

# 宁夏强震与深部构造

陈素改

(宁夏回族自治区地震队)

## 前 言

宁夏是我国多地震的地区之一，有记载的七级以上的地震就有6次。对于这些地震发生的地质条件已有不少文章进行讨论，但对其深部的构造特征却研究的很少。本文试图利用重力布格异常和地壳电性分层特征对这个问题做些粗浅的讨论。其中重力布格异常是引用的银川石油管理局的成果，电性分层资料是利用的原国家地震局兰州地震大队大地电磁测深队1970年的工作成果。同时还引用了银川石油局和宁夏地质局的部分物探工作成果。

## 一、强震与重力布格异常

利用重力场的异常变化，推测结晶基底的起伏和深部断层的分布情况已是人们熟知的常识，关于重力场的变化与地震的关系前人也做过不少的研究〔1〕〔2〕〔8〕。他们的基本出发点是重力异常反映了地壳深部构造特征，地震的发生与地壳深部构造有关，所以重力异常区往往是大震发生的场所。根据周有华同志的研究，无论是国内还是国外，是近代还是古代，地震与重力异常的分布都是不可分割地联系在一起，如，世界上两个主要地震带，即环太平洋地震带和地中海地震带，它们集中了全球95%左右的地震。而一系列的强大重力异常分布区域正好对应着这两个地震带。我国大陆从西向东，三条近南北向的大致相互平行的重力梯度带，即贺兰山、六盘山、龙门山、横断山梯度带、太行山、嵩山、巫山、武陵山、雪峰山梯度带；荥口、郟城、芦江一线的梯度带也都是我国强震集中的地震带。

宁夏位于我国南北构造带的北段，贺兰山、六盘山把我国秦岭以北的地区分成东、西两部分，地壳厚度由东部的30—40公里，陡增至西部的50—60公里，康拉德面和莫霍洛维奇面在此均有很大的起伏，在宁夏区内从北部的石咀山至南部的固原、隆德近七万平方公里的地区，都处于明显的重力异常带上。

宁夏的强震活动与重力异常是形影相随的，这表现在：

1. 宁夏历史强震 ( $M \geq 7$ 级) 发生的位置与重力异常区的位置相一致。具体来说，就是1622年的7级地震、1709年7½级地震、1739年的8级地震、1920年的8.5级地震的极震区分别与固原北、中卫、银川—平罗、海源附近的重力异常区相一致。1561年中宁鸣沙洲的7级地震与中宁南的重力异常区有关。

2. 地震的大小与重力异常的绝对值及展布面积的大小有一定的关系，按着地震震级大小排列的次序是：1920年海原地震、1739年银川—平罗地震、1709年中卫地震，而重力异常展布面

积的大小也是按上述顺序排列的。根据国家地震局物探大队的研究,地震强度与布格重力异常梯度值的大小有关,即布格重力异常值越大,相应的地震强度(烈度)也就愈高(图1)。根据他们的结果,梯度值小于0.5毫伽/公里,能够发生小于Ⅶ度的地震,梯度值0.5—1.0毫伽/公里,能够发生Ⅶ度的地震,梯度值1.0—1.3毫伽/公里,能够发生Ⅷ度的地震,梯度值>1.3毫伽/公里,能够发生≥Ⅸ度的地震。

