重力与固体潮

实验一 重力异常正演

陈涛

GeoGoku

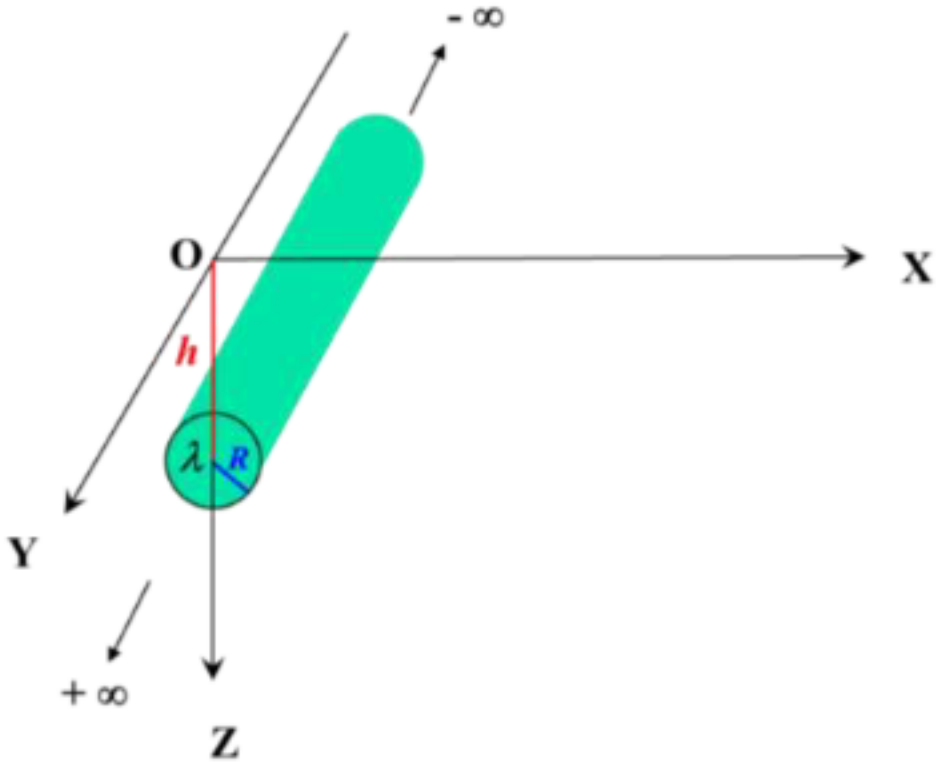
地球物理学院
中国石油大学（北京）

目 录

2.简单形体的正演

■ 密度均匀的水平圆柱体(水平物质线)

对于某些横截面近于圆形、沿水平方向延伸较长的地质体，如扁豆状矿体、两翼较陡的长轴背斜及向斜构造等，研究它们的异常时，在一定精度要求内，可以当成水平圆柱体的异常来对待。



- 水平方向长度 $2L$；沿 η 方向延伸；
- 半径 R，中轴线埋深 h；
- 剩余密度 σ；
- z坐标轴位于圆柱体中轴线中点；y轴平行于中轴线

2.简单形体的正演

GeoGoku

■ 密度均匀的水平圆柱体(水平物质线)

对于某些横截面近于圆形、沿水平方向延伸较长的地质体，如扁豆状矿体、两翼较陡的长轴背斜及向斜构造等，研究它们的异常时，在一定精度要求内，可以当成水平圆柱体的异常来对待。

$$\Delta g = V_z = G\iiint_V \frac{\sigma(\zeta - z)d\xi d\eta d\zeta}{[(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + (\zeta - z)^2]^{3/2}}$$

$$\lambda = \frac{\sigma\int d\xi \int d\eta \int d\zeta}{\int d\eta} = \sigma\int d\xi \int d\zeta = \sigma \bullet S \quad \rightarrow \quad \underline{\lambda = \sigma \bullet \pi R^2}$$

面密度

2.简单形体的正演

GeoGoku

■ 密度均匀的水平圆柱体(水平物质线)

对于某些横截面近于圆形、沿水平方向延伸较长的地质体，如扁豆状矿体、两翼较陡的长轴背斜及向斜构造等，研究它们的异常时，在一定精度要求内，可以当成水平圆柱体的异常来对待。

$$\Delta g = V_z = G\iiint_V \frac{\sigma(\zeta - z)d\xi d\eta d\zeta}{[(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + (\zeta - z)^2]^{3/2}}$$

