横过阿尔金山的重力测量及初步解释

孟令顺　齐　立
(长春科技大学地球物理系, 长春 130026)
高　锐　管　烨　　陈玉明
(中国地质科学院地质研究所, 北京 100081)　(杭州商学院管理信息系, 杭州 310035)

摘要　以 1∶50 万比例尺, 实测了新疆阿尔干– 青海老茫崖重力剖面。研究了该剖面及其邻区为主的青藏高原西北边缘重力场特征; 划分了 3 个地质构造单元及 8 条较大断裂; 计算并分析了 Airy 重力均衡异常及莫霍界面深度。

关键词　重力场　均衡异常　莫霍界面　地壳结构
中图分类号　P631.1

1　重力测量工作方法

阿尔干– 老茫崖重力剖面横跨青海、新疆二省, 斜穿阿尔金山, 总长度近 500 km。剖面内共有三个国家Ⅰ等重力基点, 分布在花土沟、茫崖镇及若羌县, 由此三点控制测点重力测量精度。重力测量采用加拿大 CG–3 型自动重力仪, 以 1∶50 万比例尺沿阿尔干– 老茫崖公路布设 79 个重力测点。测点采用单次观测, 沿路线自由网分布, 点距 4～6 km。测点点位与高程数据主要利用国家Ⅰ、Ⅱ等水准点以及 1∶5 万、1∶10 万地形图上的高程控制点获取。重力测量路线及基、测点分布见图 1。

资料整理依据《区域重力调查技术规定》[1], 采用波茨坦重力系统。地形改正 0～2 km, 从地形图上查读高程并用计算机计算改正值; 2～166.7 km 以及均衡改正值均由地质矿产部区域重力调查方法技术中心提供。取 30 km 和 60 km 两个正常地壳厚度计算了 Airy 均衡异常。正常场改正采用 1967 年国际正常重力公式, 1956 年黄海高程系统。最后布格异常总精度为 $\pm 1.185\times10^{-5}$ m/s^2。

2　重力场特征

2.1　重力场与大地构造分区

青藏高原西北缘布格重力异常图(图 2)是利用地质矿产部地球物理与地球化学勘查研究所及区域重力调查方法技术中心编制的 1∶250 万布格重力异常图, 再加上本次测量结果修改后缩制的。图中看出, 布格异常从青海老茫崖的 -400×10^{-5} m/s^2 向西北方向逐渐增高到新疆阿尔干的 -175×10^{-5} m/s^2 左右。异常总体走向近 NEE 向, 两侧异常相对

第一作者简介　孟令顺　男　51 岁　教授　应用地球物理专业　已发表“青藏高原重力测量与岩石圈构造”等论著

收稿日期　1997–04–15

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http

变化平缓,中间表现出多组具有一定宽度、变化梯度较大的梯度带,说明存在多组深大断裂带。如以这些断裂带作为构造框架,再根据重力场形态及有关资料[2~5]介绍,研究区可划分出如下大地构造单元。

柴达木盆地 西北缘以阿尔金南缘冲断裂(SAT)为界。重力场变化相对平缓,量级保持在(-380~-420)$\times10^{-5}$ m/s^{2}之间。且盆地中部为重力低值区,周边为重力异常梯度带所包围。

阿尔金断裂系 西北以罗布庄-星星峡断裂(LXF)为界,东南以阿尔金南缘冲断裂为界。该断裂系整体处在重力异常大梯度带上,走向NEE。地貌上为阿尔金山脉,平均海拔3 500 m。异常范围(-200~-335)$\times10^{-5}$ m/s^2,变化梯度达每千米1×10^{-5} m/s^{-2}。整个梯度带受一系列深大断裂的综合影响。除了以上二个边界断裂外,还包括且末-黑尖山断裂(QHF)、米兰-红柳园断裂(MHF)以及阿尔金北缘断裂(NAT)。整个断裂系构成了青藏高原西北边界以及柴达木盆地与塔里木盆地的分界线。

