甘肃西部地区深部构造

梁桂培 陈爱玲 何善康 李渭娟

摘 要

本文利用重力资料,采用单层地壳模式反演了甘肃西部地区的地壳厚度。 根据艾利的均衡假设,进行了均衡补偿的归算,编制了莫霍界面图和均衡异常 图。

作者对甘肃西部地区的地壳变异带形成的力源进行了简要的探讨,结合历 史地震资料,讨论了地壳构造、均衡异常与地震的关系。

本文所指甘肃西部地区为兰州以西,包括北山一阿拉善、河西走廊,祁连山广大地区。 该区(特别是祁连山区)地质构造复杂,物探工作开展较少,历史上又是一个多次发生强烈 地震的地区。因此,对该区的地壳构造的研究,有着极其重要的意义。为此,我们利用重力 资料,采用压缩质面法,反演该区的地壳构造和根据艾利的均衡假设,进行了均衡补偿的归 算。並以此为基础,讨论它们与地震的关系。

一、资料的来源

众所周知,新生代的沉积层与中生代、古生代以及结晶基底的岩石密度 差 异 很 大,因 此,能产生较大的重力异常。在研究深部构造时,必须消除新生代沉积对重力的影响。而本 区的新生代沉积层主要发育在盆地中,以走廊盆地和祁连山山间盆地比较发育。主要盆地的 新生界厚度资料来源于玉门石油管理局编制的图件及钻孔资料⁽¹⁾。阿拉善—北山地 区第 三 系的厚度在一百米以下,第四系的厚度亦很薄。因此,本区消除新生代沉积层的影响,实际 上是消除新生代诸盆地中新生代沉积层的影响。

二、地壳结构模式及其计算方法的说明

多年来,中国科学院地球物理所刘元龙、王谦身利用重力资料采用压缩质面法先后反演

过北京一天津、辽南以及喜马拉雅地区的地壳构造〔2〕,其厚度计算结果与已有人工 地 混剖 面所得的结果对比,符合得比较好。同时还用坪井忠二在研究美国加里福尼亚地壳构造时提 出的SinX/X的方法进行对比计算,证明前者的误差更小。因此,利用重力资料,采用压 缩 质面法反演地壳构造是比较好的方法之一。

我所张诚等同志⁽³⁾研究陕、甘、宁、青地区天然地震波后,认为西北地区康氏界面存 在很不确定,所以我们采用单层地壳结构模式来反演该区的地壳构造。地壳的平均密度取 2.84克/厘米³,上地幔的密度取3.27克/厘米³,地壳与地幔密度差取0.43克/厘米³。

布格重力异常是深部物质结构、构造、新生代沉积层和浅层局部构造的综合反映。我们 取新生代沉积层和中、古生代岩层的密度差为0.4克/厘米³,用剥皮法消除新生代沉积 层 的 影响。浅层局部构造起伏的影响属于一种高频干扰,采用五点滑动平均法来消除。从而得到 反映深部地壳构造起伏的区域重力异常图(图1)。



图 1 甘肃西部地区区域异常图

河西走廊、祁连山是我国西部地区一个显著的重力梯级带,走向为北西西向,並为局部 正负异常所复杂化,符合压缩质面法计算中的二度体要求。我们取由人工地震而得的景泰地 区的地壳厚度51公里^[4]作为计算的起点,剖面的选取尽量满足二度体的条件,由东向西垂 直于重力等值线的走向(即北北东的方向)布设了15条剖面。依据15条剖面计算的结果,勾 绘了甘肃西部地区莫霍界面等深线图(图2)。从图中可以看出:兰州地区的地壳厚度为52 公里。这与张诚等同志利用天然地震的莫霍界面测定的地壳厚度以及一九七三年我们在作兰 州地区地震烈度时,分别利用天然地震和重力资料,采用安德烈也夫方法反演兰州地区的地 壳厚度是基本一致的。此外,一九六〇年Вилибина,В.Н.用苏联台站所得的Р波走时差 测定的北纬40度、东经97度地区的地壳厚度为50公里,北纬39.1度、东经97.7度地区的地壳 厚度为61公里。这也与我们所得的结果基本一致。柴达本盆地的地壳厚度与滕吉文^[6]用地 震反射波测定的柴达木盆地的平均地壳厚度52.5±2.5公里的上限相近。以上这些资料表明, 利用重力资料反演该区的地壳构造轮廓基本上是可信的。



图 2 甘肃西部地区莫霍界面等深线图

三、甘肃西部地区的地壳构造基本轮廓

本区的地壳构造整体上是由北而南莫霍面逐步加深的。祁连山地区显示为地壳厚度变异带,变异带的走向自西向东为北东东—北西西—北西、北北西,变异带的西部梯度大于东部梯度。地壳厚度最大的地区位于巴音泽尔肯乌拉,深达69公里。根据地壳厚度变化特征可以划分出几个具有不同特色而又互相过渡的地带。