在 xoy平面上

$$\boxed{\Delta g = \frac{2G\lambda D}{x^2 + y^2 + D^2}}$$

2.简单形体的正演

GeoGoku

■ 密度均匀的水平圆柱体(水平物质线)

对于某些横截面近于圆形、沿水平方向延伸较长的地质体，如扁豆状矿体、两翼较陡的长轴背斜及向斜构造等，研究它们的异常时，在一定精度要求内，可以当成水平圆柱体的异常来对待。

$$\Delta g = V_z = G\iiint\limits_V \frac{\sigma(\zeta - z)d\xi d\eta d\zeta}{[(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + (\zeta - z)^2]^{3/2}}$$

在 xoy平面上

$$\boxed{\Delta g = \frac{2G\lambda D}{x^2 + y^2 + D^2}}$$

在 $y=0$ 的剖面上

$$\boxed{\Delta g = \frac{2G\lambda D}{x^2 + D^2}}$$

2.简单形体的正演

■ 密度均匀的水平圆柱体(水平物质线)

对于某些横截面近于圆形、沿水平方向延伸较长的地质体，如扁豆状矿体、两翼较陡的长轴背斜及向斜构造等，研究它们的异常时，在一定精度要求内，可以当成水平圆柱体的异常来对待。

在 $y=0$ 的剖面上

$$\boxed{\Delta g = \frac{2G\lambda D}{x^2 + D^2}}$$

分析△g的特征?

2.简单形体的正演

GeoGoku

■ 密度均匀的水平圆柱体(水平物质线)

对于某些横截面近于圆形、沿水平方向延伸较长的地质体，如扁豆状矿体、两翼较陡的长轴背斜及向斜构造等，研究它们的异常时，在一定精度要求内，可以当成水平圆柱体的异常来对待。

在 $y=0$ 的剖面上

$$\boxed{\Delta g=\frac{2G\lambda D}{x^2+D^2}}$$

- ✓ 当x=0时，Δg有极大值为

$$\Delta g_{\max}=\frac{2G\lambda}{D}$$

- ✓ 当$x\to\pm\infty$时，$\Delta g\to 0$。

2.简单形体的正演

■ 密度均匀的水平圆柱体(水平物质线)

对于某些横截面近于圆形、沿水平方向延伸较长的地质体，如扁豆状矿体、两翼较陡的长轴背斜及向斜构造等，研究它们的异常时，在一定精度要求内，可以当成水平圆柱体的异常来对待。

在 $y=0$ 的剖面上

$$\boxed{\Delta g=\frac{2G\lambda D}{x^2+D^2}}$$

- 令半极大值点横坐标为$x_{1/2}$，则由

$$\frac{2G\lambda}{2D}=\frac{2G\lambda D}{x_{1/2}^2+D^2}$$

可解得 $x_{1/2}=\pm D$

- λ不变，D $\nearrow$ m倍，极大值$\searrow$ $1/m$，$x_{1/2}\nearrow m$倍，
- 与球体异常相比，它随D的加大衰减要慢些。

2.简单形体的正演

■ 密度均匀的水平圆柱体(水平物质线)

对于某些横截面近于圆形、沿水平方向延伸较长的地质体，如扁豆状矿体、两翼较陡的长轴背斜及向斜构造等，研究它们的异常时，在一定精度要求内，可以当成水平圆柱体的异常来对待。