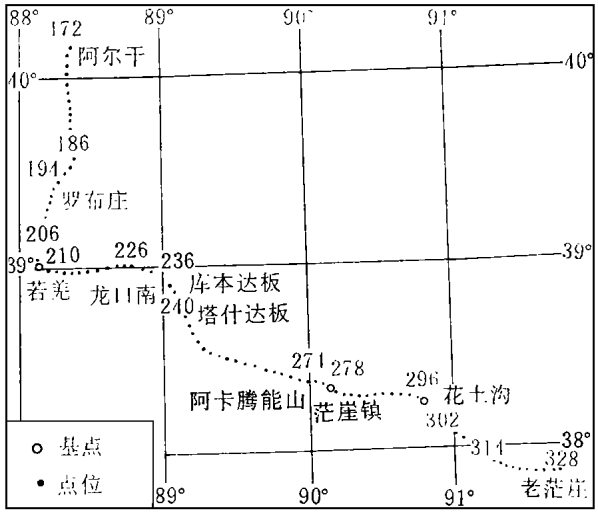

图1 重力测量路线及基、测点分布图

Fig. 1 Map shows the gravity survey route and the distribution of base points and observation points

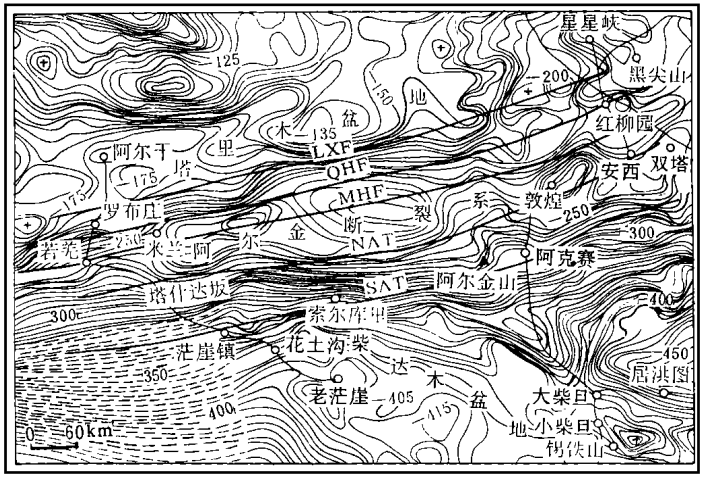

图2 青藏高原西北缘布格重力异常图

Fig. 2 The Buguer gravity anomalies on the northwest area of the Qinghai-Xizang (Tibet) plateau

塔里木盆地 东南部以罗布庄-星星峡断裂为界。盆地内重力场变化相对平缓,保持在(-175~-110)$\times10^{-5}$ m/s^{2}范围内。盆地内部受二级构造影响,使重力场形态表现出规模不同的异常高值封闭区,即构造上的隆起区。

2.2 利用重力场确定断裂位置及产状

图3是阿尔干-老茫崖重力异常与地形、莫霍界面深度图。该图是按二个方位(阿尔干-若羌段,按SW 188、若羌-老茫崖段按SE112)垂直投影后展在同一剖面上的结

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http

果。

一个断裂构造带, 一般在重力平面图上可显示出一组近似平行且具有一定梯度变化的等值异常特征; 而在剖面图上则显示为一个阶梯状的梯度带。异常断差、阶段形态及陡缓程度可定性反映出断层面的深浅、倾向及倾角变化。

本次工作根据重力场来推测研究区的断层位置与产状, 是利用经过区域场处理后的剩余异常, 再参考图 2、图 3 以及有关地质资料[2~5]综合进行的, 结果见图 4。在利用重力异常正演拟合断层产状的计算中, 塔里木盆地平均密度取 2.45×10³ kg/m³, 阿尔金北麓取 2.85×10³ kg/m³, 南麓及柴达木盆地取 2.65×10³ kg/m³。此密度值是根据项目组提供的岩石标本实测的。根据以上资料的综合分析与计算, 研究区内可划分出如下较大断裂:

F₁——罗布庄- 星星峡断裂(LXF)(192～196 点): 断层近似直立, 且断距较小。

F₂——且末- 黑尖山断裂(QHF)(204～210 点): 位于若羌与罗布庄之间, 近似直立产状且断距较小。

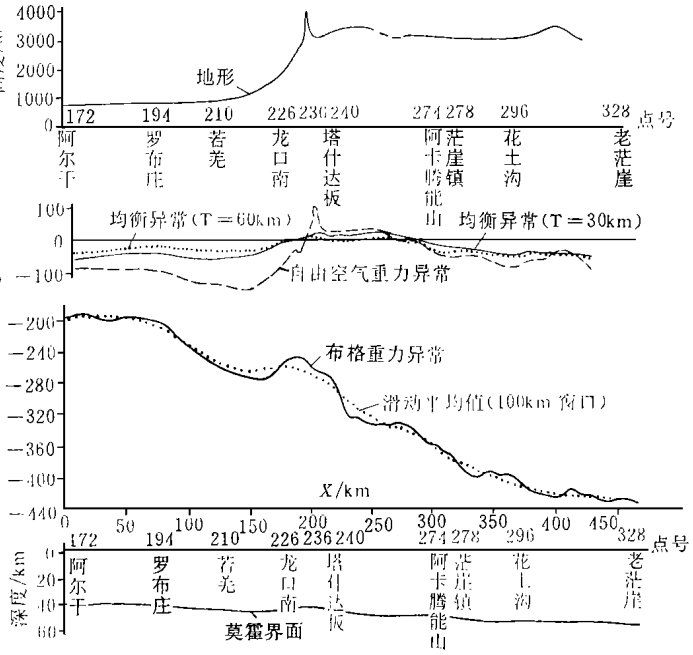

图 3　阿尔干- 老茫崖重力异常与地形、莫霍界面深度图

Fig. 3　The map shows the gravity anomalies, topography and Moho-depth along the Aergan-Laomangya profile

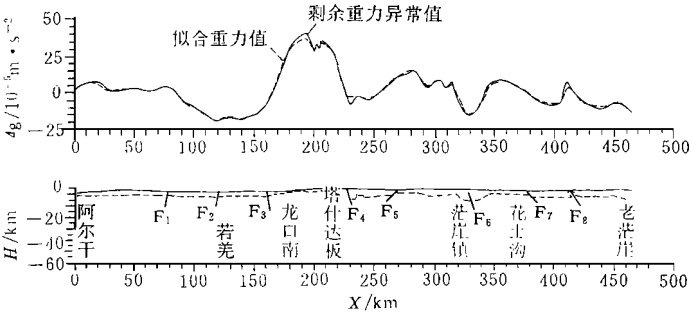

图 4　利用重力场解释确定的断裂位置及产状

Fig. 4　Determining the place and occurrence of faults from the interpretation of gravity field

F₃——米兰- 红柳园断裂(MHF)(212～216 点): 位于若羌南, 产状近似直立, 断距约 0.5 km。

以上三条断裂均处在阿尔金重力梯度带北侧分支上, 属阿尔金断裂系的一部分, 都属以平移走滑为主的断裂, 所以, 垂直断距较小且剖面图上没有明显显示, 只是在平面图(图 1) 上有较明显反映。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http

F₄——阿尔金北缘冲断裂(NAT)(238～240 点): 从塔什达板通过, 以 40 倾角向南东

向倾斜, 断距 3 km。

F_5——断裂(258～260 点): 从塔什达板与茫崖镇之间通过, 以 30 倾角向北西向倾斜, 正断层, 断距约 1.5 km。

F_6——阿尔金南缘冲断裂(SAT) (276～278 点): 从茫崖镇附近通过, 略向东南倾斜, 断距约 3 km。

F_7——花土沟断裂(296 点): 断层面东倾, 倾角 60°, 断距 1.5 km。

F_8——大乌斯断裂(312 点): 断层面东倾, 倾角 60°, 断距约 0.5 km。

3 均衡异常的分析

3.1 均衡异常分布特点

阿尔干– 老茫崖剖面重力均衡异常(Airy 模式)、自由空气异常及地形起伏见图3。其中均衡异常分别选用二种正常地壳厚度(即 30 km 和 60 km)来计算。从正常地壳厚度为 30 km的异常看, 塔里木盆地与柴达木盆地分别存在– 70×10^{-5} m/s^2 和– 75×10^{-5} m/s^2 的均衡异常; 而阿尔金山最大存在 20×10^{-5} m/s^2 的正均衡异常。正常地壳厚度为60 km 的均衡异常在塔里木盆地平均比 30 km 异常增加近 20×10^{-5} m/s^2, 只有– 50×10^{-5} m/s^{2}左右; 阿尔金山一带保持在零值上下; 进入柴达木盆地, 异常又明显降低, 达到– 75×10^{-5} m/s^2。利用二种正常地壳厚度计算的均衡异常, 总体变化趋势一致, 但量级高低变换, 不同地区, 形式不同。这里认为是地下纵横向密度结构变化的一种反映。

