

唐山地震的重力异常

吴 兵

(国家地震局)

摘 要

多年来的工作实践及实验证明了重力仪格值随温度变化而改变, 而且对观测值的影响极大, 以致造成虚假异常。

本文对京津唐地区重力资料进行格值改算, 再计算唐山地震前, 唐山测点自74年4月至76年3月累积重力上升了130微伽, 由76年3月到7月短期异常近200微伽。

根据异常范围、形态、量值计算震前在莫氏界面断裂处有一个密度异常区。

前 言

多年来的工作实践及实验证明了重力仪格值随温度变化而改变, 而且对观测值的影响极大, 以致造成虚假异常。

本文对京津唐地区重力资料进行格值改算, 再计算唐山地震前重力异常。根据异常范围、形态、量值计算, 震前在莫氏界面断裂处有一个密度异常区。

一、数 据 处 理

CG-2型263*, 326*重力仪自1970年—1978年在国家重力基线场分别进行过34次和15次格值标定。其结果明显地反映出与温度变化的相似性(图1)。对格值C与气温T(昌平县气象站的多年月均值)作相关分析, 求得相关系数分别为 $R_{263} = 0.979$, $R_{326} = 0.965$ 。检验R值的显著性, 分别为 $t_{检(263)} = 13.538$, $t_{检(326)} = 9.017$ 。回归方程式分别为

$$C_{263} = 0.1024458 + 6.25 \times 10^{-6} T \text{ 毫伽/格} \quad (1)$$

$$C_{326} = 0.100375 + 6.78 \times 10^{-6} T \text{ 毫伽/格} \quad (2)$$

由(1)、(2)式可得出, 由于七月份与一月份的气温之差(平均气温差 29.9°C)而引起的格值之差可达,

$$\Delta C_{263} = 1.869 \times 10^{-4} \text{ 毫伽/格}$$

$$\Delta C_{326} = 2.027 \times 10^{-4} \text{ 毫伽/格}$$

如果测段的重力差按规范要求最大为60毫伽，那么即使七月份与一月份用同一台仪器测量，采用同一格值计算观测值，结果可以相差110~120微伽。

本文根据(1)、(2)式求出各种温度两台仪器分别所应使用的格值(以下称实用格值)。采用实用格值对北京地区22个测点(1970~1977年)，三河一乐亭剖面12个测点(1975、12~1977年)，北京一山海关剖面2个测点(1971~1977年)的资料，用距测点最近的县气象站的日平均温度，进行计算机处理。求出不同温度下应有的观测值(以下称实用观测值)。取两台仪器实用观测值的平均值列于表1。两台仪器实用观测值的台差，按规范要求不大于60微伽的，除76.4, 77.7的北京地区测点以外占84%。由于75年12月以后开始使用两台仪器观测，资料只能从此时选取。其中北京测点是天安门、南大红门、通县、密云、怀柔、顺义、小汤山、南口、北安河、颐和园、八宝山十一个点的平均值。三河测点是三河、夏垫二点的平均值。平谷测点是平谷、峪口、石峨三个点的平均值。香河测点是香河、大厂二点的平均值。旧武清测点是风和营、旧武清、安平三个点的平均值。唐山①是三河一乐亭剖面上的测点，唐山②是北京一山海关剖面上的测点，温度资料只收集到77年底，故重力资料只能改算到77年底。76.7(震前)分别为76年7月6日和21~25日测量结果，76.7(震后)是76年7月28日测量结果。相对最初测值的变化量标于表1各组数据右上角。

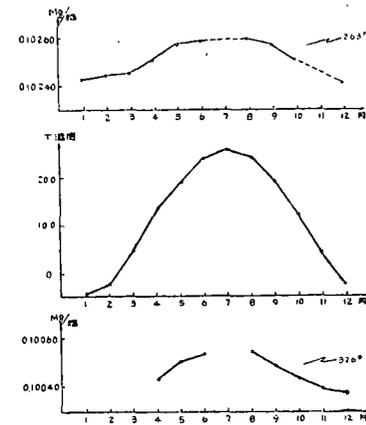


图1 格值变化与温度变化关系

格值改算以前，由于仪器格值受温度影响故观测值有一清晰的年变化。采用实用格值计算观测值，就明显地消除了年变化。如通县、平谷、三河等改算格值前后的观测值都有显著差异。如图2，图3。

格值改算以前，由于仪器格值受温度影响故观测值有一清晰的年变化。采用实用格值计算观测值，就明显地消除了年变化。如通县、平谷、三河等改算格值前后的观测值都有显著差异。如图2，图3。