$$\boxed{\Delta g=\frac{2G\lambda D}{x^2+y^2+D^2}}$$

$$\boxed{\Delta g=\frac{2G\lambda D}{x^2+D^2}}$$

$$\boxed{V_{xz}=\frac{4G\lambda Dx}{(x^2+D^2)^2}}$$

$$\boxed{V_{zzz}=4G\lambda D\frac{D^2-3x^2}{(x^2+D^2)^3}}$$

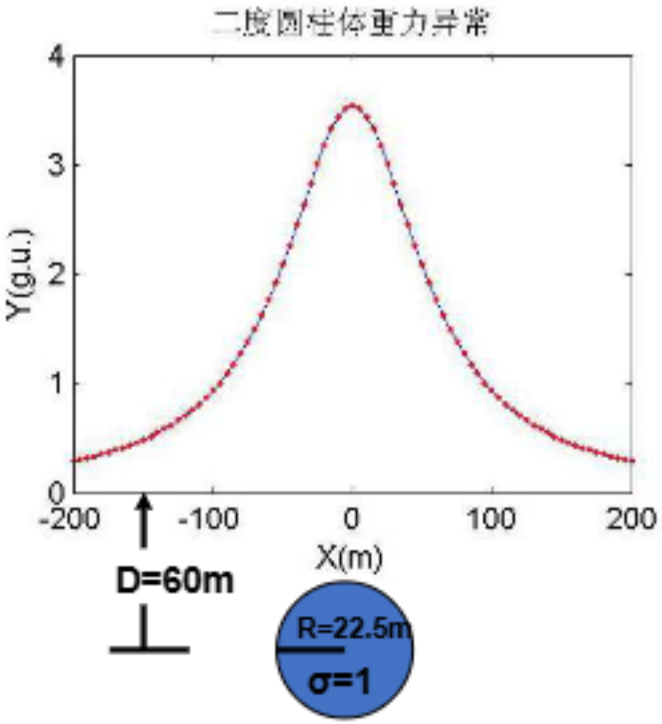
$$V_{zz}=2G\lambda\frac{x^2-D^2}{\left(D^2+x^2\right)^2}$$

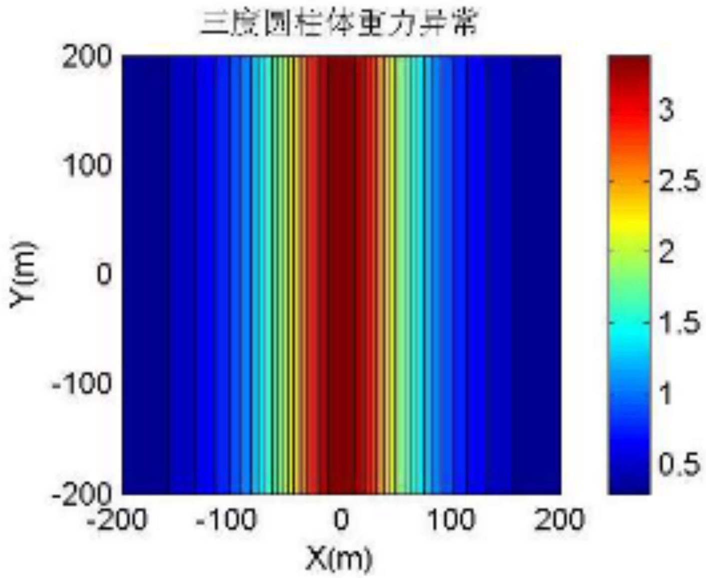
2.简单形体的正演

GeoGoku

■ 密度均匀的水平圆柱体(水平物质线)

对于某些横截面近于圆形、沿水平方向延伸较长的地质体，如扁豆状矿体、两翼较陡的长轴背斜及向斜构造等，研究它们的异常时，在一定精度要求内，可以当成水平圆柱体的异常来对待。





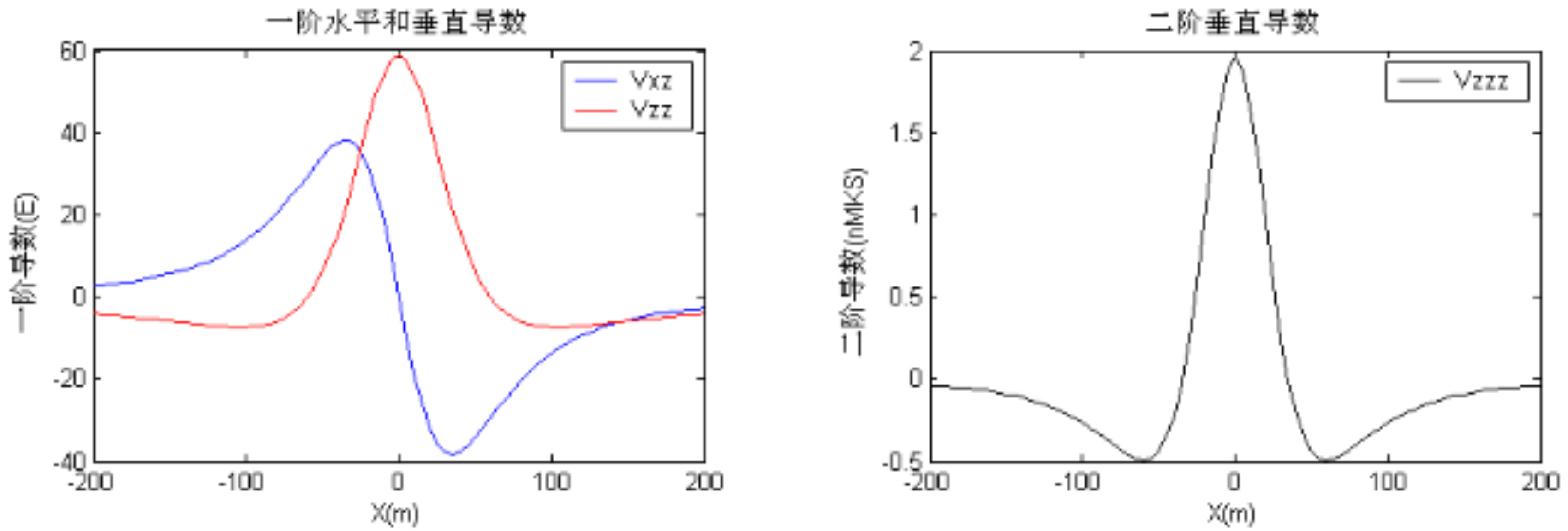
平面等值线为一簇平行不等间距的直线，并以柱体中轴线在地面的投影线为对称轴对称分布。

