

层状介质中断层位错引起的重力异常 及其数值模拟

阮爱国 周民都

(国家地震局兰州地震研究所)

钱家栋

(国家地震局分析预报中心)

任沙甫

(新疆维吾尔自治区地震局)

摘要 修正了文献[1]给出的两个公式和计算机程序中的个别错误,并根据文献[1]利用层状介质中的位错理论及其与相应重力变化的关系^[2,3],通过数值模拟方法研究了矩形位错面在不同尺度、倾向、埋深和位错的情况下有不同取向、量值的重力异常变化。此外,还对唐山地震、共和地震的重力资料作了几个测点的计算以探索地震物理前兆场空间和强度分布的复杂性。结果表明,断层错动引起的重力变化在空间、强度上的分布是十分复杂的。它是位错地表形变和地下层界面形变效应共同作用的产物,既可以是正异常,也可以是负异常。位错源的几何条件、埋深条件、位错方向和量值等对重力的空间、强度分布和范围有较强的影响。这就说明对于地震与重力异常的关系不能一概而论,要考虑一次地震特定条件的影响。本研究也为我们理解其它地震前兆物理场的复杂性提供了有益的启示。

关键词: 重力异常 数值模拟 断层位移 地震前兆 层状介质

1 引言

地震的前兆信息是进行短临地震预报的基础,因此进行地震前兆物理场的模式研究是十分重要的。为了配合这项工作本文拟对与地震断层错动有关的重力异常进行数值模拟。为此利用文献[1]提供的层状介质位错理论与重力异常的研究成果,通过计算分析不同条件下位错引起的重力异常及其空间、强度分布来研究此种重力异常的复杂性,为地震前兆物理模式的建立提供理论上的依据和启示。

2 基本公式

2.1 齐次拉梅方程的通解

本文采用柱坐标系将介质进行分层(图1)。

利用柱谐向量函数系求解 t 层的静力平衡方程得位移通解为^[1]:

$$\begin{cases} \vec{U}_{tm} = x_{tm}P_m + y_{tm}B_m + z_{tm}C_m \\ \vec{U}_t = \sum_{m=0}^{\infty} \int_0^{\infty} k \vec{U}_{tm} dk \end{cases} \quad (1)$$

其中: $x_{tm} = -e^{-kz} a_{tm}^- + e^{kz} a_{tm}^+ - (1 + 2\hat{\alpha}kz)e^{-kz} b_{tm}^- + (1 - 2\hat{\alpha}kz)e^{kz} b_{tm}^+$

$y_{tm} = e^{-kz} a_{tm}^- + e^{kz} a_{tm}^+ - (1 - 2\hat{\alpha}kz)e^{-kz} b_{tm}^- - (1 + 2\hat{\alpha}kz)e^{kz} b_{tm}^+$

$z_{tm} = e^{-kz} c_{tm}^- + e^{kz} c_{tm}^+$

$P_m = J_m(kr)e^{in\theta} \vec{e}_z$

$B_m = [\vec{e}_r \frac{\partial}{\partial(kr)} + \vec{e}_\theta \frac{\partial}{\partial\theta}] J_m(kr)e^{in\theta}$

$C_m = [\vec{e}_r \frac{1}{kr} \frac{\partial}{\partial\theta} - \vec{e}_\theta \frac{\partial}{\partial(kr)}] J_m(kr)e^{in\theta}$

$r = \sqrt{(x - \zeta)^2 + (y - \eta)^2 + \zeta^2}$

J_m 为 m 阶贝塞尔函数; (x, y) 为观察点坐标; (ζ, η, ξ) 为源点坐标; $a_{tm}^\pm, b_{tm}^\pm, c_{tm}^\pm$ 为与边界条件有关的常数;

$\hat{\alpha} = \frac{1}{3 - 4\nu_t}$; ν_t 为泊松比。

由此还可以得到垂直于水平层面的应力分量解:

$$\begin{cases} \vec{T}_{tm} = 2kX_{tm}P_m + 2kY_{tm}B_m + kZ_{tm}C_m \\ \vec{T}_t = \sum_{m=0}^{\infty} \int_0^{\infty} k \vec{T}_{tm} dk \end{cases} \quad (2)$$

