

首都圈及邻区均衡重力异常研究^{*}

唐新功

(油气资源与勘探技术教育部重点实验室(长江大学),荆州 434023)

摘要 利用首都圈地区的高精度高程数据,通过 Airy 均衡补偿模型计算出莫霍面的深度,进一步运用 Parker 公式计算出地壳所产生的重力异常值。然后从实际布格重力异常观测值中减去均衡校正值,得到该地区的均衡异常值。通过对首都圈地区的均衡重力异常进行分析,讨论了该地区的均衡状态。研究结果表明,首都圈大部分地区基本处于重力均衡状态,非均衡区域多集中在首都圈的西部和北部山区。

关键词 首都圈地区; Airy 均衡模型; 均衡异常; 布格重力异常; 高程数据

中图分类号: P315.72⁺⁶

文献标识码: A

ISOSTASY GRAVITY ANOMALY OF CHINESE CAPITAL CIRCLE AND ITS ADJACENT AREA

Tang Xingong

(Key Laboratory of Exploration Technologies for Oil and Gas Resources of MOE (Yangtze University),
Jingzhou 434023)

Abstract By using the elevation data and Airy model, the Moho depth can be calculated. Through applying Parker's formula, the isostasy gravity correction of the crustal deformation can be obtained as well. Therefore, the isostasy gravity anomalies gained by subtracting the corrections from observed Bouguer anomalies approximately represent the isostatic features of Chinese capital area, which plays an important role for investigating the deep structure and earthquake prediction in the future. The results show that the isostatic value which is of around $\pm 20 \times 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$ in eastern part of capital and its adjacent areas, indicates that basically isostatic has been reached, while some places in west and north of capital area are still in unisostitic status.

Key words: Chinese Capital circle aera; Airy isostasy model; isostasy gravity anomaly; Bouguer anomaly; topography data

1 引言

首都圈及邻近($34^{\circ} \sim 43^{\circ} \text{N}$, $112^{\circ} \sim 120^{\circ} \text{E}$)位于中国华北活动地块的北部,该区历史上曾经发生过多次大地震。据不完全统计,自有记载以来共发生8级以上地震1次,7级以上地震7次,6级以上地

震20次,5级以上地震47次。其中,1679年9月2日的三河-平谷8.0级地震^[1],对北京造成了烈度8度以上的影响。因此,作为我国地震重点监视防御区,研究首都圈及邻近地区的构造背景场特征及孕震发震规律,对于加强首都圈地区地震监视防范,搞好首都圈防震减灾工程建设,进一步提高首都的防

* 收稿日期:2011-06-19

基金项目:国家自然科学基金(40774073,40774074);国家重点基础研究发展计划(973)项目(2007CB209607);湖北省教育厅优秀青年基金(Q20081206)

作者简介:唐新功,男,1968年生,博士,副教授,主要研究方向为地球电磁学和地球动力学. E-mail: tangxg@yangtzeu.edu.cn

震减灾能力,具有非常重大的意义。

首都圈及邻近地区包括燕山-阴山隆起区、太行-五台隆起区和华北平原区 3 个不同的新构造单元^[2]。该区应力场主要受来自印度板块的挤压和应力场的右旋拉张作用^[2-4],大陆构造活动比较活跃。过去已有人对首都圈地区的构造运动及影响做过一些研究^[5-7],但针对首都圈地区的均衡重力异常尚缺少系统研究。本文将从重力均衡的角度,利用首都圈地区高精度的高程观测数据,通过均衡模型得到首都圈地区的均衡异常,并结合该地区的地质构造背景,对首都圈地区的构造运动和形成原因进行探讨。

2 理论模型及计算

根据 Airy 均衡补偿模型,高度为 h 的大陆,其山根的深度为:

$$H_{\text{root}} = \frac{\rho_c}{\rho_m - \rho_c} h \tag{1}$$

其中 ρ_c 和 ρ_m 分别为地壳和地幔密度,通常分别取为 $2\,670\text{ kg/m}^3$ 和 $3\,270\text{ kg/m}^3$,对于研究区,可得

$$H_{\text{root}} = \frac{2\,670}{3\,270 - 2\,670} h = 4.45h \tag{2}$$

若 H_0 代表正常地壳厚度,参照大陆平均值取 35 km ,则该地区莫霍面的深度为:

$$H_{\text{moho}} = H_{\text{root}} + H_0 = (4.45h + 35) \text{ (km)} \tag{3}$$

求均衡异常值的公式为:

$$\delta g_{\text{均衡}} = \Delta g_{\text{布格}} - \delta g_{\text{均衡校正}} \tag{4}$$

式中 $\delta g_{\text{均衡校正}}$ 为使用 Parker 公式^[8]计算。

3 计算结果及讨论

图 1 为首都圈及邻区的实测布格重力异常图。由图 1 可见,以太行山、燕山重力梯度带为界,布格重力异常呈现 NE-SW 向条带状分布。条带以西隆起区的异常值均为较大的负值(最低约为 $-140 \times 10^{-5}\text{ ms}^{-2}$),表明西北部莫霍面较深。条带以东布格重力异常值整体较大,表明莫霍面较浅。