2.简单形体的正演

GeoGoku

■ 密度均匀的水平圆柱体(水平物质线)

对于某些横截面近于圆形、沿水平方向延伸较长的地质体，如扁豆状矿体、两翼较陡的长轴背斜及向斜构造等，研究它们的异常时，在一定精度要求内，可以当成水平圆柱体的异常来对待。



2.简单形体的正演

GeoGoku

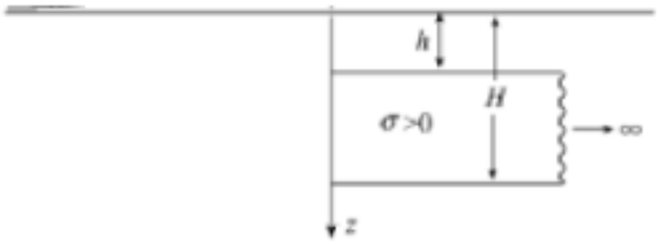
■ 铅垂台阶

一些界线清楚的接触带以及高角度的断裂构造，可以用铅垂台阶模型研究其异常的基本特征。

2.简单形体的正演

■ 铅垂台阶

一些界线清楚的接触带以及高角度的断裂构造，可以用铅垂台阶模型研究其异常的基本特征。



$$\Delta g = 2G\sigma \iint_S \frac{(\zeta - z)}{(\xi - x)^2 + (\zeta - z)^2} d\xi d\zeta$$

$$\Delta g = 2G\sigma \int_0^{\infty} d\xi \int_h^H \frac{\zeta d\zeta}{(\xi - x)^2 + \zeta^2}$$

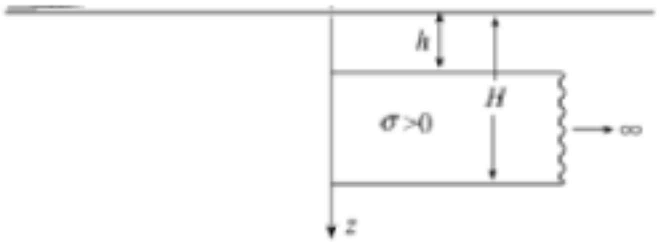
$$= G\sigma \left[\pi(H-h) + x \ln \frac{x^2 + H^2}{x^2 + h^2} + 2Htg^{-1}\frac{x}{H} - 2htg^{-1}\frac{x}{h} \right]$$

2.简单形体的正演

GeoGoku

■ 铅垂台阶

一些界线清楚的接触带以及高角度的断裂构造，可以用铅垂台阶模型研究其异常的基本特征。



$$\Delta g = G\sigma\left[\pi(H-h) + x\ln\frac{x^2+H^2}{x^2+h^2} + 2Htg^{-1}\frac{x}{H} - 2htg^{-1}\frac{x}{h}\right]$$

分析△g的特征?

2.简单形体的正演

GeoGoku

■ 铅垂台阶

一些界线清楚的接触带以及高角度的断裂构造，可以用铅垂台阶模型研究其异常的基本特征。

$$\Delta g = G\sigma\left[\pi(H-h)+x\ln\frac{x^2+H^2}{x^2+h^2}+2Htg^{-1}\frac{x}{H}-2htg^{-1}\frac{x}{h}\right]$$