其中:

$$2kX_{tm} = \frac{2\mu_t}{1 - 2\nu_t} [(1 - \nu_t) \frac{dx_{tm}}{dz} - \nu_t ky_{tm}];$$

$$2kY_{tm} = \mu_t [kx_{tm} + \frac{dy_{tm}}{dz}]; \quad kZ_{tm} = \mu_t \frac{dz_{tm}}{dz}$$

由 $\vec{U}_m = U_{m0}\vec{e}_r + U_{0m}\vec{e}_\theta + U_{zm}\vec{e}_z$ 及虎克定律, 可以得到位移、应力的形式解(略)。

2.2 传递矩阵

设边界系数矩阵和位移应力矩阵为:

$$\begin{aligned} [K_{tm}] &= [a_{tm}^-, a_{tm}^+, b_{tm}^-, b_{tm}^+, c_{tm}^-, c_{tm}^+]^T \\ [A_{tm}] &= [x_{tm}, y_{tm}, X_{tm}, Y_{tm}, z_{tm}, Z_{tm}]^T \end{aligned}$$

代入(1)、(2)式得:

$$[A_{tm}] = [T_t] [K_{tm}] \quad (3)$$

其中 $[T_t]$ 称为变换矩阵, 其表达式为:

$$[T_{tm}] = \begin{pmatrix} -F & E & -(1 + 2\hat{\alpha}\varphi)F & (1 - 2\hat{\alpha}\varphi)E & 0 & 0 \\ F & E & -(1 - 2\hat{\alpha}\varphi)F & (1 + 2\hat{\alpha}\varphi)E & 0 & 0 \\ \mu_t F & \mu_t E & \Phi(1 + 2\varphi)F & \Phi(1 - 2\varphi) & E & 0 \\ -\mu_t F & \mu_t E & \Phi(1 - 2\varphi)F & -\Phi(1 + 2\varphi)E & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & F & E \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\mu_t F & \mu_t E \end{pmatrix}$$

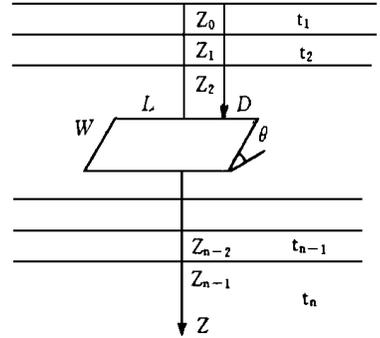


图 1 介质分层及位错模型

Fig. 1 Layered medium and dislocation model.

$$\varphi = kz, \Phi = \mu_t \hat{q}, E = e^\varphi, F = e^{-\varphi}$$

根据位移、垂直应力的连续条件得:

$$\begin{aligned} [A_{(t-1)m}(z_{t-1})] &= [T_t(z_{t-1})] [T_t(z_t)]^{-1} [A_{tm}(z_t)] \\ &= [a_t] [A_{tm}(z_t)] \end{aligned} \quad (4)$$

这样就将上下层的应力位移向量联系在一起了,其中 $[a_t]$ 就称为传递矩阵($[a_t]$ 的元素表达式略)。

有了传递矩阵,可以将底面解系数 $[A_{nm}(z_{n-1})]$ 传到最上层顶部 $[A_{1m}(z_0)]$ 。利用最下层为无限半空间 $a_{nm}^+ = b_{nm}^+ = c_{nm}^+ = 0$,地表条件是垂直应力为零,可得 $[k_{nm}]$ 。由此根据下式

$$[A_{1m}(z_0)] = [a_1] [a_2] \cdots [a_{n-1}] [T_{nm}(z_{n-1})] [k_{nm}] \quad (5)$$

可以求得 t 层任意点 S 的解系数 $[A_{tm}(z_s)]$ 。

2.3 位错源在地表引起的垂直位移解

设位错源 S 位于 t 层,该层的连续性被破坏,以源点为界将 S 层分为 t_1 、 t_2 两层,并设:

$$[A_{t1m}(z_s)] - [A_{t2m}(z_s)] = [D_m] \quad (6)$$

令:

$$\begin{aligned} [U] &= [a_1] [a_2] \cdots [a_{n-1}] \\ [V] &= [a_1] [a_2] \cdots [a_t] \end{aligned}$$