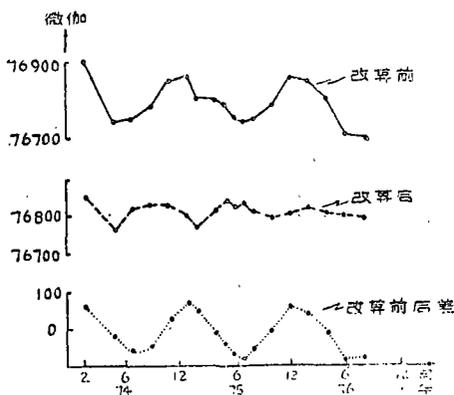


图2 通县格值改算前后的观测值

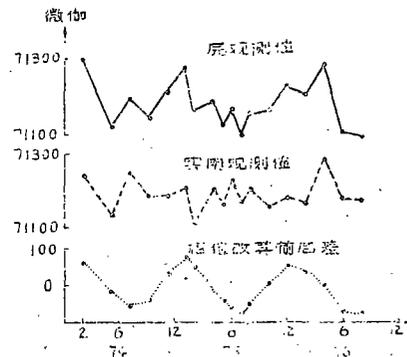


图3 平谷格值改算前后的观测值

通县测点格值改算前，75年7月比1月观测值变化了-120微伽，格值改算后，变化+27微伽，改算前后的观测值差147微伽。

京津唐地区重力测量结果（单位：微伽）

表 1

测点	75.12	76.2	76.3	76.4	76.6	76.7(震前)	76.7(震后)	76.8
北京	65679	65704		65726	65699			65664
旧武清	38898	38902		38940	38923			38899
平谷	65139	65126		65224	65145			65136
三河	73417	73404		73456	73386			73396
香河	57654	57657		57709	57638			57657
邦均			-12458			-12426	-12482	-12536
灏溜			-4154			-4122	-4161	-4230
孤树			8744			8829	8782	8652
玉田			8796			8888	8875	8756
李庄			7482			7576	7542	7434
丰润			8812			8948	8888	8794
唐山①			-984			-802	-848	-960
古冶			-3640			-3450	-3438	-3645
滦县			-5694			-5504	-5460	-5630
长凝			-7748			-7554	-7556	-7730
乐亭			-45849			-45712	-45614	-45855
天津	35791		35780	35790		35824		35784
唐山②	14575		14620	14658		14596		

平谷测点格值改算前，75年7月比1月观测值变化了一181微伽，改算后仅变化-39微伽。格值改算前后的观测值差142微伽。

唐山①测点点值极小，不到1毫伽，所以格值改算前后观测值仅差2微伽。

为了确立唐山地震前的重力异常的可信度，对格值改算前后的观测值进行误差分析。根据有限观测次数中，均方误差公式

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (X_i - a)^2}{n-1}}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, h \quad (3)$$

n为观测次数，d_i为观测值与平均值的偏差，X_i为i次观测值，a为X_i的平均值。

表 2

测点	时 间	n	原 观 测 值		实 用 观 测 值	
			±σ	精 确 度	±δ	精 确 度
唐 山②	71.5~74.3	17	28.5	0.025	26.5	0.027
通 县	74.2~76.8	18	55.9	0.013	21.8	0.032
平 谷	74.2~76.8	18	62.5	0.011	40.4	0.018
三 河	74.2~76.8	18	59.9	0.012	37.9	0.019

对唐山②、通县、平谷、三河测点作格值改算前后的误差计算列于表2。通过表2看出格值改算后的观测值均方差均小于格值改算前观测值的均方差。也就是采用实用格值整理观测资料,使精度提高了。格值改算以后的 δ 值小于50微伽。其他测点的工作方法、资料处理与其相同,故均方误差相似。取3倍均方误差为判断异常标准。

二、唐山地震前重力场的变化

从表1可以看出唐山地震前,在唐山地区各测点重力值有明显的增加,震后,唐山、丰润以西各测点重力异常恢复。8月5—13日测量,全部测点重力值恢复到76年3月份水平上。说明此重力异常确实与唐山地震有关。

经过格值改算的36个测点,因为北京地区点密,所以分5组平均,将17组实用观测值相对此点最初测值之差(表1中各点值右上角的数值),唐山地震前的一期测量结果示于图4。从图4可以明显地看出重力值变化最大区以长凝、滦县、古冶、唐山为中心。长凝重力变化值最大,达194微伽。向西递减。大于3倍均方差的异常区在丰南至滦县之间,大约65公里宽。长凝相对北京上升147微伽,全区为重力异常高。7.8级地震发生在这个重力异常区的边缘。

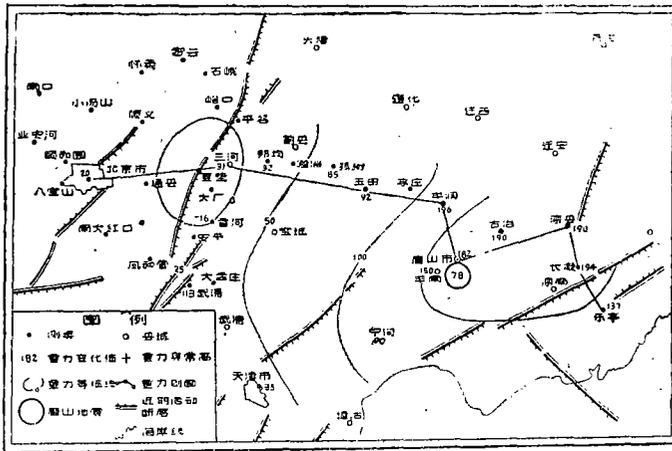


图4 震前京津唐地区重力场变化分布图

从北京向乐亭作一剖面如图5。从图5看出自北京经丰润到长凝重力变化值逐渐增加,长凝最大,向乐亭减小,变化值与丰润相似。玉田以西的变化值小于 2δ 。大于2倍均方差的异常区大约有100公里宽。