- 当x=0时，$\Delta g(0) = \pi G\sigma(H\text{-}h)$;
- 当$x\to+\infty$时，由于对数项趋于零比x增长更快，故该项也是趋于零的，所以有

$$\Delta g_{\max} = 2\pi G\sigma(H\text{-}h);$$

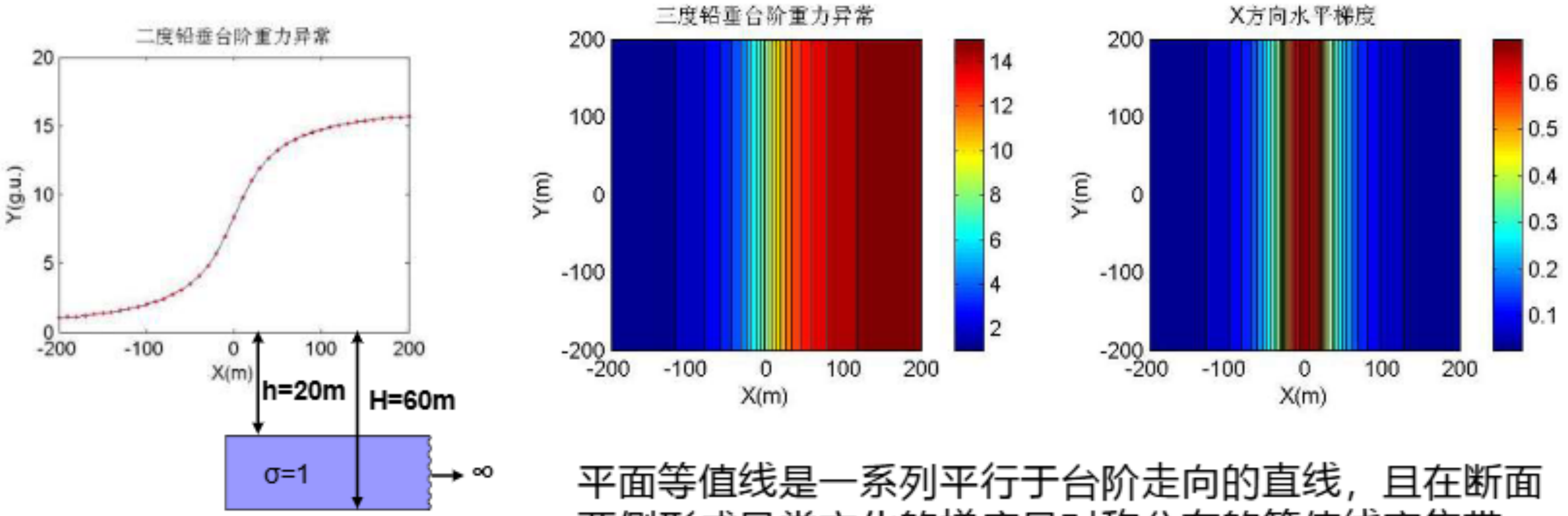
- 当$x\to-\infty$时，$\Delta g_{\min}$=0

2.简单形体的正演

GeoGoku

■ 铅垂台阶

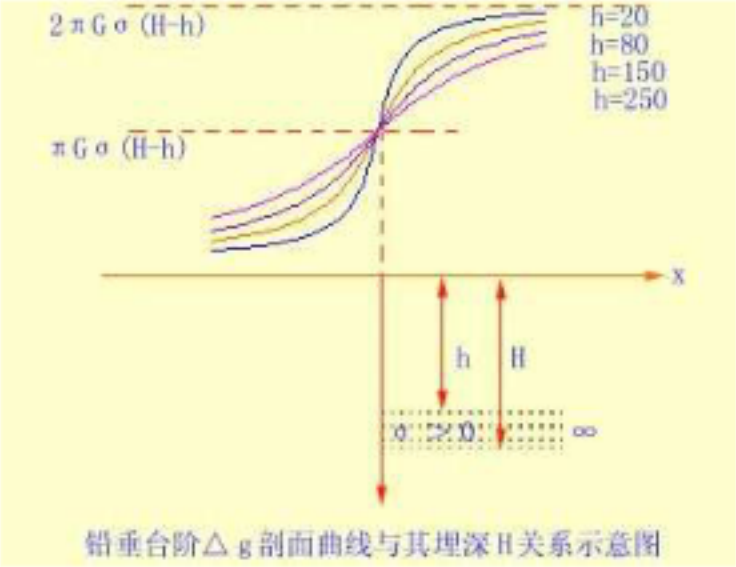
一些界线清楚的接触带以及高角度的断裂构造，可以用铅垂台阶模型研究其异常的基本特征。