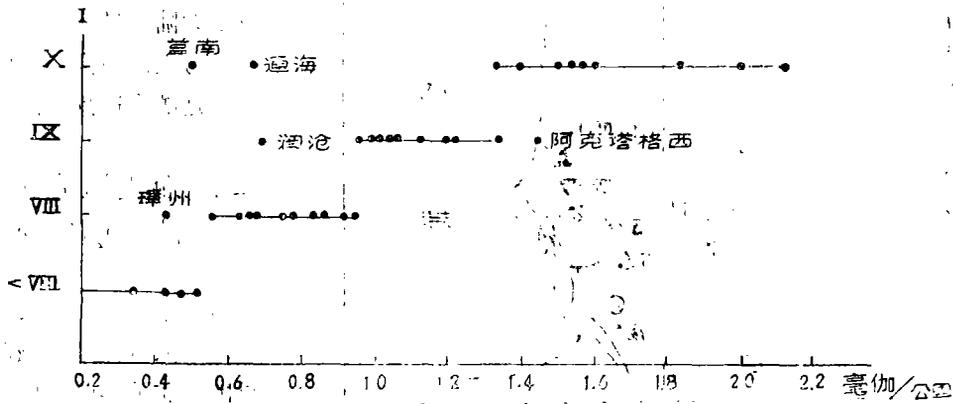


图1 重力梯度值与地震烈度关系示意图

宁夏几次地震震中区的重力梯度值

表1

地震发生时间	地 点	震中烈度	重力梯度值 毫伽/公里	说 明
1622年10月25日	固 原 北	9~10	1.00	正负异常过渡带
1709年10月14日	中 卫	9~10	2.00	负异平区
1739年1月3日	银川—平罗	10+	2.27	负异常区
1920年12月16日	海 原	12	2.97	负异常区

从表1可以看出,宁夏几次Ⅸ度以上地震发生的地区,其重力梯度值普遍比物探大队的成果要大的多。这可能与宁夏正处我国南北构造带上以及地壳厚度变化大有关。

3. 强震极震区等震线的形态与布格重力异常的展布形态相似,或极震区等震线的长轴方向与重力梯度密集带的走向相吻合。

4. 无强震发生的地区,重力变化十分平缓。

上述第一点,在我国其它地区也有类似的现象。近十几年来,我国邢台、通海、甘孜、昭通、海城及唐山等7级以上的地震也都发生在重力异常的特殊部位上。

从强震发生的具体位置可以看出,绝大多数地震都发生在重力梯度变化很大的梯度密集带附近。众所周知,重力梯度密集程度越大,反映地下深部断裂带的断层面也就越陡,所以强震位置与重力梯度密集带一致的现象表明,其发震断层面的倾角也应该是比较陡的。这一点与我国多数大震震源机制给出的解答是相符合的〔4〕。

• 国家地震局震源机制研究小组,中国地震震源机制的研究

关于重力梯度与地震活动形影相随的原因，张文佑教授曾从层间滑动的观点做过解释，他认为重力梯度带一般是深部构造层面起伏的地方，也是地壳厚度变化大的地方，重力梯度

值越大，说明构造层面的起伏程度越厉害，滑动时容易受到阻碍，因而也就容易造成应力集中，所以地震活动性强。根据我国大陆区域构造应力以水平方向为主观点〔5〕〔6〕，上述解释是颇有道理的。

## 二、强震区壳下电性分层特征

1970年以来，国家地震局兰州地震大队大地电磁测深队在我国南北地震带北段的甘、宁、青地区开展了大地电磁深测工作，其中在宁夏境内的测点有11个，测点的位置如图2所示，为了叙述的方便，在图3中我们把测点编上了号码，这11个测点中部分测点的电性分层情况如表2所示。

从图2可以看出，多数测点都分布在宁夏发生过强震的地方及其附近，因此，尽管测点不多，我们还是可以由此讨论一些问题的。表2给出的部分结果表明，在宁夏境内，凡是发生过强烈地震的地区，其地壳内普遍存在一些电阻率为数个欧姆·米或低于数个欧姆·米的异常低阻层。而远离强震震中地区的测点（如