根据前面的传递关系可得:

$$[A_{1m}(z_0)] = [U] [A_{nm}(z_{n-1})] + [V] [D_m] \quad (7)$$

再令:

$$\begin{aligned} [E] &= [V] [D_m] \\ [F] &= [U] [T_{nm}(z_{n-1})] \end{aligned}$$

将边界条件代入可得地表垂直位移形式解:

$$U_z(0) \Big|_{ij} = \sum_{m=0}^{\infty} x_{1m}(0) \Big|_{ij} J_m(kr) e^{im\theta} \cdot k dk$$

其中

$$x_{1m}(0) = \frac{(F_{11}F_{43} - F_{13}F_{41})E_3 + (F_{13}F_{31} - F_{33}F_{11})E_4}{F_{33}F_{41} - F_{31}F_{43}} + E_1 \quad (8)$$

$[D_m]$ 的表达式见文献[1]。应指出的是(8)式为本文作者推导修正的结果,而文献[1]给出的结果有错误

2.4 地表垂直位移引起的重力变化

$$\Delta g_1 = 3.086 U_z(0) \quad (9)$$

U_z 的单位为 cm , Δg_1 的单位为 μgal 。

对于位错面有:

$$U_z(0) = \iint_{\Sigma} U_i U_z(0) \Big|_{ij} V_j d\Sigma \quad (10)$$

其中 U_i 为位错矢量分量; V_j 为法向矢量分量。

2.5 应力变化引起介质层界面变形导致的重力变化

根据文献[1]

$$\Delta g_2 = \frac{1}{M} \iint_{\Sigma} \left(\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial c_z} \right) U_i V_j d\Sigma = \iint_{\Sigma} S_{ij} U_i V_j d\Sigma \quad (11)$$

其中 M 为观测重锤质量, C_z 是参考质量的垂直小位移, σ_{ij} 是位错面上的应力, U_i 、 V_j 分别是位错矢量分量和法向矢量分量。

为了求得 $\left. \frac{1}{M} \frac{\partial \sigma}{\partial c_z} \right|_{c_z=0}$, 首先需求解非齐次拉梅方程, 它是齐次解与特解之和。齐次解

前面已经求得, 为了求特解, 将非齐次拉梅方程在柱谐向量函数系下展开得:

$$\begin{cases} \frac{d}{dz} \left(\frac{dx_{tm}^0}{dz} - ky_{tm}^0 \right) - \beta_t k \left(kx_{tm}^0 - \frac{dy_{tm}^0}{dz} \right) = -\alpha_t \rho f_P \\ k \left(\frac{dx_{tm}^0}{dz} - ky_{tm}^0 \right) - \beta_t \frac{d}{dz} \left(kx_{tm}^0 - \frac{dy_{tm}^0}{dz} \right) = -\alpha_t \rho f_B \\ \beta_t \left[\frac{d^2(z_{tm}^0)}{dz^2} - k^2 z_{tm}^0 \right] = -\alpha_t \rho f_C \end{cases} \quad (12)$$

其中:

$$\begin{cases} f_P = \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty r dr \int_0^{2\pi} d\theta (F_t \circ P_m^{**}) \\ f_B = \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty r dr \int_0^{2\pi} d\theta (F_t \circ B_m^{**}) \\ f_C = \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty r dr \int_0^{2\pi} d\theta (F_t \circ C_m^{**}) \\ F = \sum_{m=0}^\infty \int_0^\infty k dk [f_P P_m + f_B B_m + f_C C_m] \end{cases} \quad (13)$$

而

$$\alpha_t = \frac{\beta_t}{\mu_t}, \quad \beta_t = \frac{1 - 2\nu_t}{2(1 - \nu_t)}$$