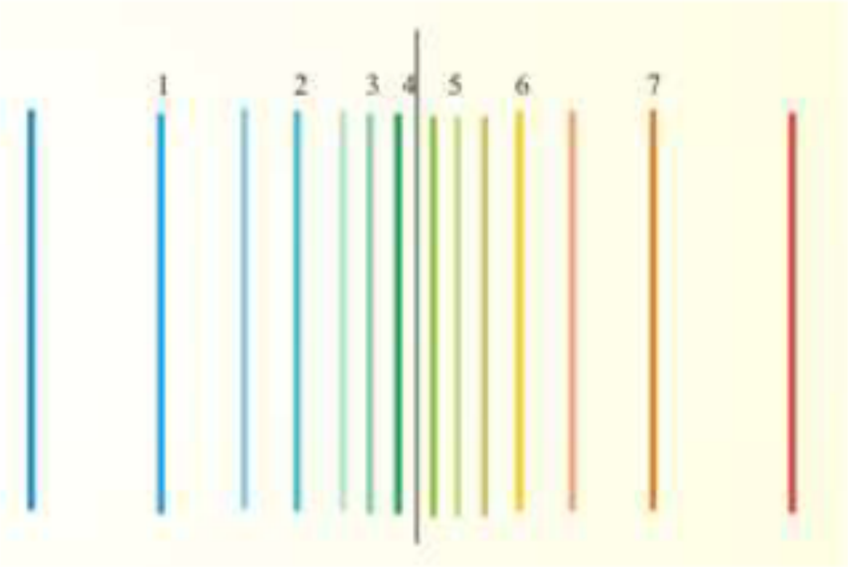
平面等值线是一系列平行于台阶走向的直线，且在断面两侧形成异常变化的梯度呈对称分布的等值线密集带，常称为重力梯级带，是识别断裂构造的重要标志。

2.简单形体的正演

■ 铅垂台阶



铅垂台阶△g剖面曲线与其埋深H关系示意图



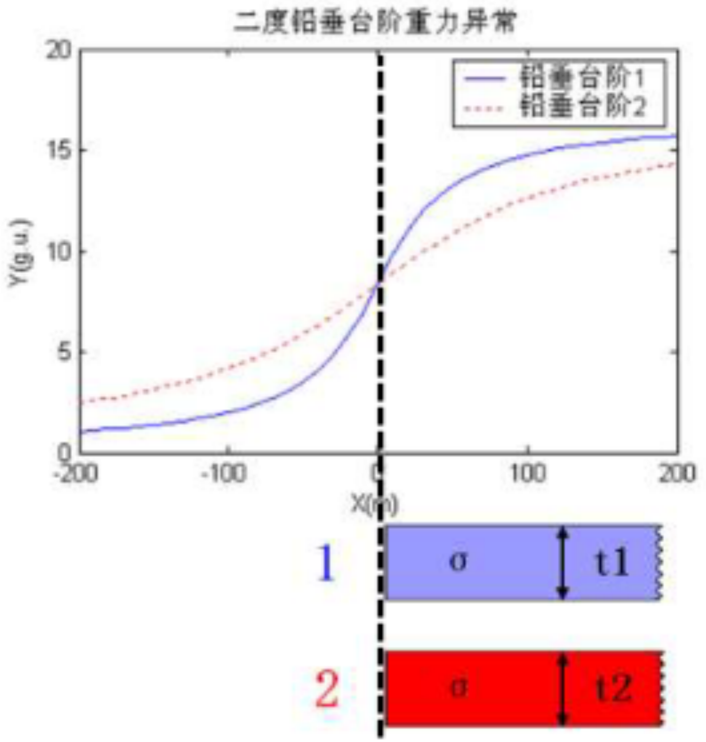
- ✓主剖面异常曲线单调变化，断层正上方梯度最大；平面异常等值线呈条带状分布，与断层线平行。
- ✓在前述三个特征点上，异常值与埋深无关；
- ✓异常形态与埋深有关，埋藏越浅，水平梯度越大。
- ✓等值线为一系列平行台阶走向的直线，在断面附近等值线最密，称为“重力梯级带”，且异常向台阶延伸方向单调增大。

2.简单形体的正演

GeoGoku

■ 铅垂台阶

一些界线清楚的接触带以及高角度的断裂构造，可以用铅垂台阶模型研究其异常的基本特征。



$$\Delta g(0) = \pi G\sigma(H\text{-}h)$$
$$\Delta g_{max} = 2\pi G\sigma(H\text{-}h)$$

- 只要$(H\text{-}h)$不变，不论台阶的上顶埋深如何，Δg_{min}、$\Delta g(0)$和Δg_{max}均不变，只是整条曲线随埋深的增大而变缓。

