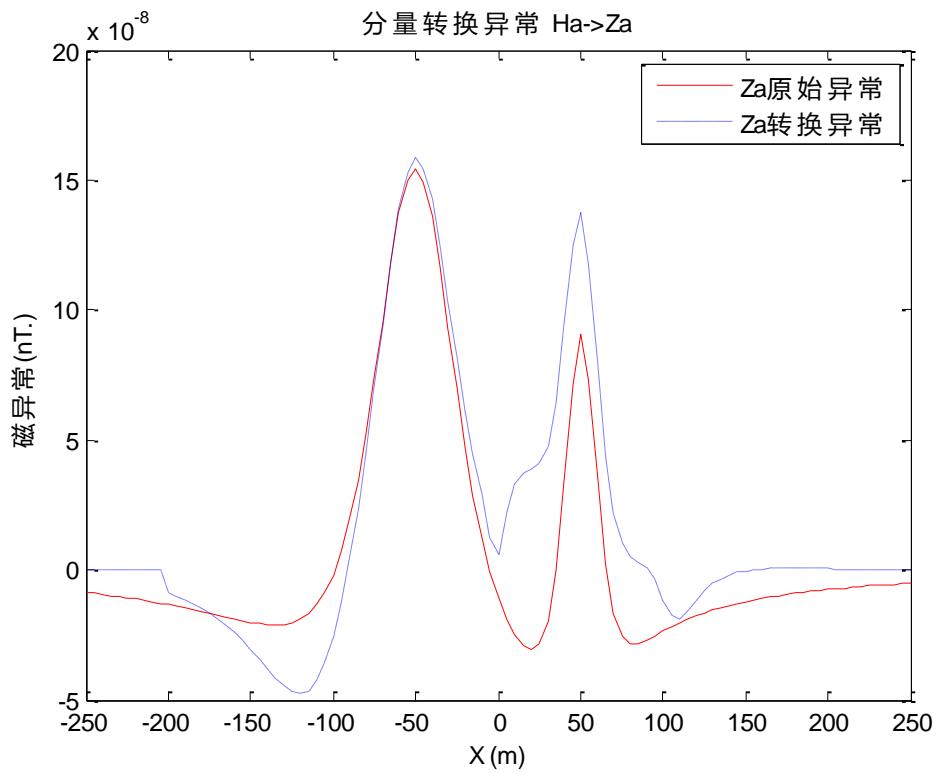
2. 分量计算

进行 $Za \rightarrow Ha$, $Ha \rightarrow Za$ 分量转换, 对应结果图:

1) 由 Za 转换 Ha



2) 由 Ha 转换 Za



六、 结果分析及实验小结

本例中有两个水平圆柱体，参数分别为：

柱体 1 半径： $R_1=10\text{m}$ ， 埋深： $D_1=20\text{m}$ 。

柱体 2 半径： $R_2=30\text{m}$ ， 埋深： $D_2=50\text{m}$ 。

1. 向上延拓

计算得原始异常各分量的图像如图实线所示。向上延拓 5 米和 10 米后得到的异常图像如图中虚线所示。

对比两结果可以看出，原始异常与上延后的异常分量图像均有两个异常峰值，极大值点对应两个水平圆柱体轴线在地面的投影。但是，向上延拓使异常变化更加平缓，深部和浅部的异常值均减小，但深部的大异常相对浅部的小异常增加，即上延可以突出深而大的区域异常。对比 5 米和 10 米的分量异常图像，可知上延距离越大，异常变化越平缓。

向上延拓的结果并不是完全准确的，主要的误差来源有两个。首先利用中值定理，将积分变为求和的过程，并不是精确的；其次，理论上应该是原平面上所有点都参与上延计算，而程序中只对称等距离的选取了有限个点参与求和计算。

2. 磁异常分量间的换算

异常的水平分量和垂直分量换算结果如分量换算异常图所示。直接计算得到的原始 H_a 、 Z_a 分量异常如图实线所示，由另外一个分量转换得到的 H_a 、 Z_a 分量如图虚线所示。

对比原始异常和转换异常可以看出，两异常总的变化趋势是相同的，说明异常的两分量在一定误差范围内是可以实现相互转换的。

但原始异常比转换异常平滑，转换异常比原始异常变化剧烈，可见分量转换也存在误差。误差来源主要是，不是所有原始观测面上的数据都参与了计算。注意，由于原始观测面上的数据是有限的，转换计算时，延拓结果边缘的点，不能满足两侧各有十个点参与计算，这会使计算结果的精度降低，另外编写程序时也要对此特别注意。

3. 提高精度的方法

可以通过如下方式提高精度：

- (1) 增大异常区域计算面积，在延拓和分量转换时有更多原始平面的测点参与计算；
- (2) 减小区间长度，这样也可以增加参与计算的测点，减小由于积分变求和带来的误差；
- (3) 改进计算方式，设计更好的方法和程序得到向上延拓和分量换算的结果。