通过使用首都圈地区高精度地形数据(高程数据来源于 GTOPO30,分辨率为 30 弧度秒)计算出的山根深度如图 2,山根产生的重力值的分布如图 3,均衡重力异常值的分布如图 4。

从图 4 可见,大部分地区基本达到了均衡。但仍然有部分地区如张家口至邢台之间部分地区还未完全均衡。

根据文献[9]关于均衡异常值不大于 $\pm 20 \times 10^{-5}\text{ ms}^{-2}$ 为均衡的观点,首都圈地壳大部分已基本达到或接近均衡状态。从图 4 可见,首都圈地区均

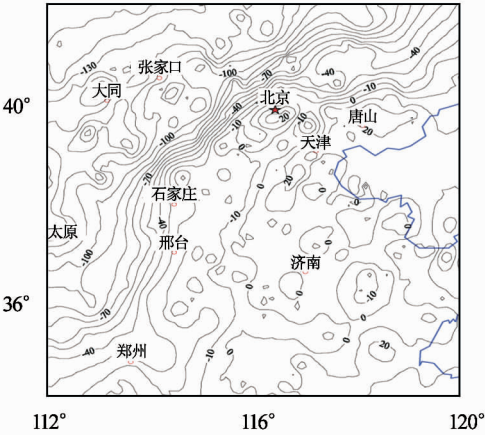


图 1 首都圈地区观测布格重力异常等值线(单位: 10^{-5} ms^{-2})

Fig. 1 Bouguer gravity anomaly map of Capital Circle area (unit: 10^{-5} ms^{-2})

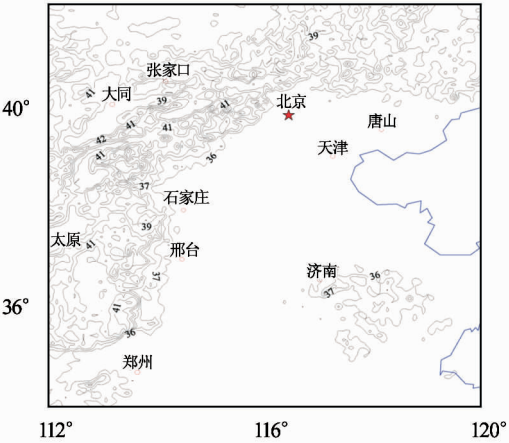


图 2 首都圈地区莫霍面深度等值线分布(单位:km)
Fig. 2 Moho depth distribution calculated from Airy isostasy model of Capital area(unit:km)

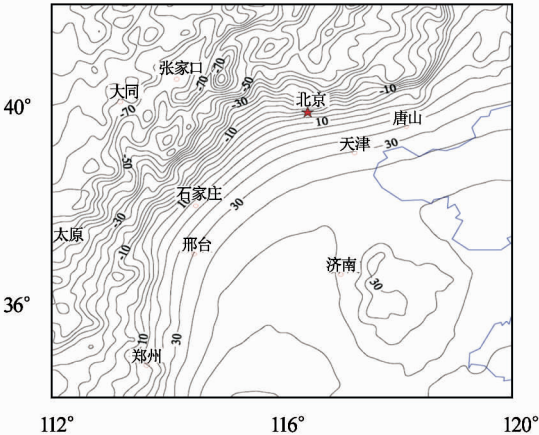


图 3 首都圈地区莫霍面变化产生的重力场分布(单位: 10^{-5} ms^{-2})
Fig. 3 The gravity field calculated from variation of Moho of Capital Circle area(unit: 10^{-5} ms^{-2})

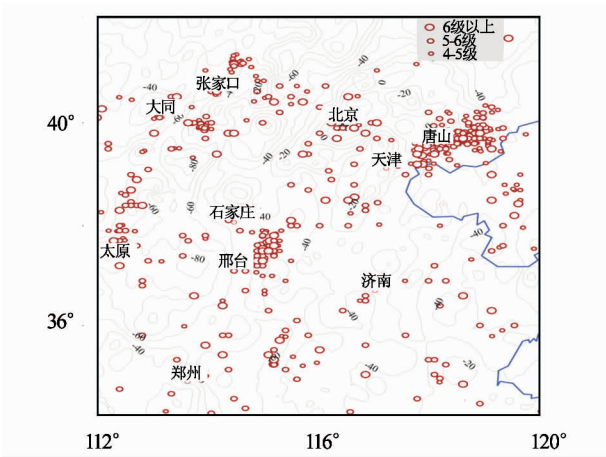


图 4 首都圈地区均衡重力异常图及地震分布(单位: 10^{-5}ms^{-2})