1. 阿拉善一北山地区

以走廊北的宽台山往东经合黎山、龙首山至武威—线以北(即莫霍界面等深线50—51公 里线以北)地区,地形地貌上显示为低山丘陵区,海拔高程在1000米—2000米。就地质构造 而言,西部北山地区主要为海西褶皱带,並有大量中酸性火山岩活动。往东为阿拉善地块, 大部份地区为沙漠复盖,是地质工作极其薄弱的地区。

本区的重力异常值为-150毫伽—-225毫伽,並为众多的局部正负异常所复杂化。地壳 厚度的等深线基本走向为北西西向,地壳厚度变化不大,在星星峡—黄土山一带地壳厚度为 51公里,向四周缓慢变浅,向南至安西一带为50公里,往北至额济纳旗变为46公里。根据资 料,蒙古人民共和国的查干布格达乌拉地区,地壳厚度为45公里。该区的东部,莫霍界面发 生局部拗折。因此,北山—阿拉善地区整体上地壳厚度是由北往南缓慢下降的。局部地区略 有起伏,属于地壳变化极其平缓的地区。

2.河西走廊一北祁连山区

以走廊北缘断裂为界,北与阿拉善、北山相邻。包括河西走廊和北祁连山。河西走廊的 海拔高程为1500米—2000米,向南进入祁连山区,地形急剧上升,祁连山的平均海拔在4000米 左右,主峰在5500米以上。它们是在加里东褶皱基础上发展起来的,由于多期的构造运动, 使该区的构造极其复杂。

本区的重力异常值在-225毫伽---400毫伽之间,重力等值线的基本走向为北西西向, 但各个不同的地段又略有差异。由玉门往西异常值的走向北东东向,在玉门至武威段为北西 西向,到武威、古浪一带急转为北西、北北西向, 並为局部次级异常所复杂化。从本区的地 壳构造图上可以看出,由北面南,地壳急剧加厚,呈现为斜坡地带。在宽仅有百余公里的范 围内, 地壳加厚了10公里之多。莫霍面等深线的走向与布伽异常的走向完全一致。该斜坡带 似乎组成了一个反S型的轮廓。以武威为界,把斜坡带划分成东西两部,东部的斜坡带梯度 略小于西部斜坡带的梯度、目东部莫霍面等深线发生明显的局部弯转。还应指出的是,我国 东部的一些盆地莫霍界面基本上是属于上拱型的,而河西走廊各盆地的莫霍界面则处于地壳 变异的斜坡地带,两者显然不同。这与它们所处的大地构造位置不同有关。

3. 疏勒南山—宗务隆山区

托来南山以南, 宗务隆山以北为南祁连山范围。应包括南祁连山上古生代一中古生代物 陷带,加里东褶皱带以及印支褶皱带[6]。从地形地貌看,本区是祁连山最高的 地 区,哈拉 湖盆地海拔高程为4000米,平均海拔高程4000-5000米,哈拉湖北一些高山海拔 高 程 均 在 5000米以上。

本区的重力异常值均在-400毫伽以下,是整个祁连山区重力负值最大的地区,异常值 最低的地方是巴音泽尔肯乌拉,为-459.2毫伽。该异常区的范围约为2°×3°。由此反演





本区的地壳构造而得到的地壳厚度为62-69 公里,基本走向为北西西向,並且在巴音泽 尔肯乌拉,在哈拉湖、沙果林那穆吉木岭地 区莫霍界面等深线发生局部弯转,最深的地 方位于巴音泽尔肯乌拉,厚达69公里,形成 山根。这与重力异常最低值及地形上最高的 山区是相吻合的。显示出明显的镜象反映 (如图3所示)。由沙果林那穆吉木岭--巴 音泽乌肯尔拉向四周莫霍界面逐渐抬升,东 西两侧抬升的幅度远较南北两侧抬升的幅度 小。这显然是与本区长期以来的构造运动有关。而在青海湖地区,莫霍界面微向上拱。

四、甘肃西部地区的均衡异常的特征

按照艾利—海斯干宁的假设,我们在该区3°×3°的范围内,垂直于布伽重力异常等值 线选取了4条剖面,选用正常地壳厚度T=30公里,对43个实测重力点值进行均衡补偿的归 算。根据计算的结果, 並参照地形编制了该区的均衡异常图(图4), 並得到了以下几点粗 浅认识:

山区。在地形高度相差越大的地区,地形校正值也越大。因此,在河西走廊和祁连山相交接 的狭长地带,地形校正值高达几十毫伽。在类似这样的地区,利用重力资料反演 地 壳 厚 度 时,必须进行地形校正。

山区,均衡校正的结果显示为,正地形地区为正均衡异常,负地形地区为负均衡异常区。

(2)从均衡补偿校正来看,在正负地形*相对差异较大的地区,例如河西走廊— 祁 连

第5券

-E/7

(3) 该区的自由空气异常的平均值为 -4.23 豪 伽, 均衡异常的平均值为-18.35 臺伽、最高值为+10臺伽、最低值为-40臺 伽。因此该区基本是处于均衡平衡状态。

(4)从图上可以看出该区均衡异常的 走向基本上为北西西向。在沙果林那穆吉木 岭,其走向发生局部弯转,仅在该区的南部 和北部出现两个-30毫伽以下的负异常区, 走向亦为北西西。