3.2 均衡异常与地球动力学的关系

利用均衡异常研究地壳均衡状态主要研究均衡失调与地壳演化及新构造运动的关系。由于均衡恢复时间一般为10^3～10^5 a, 所以, 均衡异常地区通常也就是新构造运动发育的地区。

从图 3 中看出, 柴达木盆地与塔里木盆地在正常地壳厚度选用 30 km 时, 都存在约– 70×10^{-5} m/s^2 的均衡异常, 分析原因是由于构造挤压力造成盆地边缘山脉隆升的同时, 两盆地相对下降、沉积加厚造成质量亏损, 出现负均衡异常。据青海地质志[3]介绍, 柴达木盆地新生代以来, 沉积地层厚度平均 8～10 km, 沉积物质密度比均衡改正密度(2.67×10^3 kg/m^3)低 0.15×10^3 kg/m^3, 用无限大平板公式计算可得– 63×10^{-5} m/s^2 的异常。去掉这一数据, 这里的负均衡异常便基本消失。塔里木盆地与此情况类似。所以, 二盆地出现的负均衡异常主要是沉积加厚造成的。按均衡理论, 该地受均衡调整力作用应上升, 但由于深层拆离和逆冲扩展作用大于均衡调整力, 使均衡调整不占主导作用, 所以, 目前该区仍以坳陷或构造沉降作用为主①。

塔里木盆地正常地壳厚度 30 km 的异常低于正常地壳厚度为 60 km 的近 20×10^{-5} m/s^2, 而柴达木盆地两种正常地壳厚度计算的均衡异常比较接近。这说明二盆地在 30～60 km 深度之间物质密度分布是不同的。塔里木盆地在这个深度之间, 物质平均密度大于地壳正常平均密度(2.67×10^3 kg/m^3); 而柴达木盆地接近于地壳正常平均密度。这种现

① Cui Junwen, Deng Jinfu, Tang Zhemin, et al. Altun Faulf system, Lithospheric Dynamics of China. (in press)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http

象可解释为柴达木盆地莫霍界面深度大于塔里木盆地莫霍界面深度。60 km 深度已远超过塔里木盆地的莫霍界面的深度(后文介绍为 40 km), 而接近于柴达木盆地的莫霍界面深度(53 km)。所以出现上述那种现象。

阿尔金山存在低缓正均衡异常。正常地壳厚度为 30 km 的均衡异常值平均(15～20)$\times 10^{-5}$ m/s^2, 而 60 km 的异常值为(－5～5)$\times 10^{-5}$ m/s^2。随着正常地壳厚度的增加, 异常值明显降低。说明引起正均衡异常的剩余质量主要来自地壳上部, 与山根形态无关, 反映出该区具有正常的山根。地壳上部剩余质量的产生, 推测与阿尔金的地壳结构及隆升特点有关。处于青藏高原后陆逆冲扩展峰带的阿尔金山[7], 上地壳表现为一系列由南向北的渐进式逆冲、推覆作用, 同时受塔里木板块南向俯冲和阿尔金地块相对塔里木地块右旋作用的影响, 在阿尔金山出现叠置在逆冲、推覆作用之上的垂向构造伸展和左行走滑, 导致蛇绿构造混杂岩、结晶岩、花岗岩和高压变质岩等深源岩石沿大型断裂带向地壳上部的侵位, 导致地壳上部岩石的平均密度偏大, 出现正均衡异常。