2.简单形体的正演

GeoGoku

■ 铅垂台阶

一些界线清楚的接触带以及高角度的断裂构造，可以用铅垂台阶模型研究其异常的基本特征。

$$\Delta g = G\sigma\left[\pi(H-h) + x\ln\frac{x^2+H^2}{x^2+h^2} + 2Htg^{-1}\frac{x}{H} - 2htg^{-1}\frac{x}{h}\right]$$

$$V_{xz} = G\sigma\ln\frac{H^2+x^2}{h^2+x^2}$$

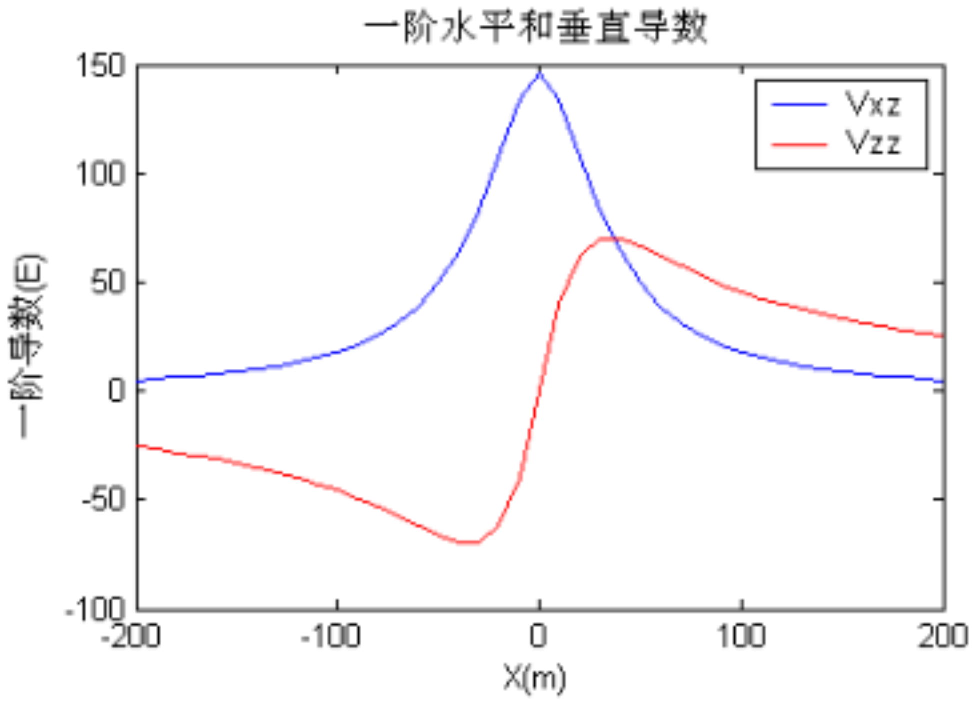
$$V_{zz} = 2G\sigma\left(tg^{-1}\frac{H}{x} - tg^{-1}\frac{h}{x}\right) = 2G\sigma tg^{-1}\frac{x(H-h)}{x^2+Hh}$$

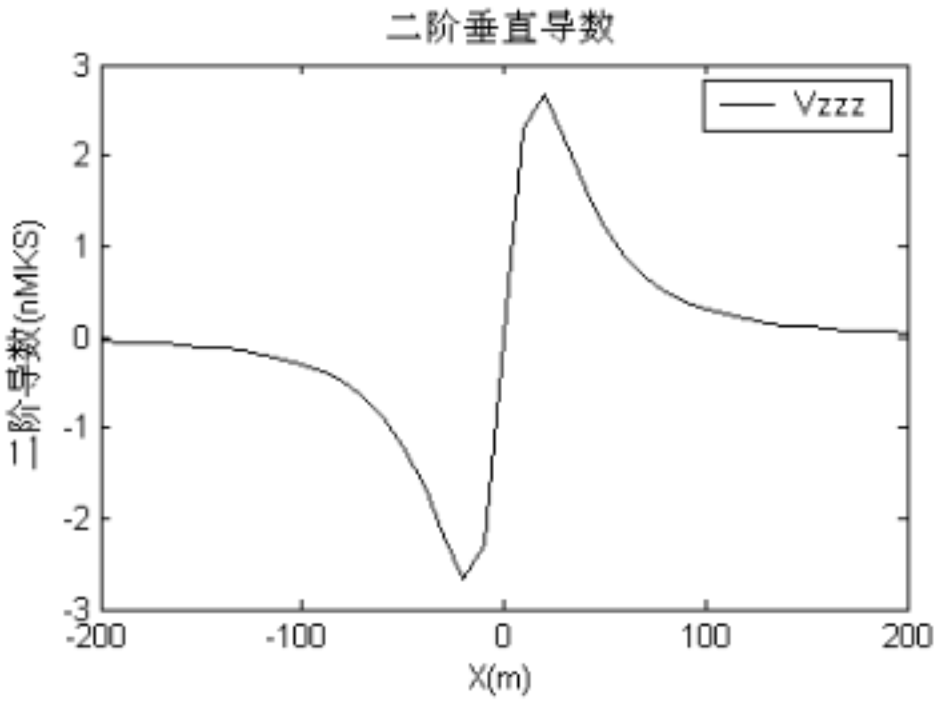
$$V_{zzz} = 2G\sigma x\left(\frac{1}{h^2+x^2} - \frac{1}{H^2+x^2}\right) = 2G\sigma\frac{x(H^2-h^2)}{(h^2+x^2)(H^2+x^2)}$$