* *表示共轭。这样位移解可表示为:

$$U_{tm}^0 = x_{tm}^0 P_m + y_{tm}^0 B_m + z_{tm}^0 C_m \quad (14)$$

设特解为:

$$U_{tm}^* = x_{tm}^* P_m + y_{tm}^* B_m + z_{tm}^* C_m \quad (15)$$

将其代入(12)得:

$$\begin{cases} x_{tm}^* = \alpha'_t \int_0^z \{ \beta'_t f_P(y) \circ \text{sh}[k(z-y)] - (z-y) f_P(y) \circ \text{ch}[k(z-y)] \\ \quad + (z-y) f_B(y) \circ \text{sh}[k(z-y)] \} dy \\ y_{tm}^* = \alpha'_t \int_0^z \{ \beta'_t f_B(y) \circ \text{sh}[k(z-y)] + (z-y) f_B(y) \circ \text{ch}[k(z-y)] \\ \quad - (z-y) f_P(y) \circ \text{sh}[k(z-y)] \} dy \\ z_{tm}^* = -\frac{\alpha_t \rho_t}{k \beta_t} \int_0^z f_C(y) \circ \text{sh}[k(z-y)] dy \end{cases} \quad (16)$$

其中:

$$\alpha'_t = \frac{\alpha_t \rho_t (1 - \beta_t)}{2\beta_t}, \quad \beta'_t = \frac{1 + \beta_t}{k(1 - \beta_t)}$$

根据位移分量与应力分量之间的关系, 可得特解应力分量

$$\begin{cases} X_{tm}^* = \frac{\mu_t}{1-2V_t} \left[\frac{1-V_t}{k} \frac{dx_{tm}^*}{dz} - V_t y_{tm}^* \right] \\ Y_{tm}^* = \frac{\mu_t}{2} \left[x_{tm}^* + \frac{1}{k} \frac{dy_{tm}^*}{dz} \right] \\ Z_{tm}^* = \frac{\mu_t}{k} \frac{dx_{tm}^*}{dz} \end{cases} \quad (17)$$

可以证明将

$$\begin{cases} f_P = GMke^{-kz} & (m=0) \\ f_B = -GMke^{-kz} & (m=0) \\ f_C = 0 \end{cases} \quad (18)$$

代入(18)、(19)式, 求得的 σ'_{ij} 就是 $S_{ij} = \frac{1}{M} \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial c_z} \Big|_{c_z=0}$ 的特解。

$x_{t0}^*, y_{t0}^*, z_{t0}^*, X_{t0}^*, Y_{t0}^*, Z_{t0}^*$ 在 $m=0$ 时的表达式如下:

$$\begin{cases} x_{t0}^*(z) = MG\alpha'_t e^{-kz} \left[\left(-\beta'_t - \frac{1}{k}\right) + e^{kz} \left(\frac{1}{2}\beta'_t - z + \frac{1}{k}\right) + \frac{1}{2}\beta'_t e^{-kz} \right] \\ y_{t0}^*(z) = -MG\alpha'_t e^{-kz} \left[\left(-\beta'_t + \frac{1}{k}\right) + e^{kz} \left(\frac{1}{2}\beta'_t + z - \frac{1}{k}\right) + \frac{1}{2}\beta'_t e^{-kz} \right] \\ z_{t0}^*(z) = 0 \\ X_{t0}^*(z) = \frac{GM\rho}{4(1-V_t)(1-2V_t)} \left[\left(\frac{V_t}{2}\beta'_t + V_t z - \frac{1}{k}\right) + \left(\beta'_t + \frac{1}{k} - 2V_t\beta'_t\right)e^{-kz} + \left(\frac{3V_t}{2}\beta'_t - \beta'_t\right)e^{-2kz} \right] \\ Y_{t0}^*(z) = \frac{GM\rho}{8(1-V_t)} \left[\left(\frac{\beta'}{2} - z\right) - 2\beta'_t e^{-kz} + \frac{3}{2}\beta'_t e^{-2kz} \right] \\ \bar{z}_{t0}^*(z) = 0 \end{cases} \quad (19)$$

需要指出的是(19)式为本文作者推导的结果, 与文献[1] 给出的结果不同。最终得全解

$$[A_{tm}^0] = \begin{bmatrix} x_{tm}^0 \\ y_{tm}^0 \\ X_{tm}^0 \\ Y_{tm}^0 \\ z_{tm}^0 \\ Z_{tm}^0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ 0 & 0 & y & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{t0}^* \\ y_{t0}^* \\ X_{t0}^* \\ Y_{t0}^* \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_m^- \\ a_m^+ \\ b_m^- \\ b_m^+ \\ c_m^- \\ c_m^+ \\ 1 \end{bmatrix} \quad (20)$$