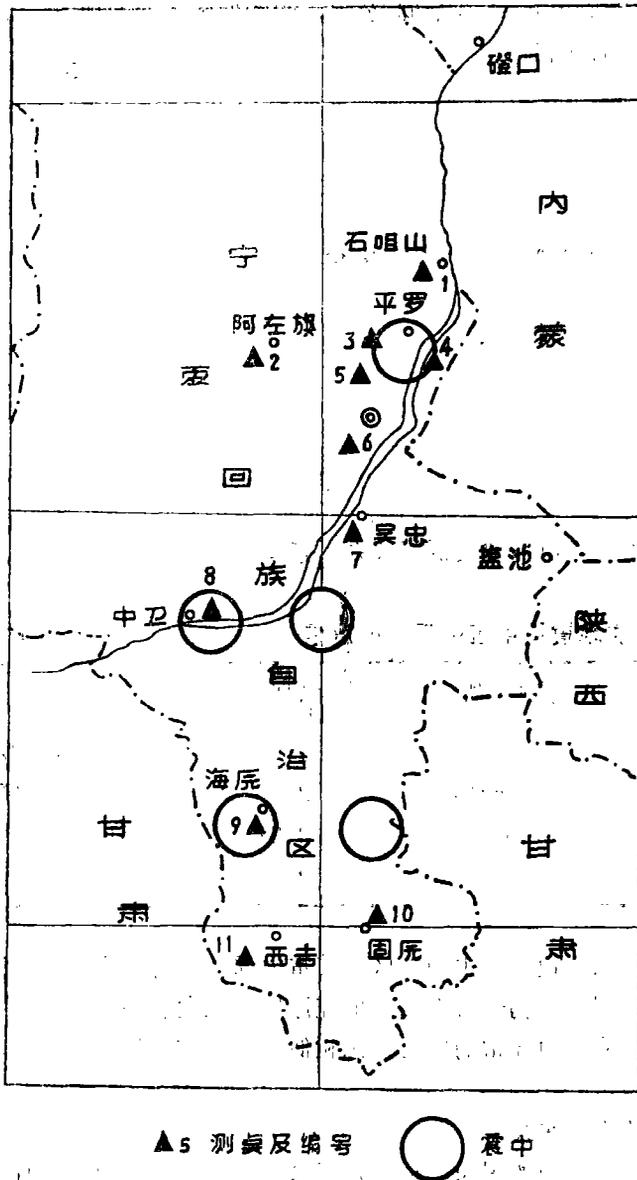


图2 大地电磁测深点位置

1,2两点), 其地壳内低阻层显示的很不明显。仔细分析一下, 发生过强烈地震地区的电性分层资料还可以发现, 低阻层集中出现在两个层位上, 一个是在地下深度为20~30公里处, 另一层是在地下深度10~15公里处。前一个深度是主要的, 它在宁夏11个测点中显示的很明显(除1,2点外), 这可能与宁夏地震发生的深部环境有关。宁夏自有仪器记录的十余年的地震资料表明, 宁夏地区地震活动的震源深度大部是在20公里左右(图3), 略浅于上述20—

30公里深度的低处阻层位。

宁夏部分测点地下电性分层图

表2

层数	巴彦浩特 2			西大滩 3			陶乐 4			芦花台 5			海原 9			固原 10		
	$\rho_y$	h	H	$\rho_y$	h	H	$\rho_x$	h	H	$\rho_y$	h	H	$\rho_y$	h	H	$\rho_y$	h	H
1	420	27	27	11.0	4.6	4.6	6.4	2.0	2.0	9.7	6.1	6.1	8.2	4.0	4.0	14	6.0	6.0
2	180	4.5	32	740	13	17.6	410	9.0	11.0	700	4.7	10.8	3.5	1.0	5.0	1400	16.0	22.0
3	370	16	48	1.0	0.7	18.3	1.2	1.0	12.0	1.2	3.0	13.8	25	5.0	10.0	2.4	2.0	24.0
4	32	4.3	52	540	12	30.3	6000	11	23.0	1000	11.0	24.8	6.2	3.0	13.0	1600	60.0	84.0
5	4100	43	95	0.1			1.3	1.5	24.5	0.2			23	9.0	22.0	3.0	4.0	88.0
6	4.0						280	36					1.0	2.0	24.0	380		
7							2.0						670	52	76.0			
8													3.0					