2.简单形体的正演

■ 铅垂台阶

一些界线清楚的接触带以及高角度的断裂构造，可以用铅垂台阶模型研究其异常的基本特征。

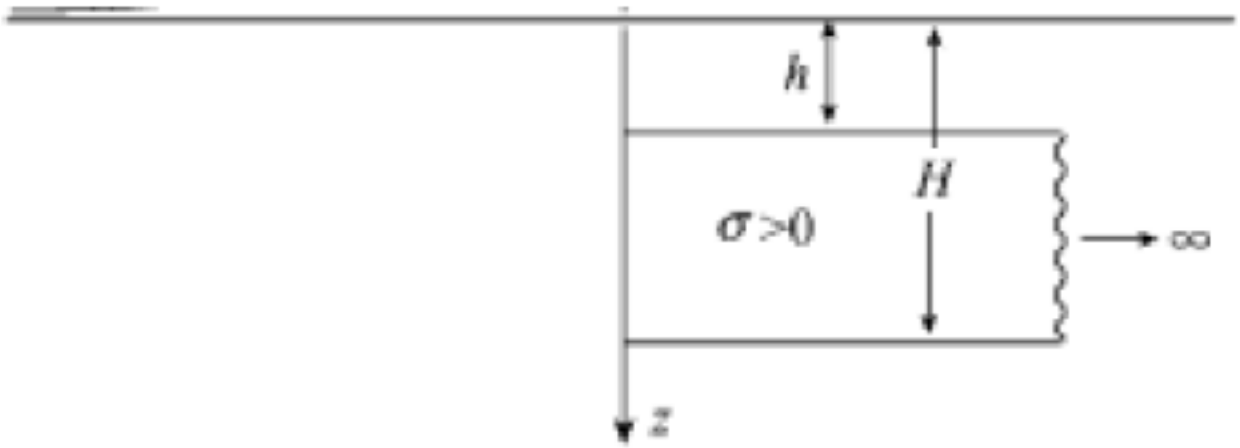




2.简单形体的正演

- 二度长方体

$$\Delta g = G\sigma\left[\pi(H-h)+x\ln\frac{x^2+H^2}{x^2+h^2}+2Htg^{-1}\frac{x}{H}-2htg^{-1}\frac{x}{h}\right]$$



2.简单形体的正演

■ 二度长方体

$$\Delta g = G\sigma\Big[(x+a)\ln\frac{(x+a)^2+H^2}{(x+a)^2+h^2}-(x-a)\ln\frac{(x-a)^2+H^2}{(x-a)^2+h^2}$$

$$+2H(tg^{-1}\frac{x+a}{H}-tg^{-1}\frac{x-a}{H})-2h(tg^{-1}\frac{x+a}{h}-tg^{-1}\frac{x-a}{h})$$

$$V_{xz}=G\sigma\ln\frac{[(x+a)^2+H^2][(x-a)^2+h^2]}{[(x+a)^2+h^2][(x-a)^2+H^2]}$$

$$V_{zz}=2G\sigma(tg^{-1}\frac{H}{x+a}-tg^{-1}\frac{h}{x+a}-tg^{-1}\frac{H}{x-a}+tg^{-1}\frac{h}{x-a})$$

$$V_{zzz}=2G\sigma\left[\frac{x+a}{(x+a)^2+h^2}-\frac{x+a}{(x+a)^2+H^2}-\frac{x-a}{(x-a)^2+h^2}+\frac{x-a}{(x-a)^2+H^2}\right]$$

目 录

2.简单形体的正演

- 无限长水平圆柱体和二度长方体的等效性