由(19)、(20)式根据虎克定律就得 S_{ij} (表达式略)。再由(10)式计算出 Δg_2 。总的重力变化为:

$$\Delta g = \Delta g_1 + \Delta g_2$$

3 计算结果及讨论

本文计算位错的介质参数列于表 1。

表 1 介质参数

层位	厚度 (km)	杨氏模量 ($\times 10^{11} \text{ dyn/cm}^2$)	压缩模量 ($\times 10^{11} \text{ dyn/cm}^2$)	密度 (g/cm^3)
1	1.0	4.85	2.83	2.0
2	9.0	7.36	4.50	2.5
3	半无限	8.50	5.50	2.7

将位错量 U_L 、 U_W 、 U_D 、顶深 D 、倾角 θ 作为可变量, 设计不同模型进行计算, 共计 8 个变化型, 其参数列于表 2。全部计算在 VAX11/750 计算机上实现。值得一提的是文献[1] 作者的程序在个别循环变量中有错误, 在本文中得到了改正。

从第一组参数的计算结果(图 2)中可看出, 倾斜位错面引起的地表位移、总重力异常的对

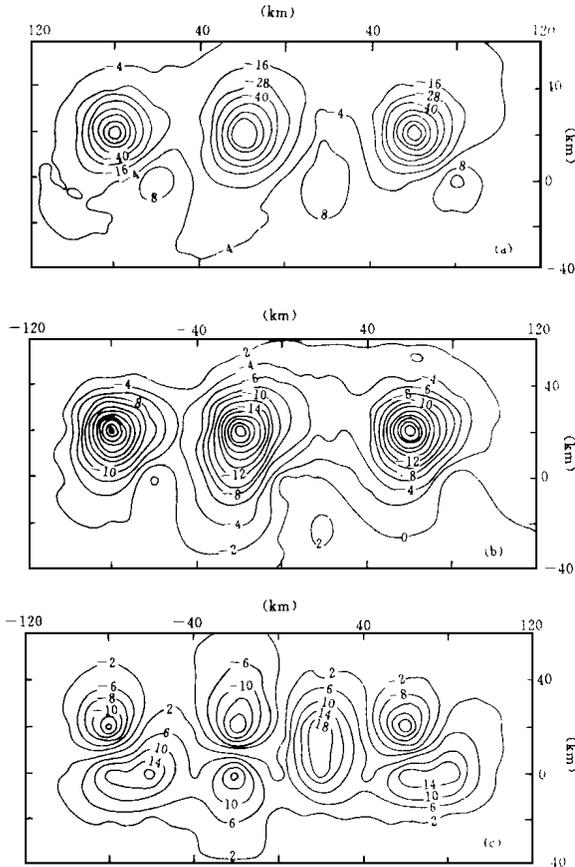


图 2 第一组模型参数计算结果的等值线图

Fig.2 Isograms simulated by using the first set of variables.

(a) 总重力(μgal); (b) 地表垂直位移(cm);

(c) 层界面变化引起的重力(μgal)

称性破坏, 尤其在倾斜面上部和背部的分布是完全不一样的。从总重力分布看, 既有正异常也有负异常。从第二组参数的重力计算结果(图 3)可以发现, 当位错面直立时, 引起的重力异常是对称的, 但是与坐标有一个偏角, 这是因为位错矢量是 U_L 和 U_D 的合成(对于位移、应力变化也是如此)。而从第 5 组参数的计算结果(图 4)中可以看到, 位错面虽然是倾斜的, 但因为只有一个方向的位错, 重力分布的图象是左右对称的。另外从第 6、7 两组参数计算的地表垂直位移结果(图 5)比较看, 其余条件不变, 位错方向不同, 引起的地表垂直位移在空间分布上是相反的(对于重力、应力变化也是如此)。由此我们可以得出这样一个结论, 即位错引起的重力异常的空间分布是十分复杂的, 既有正异常区, 也有负异常区, 具体分布取决于位错模式和几何分布。本文还对唐山地震的重力资料作过简单模拟, 结果表明, 该地震的断层由于尺度比较大, 位错量大, 埋深浅, 所以重力异常分布范围广且复杂, 例如在北京、天津出