以唐山②和三河测点为例,如图6。唐山地震前,唐山②测点重力值自74年4月至76年3月上升了130微伽,变化速率为5微伽/月。三河测点没有明显变化。北京地区也没有明显变化。说明唐山地震前,来自地壳深部或上地幔的物质变异而引起的重力长趋势异常范围不是很大,但异常累积持续时间长达2年。短期异常仅四个月,重力值变化近200微伽,变化速率为47微伽/月,是趋势异常速率的9倍。

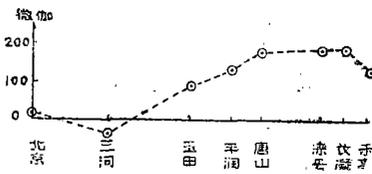


图5 北京—乐亭剖面重力值变化图

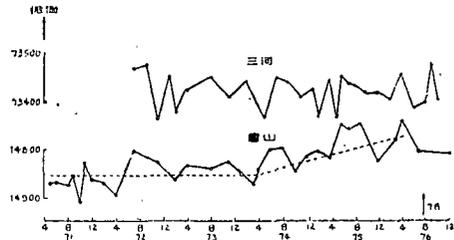


图6 震前重力长趋势异常图

三、 讨 论

根据唐山地区震前重力变化场分布及北京—乐亭重力剖面点的变化，我们可以假设震前重力变化是由于地壳深部孕育着密度异常区而引起的。它可以等效于一个均匀的水平圆柱体，半径为 γ ，剩余体密度为 σ ，圆柱体轴线埋深为 h 。根据水平圆柱体的正演公式^[1]

$$\Delta g = 2G\sigma\pi\gamma^2 \frac{h}{x^2 + h^2} \quad (4)$$

将特征点 $x_0 = 0$ 和与之相对应的特征值 Δg_{max} 代入(4)式得

$$\Delta g_{max} = 2G\sigma\pi\gamma^2/h \quad (5)$$

式中 G 为引力常数 6.67×10^{-8} 厘米³/克·秒²， σ 取 3.3×10^{-4} ^[2]。

根据(5)式；如果密度异常区发生在地壳相对薄弱区——莫氏面断裂处， $h = 38$ 公里^[3]。如果密度异常区的物质是由于地壳深部物质迁移而形成的，而且不断沿着构造裂隙上涌。这样造成密度变化，于是地面上重力值发生变化。如果认为76.3~76.7的重力异常就是因此而成，那么 $\Delta g_{max} = 194$ 微伽，计算结果，密度异常区的半径 $r = 23$ 公里。

对于唐山①和唐山②测点76.7(震前)重力相对变化值的矛盾，我们认为两测点虽然分别在两个剖面上，但相距仅2公里，对于深部变异引起的重力值变化来说，可以认为是统一体。唐山②7月6日相对3月份重力值上升。从北京—山海关剖面上看，唐山②4月份相对3月份重力值也上升，7月23日相对3月或4月份都为下降。因此，把两个剖面资料结合起来，可以认为唐山重力值从76年3月到7月6日以大幅度上升为主，7月6日~23日又发生下降，这是否是由于震前微破裂，造成应力降而引起的重力下降有待进一步研究。

(本文1980年8月19日收到)

参 考 文 献

- [1]肖敬勇，“重力勘探”中国工业出版社 1961.5
- [2]萩原辛男 地壳活动と重力变化 国外地震6,1980
- [3]国家地震局物探队“乐亭—张家口测深剖面”地震战线，2，1977

GRAVITY ANOMALY OF TANGSHAN EARTHQUAKE

Wu Bing

(National seismological Bureau)

Abstract

The practice and experiments for many years have proved that the calibration of the gravimeter varies with temperature and has great effect on observed values. So it is necessary to find the temperature coefficient of the calibration and to correct the calibration of the observation data.

In this article, the calibration of all gravity data in Beijing, Tianjin and Tangshan regions has been corrected in another way. After the correction, the annual variation of gravity values at various stations is obviously eliminated, and has been calculated pre-earthquake gravity anomaly in Tangshan.

From April, 1974 to March, 1976, the cumulative gravity increased by $130\mu\text{gal}$ and the short-term anomaly approached $200\mu\text{gal}$.

The obtained results show that, the pre-earthquake gravity variation may be due to the density anomaly at deep levels of the earth's crust.