图 4 甘肃西部地区均衡异常图 五、地壳构造与地震的关系

河西走廊、祁连山区历史上曾发生过多次强烈的破坏性地震,七级以上的大震就有六次 (计公元180年高台西7支级地震、1125年兰州7级地震、1927年古浪8级地震、1932年昌马 7 专级地震以及1954年山丹东北的7 去级地震和1954年民勤东的7级地震)以及许多6级以上 的地震。这些地震绝大部份位于地壳厚度变异带上,特别是7级以上的强震集中展布在河西 走廊、北祁连山的地壳变异带上。显然,地震活动与地壳厚度变异带有着密切的关系。

多年来,我们对该区的活动性深、大断裂进行过多次考察研究,这些断裂均先后发生过 一些破坏性的地震,我所刘百篪同志对该区的一些地震作了震源机制解,这些资料都表明: 该区的主压应力方向为北东一南西方向。

众所周知,河西走廊、祁连山区是漫长的地质历史时期发展而形成的青藏块体最北的一 个弧形构造带,其北缘的北祁连山深断裂带相当于古板块缝合线部位。而青藏块体隆起是由 于印度板块向北东方向附冲的结果。1975年P.Molnar, [7]研究指出: 大约在3800万年以 前,印度板块与欧亚板块碰撞后,印度板块继续以每年50毫米的速度向北东方向推进,促使 地壳缩短了200公里,其结果导致了青藏块体的隆起和地壳的加厚。由此推断,地壳厚度变 异带也就是在这种驱动力作用下形成的。

张文佑教授[8]用层间滑动理论对地壳变异带的地震作了解释。认为构造层面的起伏。 有利用应力的积累。构造层面起伏得越历害,滑动时就越容易受到阻碍,应力也就越容易集 中、有利于地震的孕育和发生。

由于印度板块向北东方向挤压,应力在地壳变异带相对地集中,应力积累到一定程度 时, 就沿着地壳的薄弱环节---长期活动的深大断裂所展布的部位传递、释放 能 量, 发 生 地 很,玉门、昌马、山丹、高台等几次大震就是在这样的深部构造背景基础上发生的。

从均衡异常图上可以看出。河西走廊和哈拉湖东是两个负均衡异常区,其均衡异常值为 - 45毫伽左右, 其走向均为北西西向。根据地质构造研究表明: 南部的异常区, 目前仍为上 升区,这可能是属于正常的均衡调整区。人文历史时期的古文化层调查表明:北部的异常区



[•] 海拔高程高出周围地区为正地形,反之为负地形。

曾有过多次的升降运动,表明该区除均衡调整力以外,尚有其他力在起作用。高台180年7 级大震正发生在下沉时期。上述事实表明:河西走廊地区除均衡调整力外,还有其他作用力 存在,这种力可能就是印度板块向北东方向碰撞挤压,促使河西走廊诸压性盆地发生差异性 的升降运动。值得指出的是高台180年7级地震发生在负均衡异常区内的下沉地区,这一事 实是偶然的现象还是必然的结果,尚须进一步的研究。如果这是必然的结果,那么凡与均衡 调整发生反向运动的地区都将可能是未来发生地震的危险区。

本文在研究过程中,得到刘元龙、王谦身、唐伯雄等同志的指导和帮助,在此表示感谢。

(本文1982年2月16日收到)

参考文献

- 〔1〕中华人民共和国石油工业部,石油地质勘探图集,第一册,1957.
- 〔2〕刘元龙、王谦身,用压缩质面法反演重力资料以估算地壳构造,地球物理学报,Vol.
 20,№,1,1977.
- 〔3〕张诚等,甘肃及邻近地区的地壳厚度,西北地震学报, Vol.1, №.2, 1979.
- 〔4〕曾融生等,我国西北地区的地壳中高速夹层,地球物理学报,Vol.14,№.2,1965.
- [5]滕吉文,柴达木盆地的深层地层反射法和地壳构造,地球物理学报, Vol.17,№.2, 1974.
- 〔6〕中国科学院地质研究所,祁连山地质志,第二卷 第一分册, 1963.
- [7] Molnar, P.et al, Cenozoic Tectonics of Asia, Effects of Continental Collision, Science, V.189, 1975.
- 〔8〕张文佑,从断块错动和层间滑动初步探讨震源空间分布和震源力学状态的关系,地质 科学,№.4,1973.

DEPTH STRUCTURE OF THE WESTERN REGION OF GANSU PROVINCE

Liang Gui-pei Chen Ai-ling He Shan-kang Li Wei-Jian (Lanzhou Seismological Institute)

Abstract

In this paper, the crustal thickness of the western region of Gansu pr ovince is inverted by means of gravity data and single crustal model. According to Airy isostatic hypotheses, a computation of isostatic compensation has been made and a map of M surface and a map of isostatic anomaly drawn up.

The force source formed on the crustal variation belt of the western region of Gansu province is briefly discussed. In the light of the historical data of earthquakes, the relationship between crustal structure and isostatic anomaly and the earthquakes is discussed.