现负异常,而在唐山附近为正异常。对共和地震的重力异常的计算结果表明,它的重力异常的分布范围小,在兰州台几乎无反映,这是因为该地震的断层规模较小,埋深大。这些模拟结果与实际情况是较吻合的(见表 3)。

表 2 模拟断层位错模型参数

模型号	$D(m)$	$U_L(m)$	$U_W(m)$	$U_D(m)$	θ	位错面尺寸
1	0.5	1	0	1	45°	
2	0.5	1	0	1	90°	
3	1.0	1	0	1	45°	
4	0.5	2	0	2	45°	长: $L = 140\text{km}$
5	0.5	1	0	0	45°	宽: $W = 20\text{km}$
6	0.5	0	0	1	90°	
7	0.5	0	0	-1	90°	
8	0.5	-1	0	0	45°	

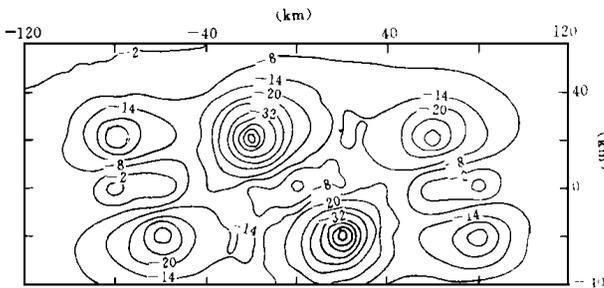


图 3 第 2 组模型参数的重力等值线图

Fig. 3 Gravity isogram simulated by using the second set of variables.

根据第 1、3 组参数的计算结果比较发现位错面的埋深对重力、位移、应力变化的空间形态无影响,但对重力异常的大小有很大影响。0.5km 的埋深引起的重力异常比 1km 埋深的要大 2~3 倍。其主要的贡献是由位移的改变引起的,而应力变化引起层界面改变所导致的重力变化基本不受埋深条件的影响。另外,从第 1、4 组参数的计算结果比较可以看到(图 6),位错量的变化会引起重力异常较大的变化。

本文还计算了不同弹性参数和密度条件下的重力变化,发现弹性参数对其影响很小,而密度(尤其是地表密度)对其影响较大,文献[1]已对此有较详

表 3 对唐山、共和地震几个观测点的重力异常模拟结果

地震	位 错 面 参 数						台 站	Δg (μgal)
	长 $L(\text{km})$	宽 $W(\text{km})$	顶面埋深 $D(\text{km})$	水平位错 $U_L(\text{m})$	水平位错 $U_W(\text{m})$	垂直位错 $U_D(\text{m})$		
唐山 ($M_S = 7.8$)	140	20	0.5	1.5	-1.0	2.0	北京	-5
							天津	-5.1
							滦县	12
共和 ($M_S = 7.0$)	30	14	3	0.05	0	0.247	兰州	0.03

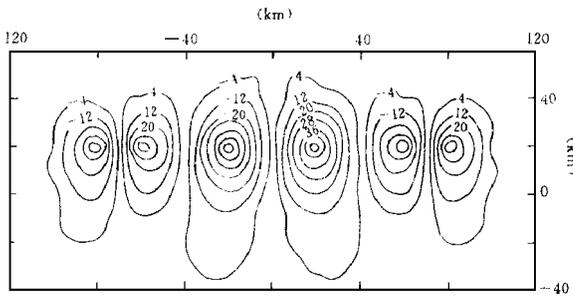


图 4 第 5 组模型参数的重力等值线图

Fig. 4 Gravity isogram simulated by using the fifth set of variables.

尽的论述, 本文不再赘述。由以上分析我们可以得出如下结论: 位错引起的重力异常的变化量值的大小取决于位错量、位错面的埋深尺度和介质条件。

根据对唐山重力异常的模拟和本文的几个简单模型的计算, 可以看出, 一次地震引起的重力异常分布是广泛的, 具体规模取决于断层尺度, 像唐山 7.8 级这样大的地震, 重力异常分布可达 300km 以上, 并且其分布是极其复杂的, 既有正异常, 也有负异常, 而