Fig.4 Isostatic gravity anomaly and earthquake distribution of Capital Circle area(unit: 10^{-5}ms^{-2})

衡异常区总体上分为东部基本均衡和西部非均衡两大区块,其中比较明显的地区如太行山构造带及其山前区域,燕山-阴山构造,秦岭等地区,目前仍处于欠均衡状态。这与罗照华等^[10]的研究结论基本一致。

从图 4 还可看到,地震多发地区大都处于均衡异常变化梯度带,如唐山、北京、张家口、大同地区,太行山东缘的石家庄、邢台一带,山西地堑的东缘等地区,地震震级大,强度高。过去的研究表明,均衡异常和地震活动性关系密切,强震多发生在均衡异常梯度值大或者正负异常交替的地带,以及异常走向发生变化而均衡状态无明显变化的地区,Simpson 等^[11]用均衡异常研究美国整个大陆的均衡重力异常时,也发现了地震大都沿着均衡异常的梯度带发生的规律。

4 结论

根据 Airy 均衡模型,使用高精度的数字地形数据计算首都圈及邻区的均衡改正值,并利用布格重力异常值得到了均衡异常值。结果表明,东部大部分地区基本处于重力均衡状态,西部和北部的一些地区多处于非均衡状态。从重力均衡的角度来看,目前首都圈周边地区尤其是西北部地区仍处于构造活动期。

致谢 感谢国家地理信息中心提供重力数据!

参 考 文 献

1 吴晶,等,首都圈西北部地区地壳介质地震各向异性特征初步研究[J]. 地球物理学报,2007,50(1): 209 - 220. (Wu Jin, et al. Seismic anisotropy in the crust in northwestern capital area of China[J]. Chinese J Geophys, 2007, 50

(1): 209 - 220)
2 周晓燕,杨国华,韩月萍. 华北近十年来水平运动动态与地震活动危险区的讨论[J]. 华地震科学, 2002, 20(4): 28 - 33. (Zhou Xiaoyan, Yang Guohua and Han Yueping. Discussion on the trend of horizontal movement of North China in current decade and the active risk area of earthquake [J]. North China Earthquake Science, 2002, 20(4): 28 - 33)
3 杨国华,谢觉民,韩月萍. 华北主要构造单元及边界带现今水平形变与运动机制[J]. 地球物理学报, 2001, 44(5): 645 - 653. (Yang Guohua, Xie Juemin and Han Yueping. Current horizontal deformation and kinetic mechanism of major tectonic units and boundary zones in north China[J]. Chinese J Geophys., 2001, 44(5): 645 - 653)
4 杨国华,等. 首都圈地壳垂直形变与未来强震活动[J]. 地震, 2002, 22(3): 27 - 32. (Yang Guohua, et al. The crustal vertical deformation and the action of future strong earthquake in Capital Circle area[J]. Earthquake, 2002, 22(3): 27 - 32)
5 黄金莉,赵大鹏. 首都圈地区地壳三维 P 波速度细结构与强震孕育的深部构造环境[J]. 科学通报, 2005, 50(4): 348 - 355. (Huang Jinli and Zhao Dapeng. Three dimensional P wave velocity structure of the crust beneath the Capital and the deep tectonic environment of strong earthquakes[J]. Chinese Science Bulletin, 2005, 50(4): 348 - 355)
6 赖院根,等. 首都圈地区横波分裂与地壳应力场特征[J]. 地球物理学报, 2006, 49(1): 190 - 196. (Lai Yuangen, et al. Shear wave splitting and the features of the crustal stress field in the Capital Circle[J]. Chinese J Geophys., 2006, 49(1): 190 - 196)
7 冯锐,等. 论华北地区的均衡状态(一)——方法和局部补偿[J]. 地震学报, 1987, 9(4): 406 - 416. (Feng Rui, et al. About the isostatic status of north China——Method and local compensation [J]. Acta Seismologica Sinica, 1987, 9(4): 406 - 416)
8 Parker R L. The rapid calculation of potential anomalies[J]. Geophys J R astr Soc., 1973, 31: 447 - 455.
9 袁学诚主编. 中国地球物理图集[M]. 北京:地质出版社, 1996. (Yuan Xuecheng. The geophysical atlas of China[M]. Beijing:Geology Press, 1996)
10 罗照华,等. 太行山中生代板内造山作用与华北大陆岩石圈巨大减薄[J]. 地学前缘, 2006, 13(6): 52 - 63. (Luo Zhaohua, et al. The Mesozoic intraplate orogeny of the Taihang Mountains and the thinning of the continental lithosphere in North China [J]. Earth Science Frontiers, 2006, 13(6): 52 - 63)
11 Simpson R W, Jachens R C and Blakely R J. A new isostatic residual gravity map of the conterminous United States with a discussion on the significance of isostatic residual anomalies[J]. J Geophys Res., 1986, 91(B8): 8 348 - 8 372.