4　莫霍界面深度的计算

利用重力异常计算的阿尔干－老茫崖剖面莫霍界面深度见图 3。计算中, 为消除地壳浅部物质密度不均匀体的影响, 对布格异常进行了 100 km 窗口滑动平均处理。然后利用 Parker－Oldenburg 方法[8,9]正演拟合, 求出莫霍界面深度。计算中取若羌点数据[10](莫霍界面深度 45 km, 相应布格异常为 257.8$\times 10^{-5}$ m/s^2)作为反演控制条件。结果是阿尔干最浅, 为 39 km, 向东南逐渐加深到若羌的 42 km。进入阿尔金山地区, 莫霍界面表现从西部的库木达板 41 km 向东急剧加深到阿卡腾能山的 48 km 的大梯度带变化。从茫崖镇开始, 向东一直到柴达木盆地的老茫崖, 莫霍界面平缓加深到 53 km。

5　结　论

(1) 根据重力异常特征, 全区划分出柴达木盆地、阿尔金断层系以及塔里木盆地等三个地质构造单元和罗布庄－星星峡等 8 条较大断裂。并对主要断裂的产状进行了半定量的讨论。

(2) 塔里木与柴达木盆地分别存在－70$\times 10^{-5}$ m/s^2 和－75$\times 10^{-5}$ m/s^2 的均衡异常, 产生原因主要是沉积加厚所致; 阿尔金山地区存在 15$\times 10^{-5}$ m/s^2 的正均衡异常, 主要原因是该区处于青藏高原后陆逆冲扩展的峰带上面, 使上地壳表现为一系列由南向北的渐进式逆冲、推覆作用, 同时受塔里木板块南向俯冲及相对塔里木板块右旋作用的影响, 在阿尔金山出现叠置在逆冲、推覆作用之上的垂向构造伸展和左行走滑, 使密度较大的深源岩石沿大型断裂带向地壳上部的侵位, 导致地壳上部岩石的平均密度偏大, 出现正均衡异常。

(3) 全区莫霍界面平均深度为 45 km。西部塔里木盆地的阿尔干最浅, 只有 39 km, 若羌 42 km, 柴达木盆地的老茫崖最深, 可达 53 km。阿尔金山地区从西到东莫霍界面处于由浅变深的大梯度带上。

参　考　文　献

1　中华人民共和国地质矿产部. 区域重力调查技术规定. 北京: 地质出版社, 1983. 30～32

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http

2 崔军文, 邓晋福, 唐哲民, 等 . 青藏高原北缘变形动力学研究的一些新认识 . 中国地质科学院院报, 第 29 号, 1994. 145～146
3 青海省地质矿产局 . 青海省区域地质志 . 北京: 地质出版社, 1991. 542～570
4 崔军文, 朱红, 武长得, 等 . 青藏高原岩石圈变形及其动力学 . 北京: 地质出版社, 1992. 66～74
5 左国朝, 何国琦 . 北山板块构造及成矿 . 北京: 北京大学出版社, 1990. 2～5
6 孟令顺, 高锐 . 青藏高原重力测量与岩石圈构造 . 北京: 地质出版社, 1992. 16～30
7 Ding Guoyu. Paleoearthquakes along Altun active fault and its segmentation. Lithospheric Dynamics of China, Bekjing, 1995, **2**: 97～106
8 Parker R L. The rapid calculation of potential anomalies. Geophys. J. R. aster. Soc, 1972, **37**: 447～455
9 Oldenburg D W. The inversion and interpretation of gravity anomalies. Geophysics, 1974, **39**(4): 526～536
10 马杏垣主编 . 中国岩石圈动力学地图集 . 北京: 中国地图出版社, 1992

GRAVITY SURVEY AND ISOSTATIC MESSAGE ALONG THE PROFILE OF AERGAN(XINJIANG) – LAOMANGYA(QINGHAI)

Meng Lingshun, Qi Li
(*Changchun University of Science and Technology*, *Changchun* 130026)
Gao Rui, Guan Ye
(*Institute of Geology*, *CAGS*, *Beijing* 100081)
Chen Yuming
(*Hangzhou College of Commerce*, *Hangzhou* 310035)

Abstract The gravity profile at 1∶500 000 scale along Aergan (Xinjiang) – Laomangya(Qinghai) was surveied (in 1992). According to the characteristics of the gravity field in this profile and adjacent regions and the northwest area of the Qinghai–Xizang (Tibet) Plateau, three geological structural units and eight larger faults in the region were dividied. Airry isostatic anomalies and Moho– depth were calculated and analysed.

Key words gravity field, isostatic anomalies, Moho, crustal structure

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http