实际震源机制比本文的模型更复杂, 介质条件、地形因素也很复杂。

从理论上讲, 引起重力异常的位错由两部分组成: 地表位移和介质层界面改变。通过数值模拟我们发现, 当两者引起的重力异常极性相反时, 最终地表的重力异常极性取决于地表垂直位移的变化极性, 也就是说, 两者之中位移变化起主导作用。

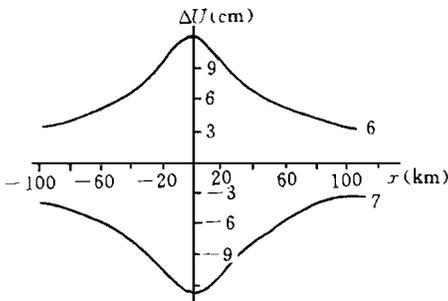


图 5 第 6、7 组模型参数的地表垂直位移曲线比较

Fig. 5 Comparison between two vertical displacements on ground surface simulated by using the sixth and seventh sets of variables

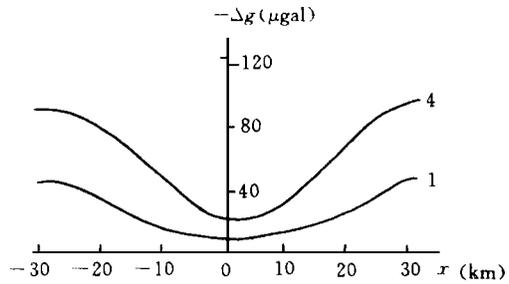


图 6 第 1、4 组模型参数的重力分布曲线比较

Fig. 6 Comparison between two gravity anomaly distributions simulated by using the first and fourth sets of variables.

4 结论

(1) 一次地震的重力异常的空间、强度分布是十分复杂的, 实际情况要比本文的模拟模型要复杂得多, 它是一次地震的特定机制、构造、介质等条件的反映。

(2) 对于重力位错模式而言, 地震的重力异常是由位错面的几何条件、埋深、位错量和方向、介质性质所决定的。从本文的模拟结果看, 用层状介质下的矩形位错来进行重力模拟是目前一种比较好的思路。

(3) 地震的位错重力异常是地形变和介质应力变化引起层界面改变共同作用的结果, 而地表形变起主要作用。

参考文献

- 1 任沙甫. 层状介质中断层活动引起的重力变化. 硕士学位论文, 1991.
- 2 潘尔年. 多层地基对一般表载及体力的静态响应. 力学学报, 1981, 3(3): 344~353.
- 3 一九七六年唐山地震编写组. 一九七六年唐山地震. 地震出版社, 1982.
- 4 郭敦仁. 数学物理方法. 人民教育出版社, 1978.
- 5 Ben-Menahem A, S J Singh. Multipolar elastic field in a layered half-space. Bull. Seismol. Soc. Amer., 1968, 58: 1519-1572.

NUMERICAL SIMULATION OF GRAVITY ANOMALY CAUSED BY FAULT DISLOCATION IN LAYERED MEDIA

Ruan Aiguo Zhou Mindu

(Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB)

Qian Jiadong

(Center for Analysis and Prediction, SSB)

Ren Shafu

(Seismological Bureau of Xinjiang Uygur Autonomous Region)

Abstract

Based on reference [1] and the dislocation theory and corresponding gravity change in the layered media offered by previous papers, authors modified two equations presented by reference [1] and studied the relation between dislocating gravity variations and the rectangular planes with different sizes, buried depths, dislocating directions and dislocating magnitudes by numerical simulating method. The dislocating conditions and gravitational anomaly of the Tangshan ($M 7.8$) and Gonghe ($M 7.0$) earthquakes were also simulated for several points in this paper to probe the complexity of the space and intensity distributions of the earthquake precursor field. The results show that the gravity change caused by dislocating is very complicated in space and intensity distributions, which is the combined result of deformation and stress variation due to dislocating effect, both negative and positive gravity variations can appear in earthquake effect area. The dislocating plane conditions above mentioned have strong influence on gravitational space and intensity distributions. The simulating results suggest that if one wants to analyze the gravity anomaly caused by an earthquake, one should consider the concrete mechanism of the event. An enlightenment for understanding the complexity of other geophysical precursors of earthquakes is provided in this paper.

Key words: Gravity anomaly, Numerical simulation, Fault displacement, Earthquake precursor, Layered medium