巴 石 银 吴 中 中 海 固 西  
 音 咀 川 忠 宁 卫 原 原 吉  
 木 山 川 忠 宁 卫 原 原 吉  
 仁 山 川 忠 宁 卫 原 原 吉

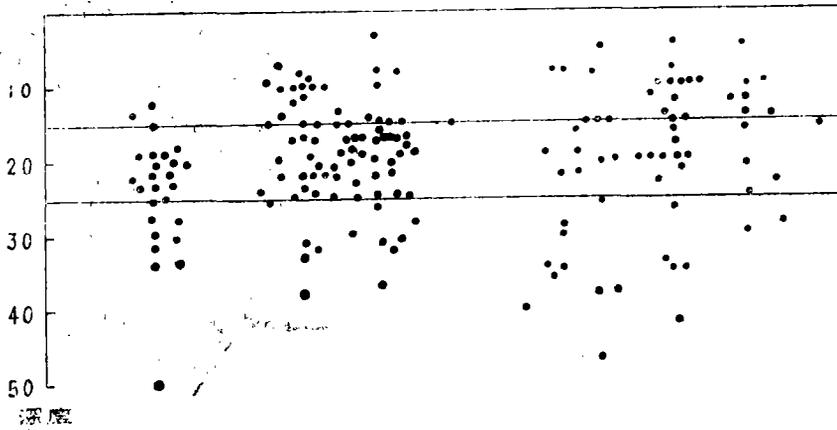


图3 宁夏地震震源深度剖面图

另外，在宁夏的部分测点中，如海源测点(9号点)，地壳内的电阻率比其余各点都低得厉害，而且各层普遍如此，这种现象肯定与海原8.5级地震的发生有关。1976年8月四川松潘7.2级地震发生前后两次测量结果表明，该区在孕震期间存在着异常低阻层显著变厚的现象\*。因此似乎可以认为，海源点地壳内电阻率普遍低的原因，可能是海原大震的后果

根据文献〔7〕的研究，南北地震带的北段，带有共同性的特征层是上地幔出现的第一个低阻层，这个低阻层的电阻率亦为数个欧姆·米，这个层在地震带及其近侧都显示的比较

\* 国家地震局兰州地震大队大地电磁测深组，地震研究，1978，№2

清楚,出现的深度在70—80公里处,这个深处沿地震带方向无明显的变化,横穿地震带时,显示出地震带以东变浅,以西变深的迹象。如宁夏的4号点在地震带以东,其上地幔第一个低阻层的深度为60公里,2号点在地震带以西,其相应层位深度为95公里。这个上地幔的低阻层可能就是“软流层”的上边界。林长佑等同志认为,上地幔低阻层的最好解释是由于该处岩石处于接近熔化或部分熔化的状态。由于这里热流值相当高,所以容易出现软流圈物质的快速流动,而这种快速流动就是岩石圈板块中应力场的直接来源之一[98]。照此分析,普遍存在的上地幔第一个低阻层就是与产生地震的力源有关的一个因素了。

另外,宁夏地区的部分物探工作成果也提供了地下深部构造的资料。比如,银川地堑的电测深标准层(相当奥陶系顶面)的等深线长轴方向是北北东向(图4),电测深第三系低阻层等厚线长轴方向也是北北东向(图5)。这与前述地堑内重力布格异常展布的方向及1739年8级大震等震线长轴方向都是一致的。这些都反映了这儿深部构造特征,同时也很好地反映了1739年8级大震与其深部构造之间的密切关系。

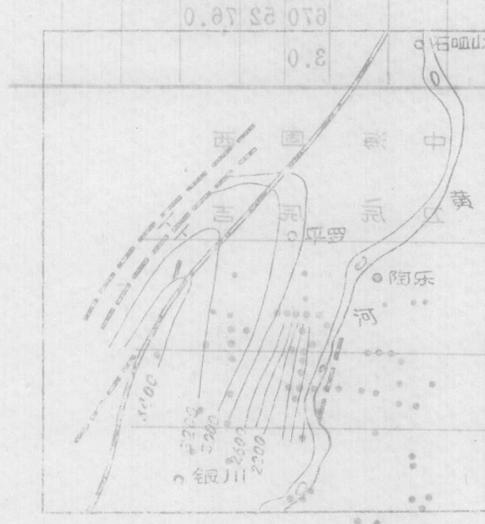


图4 银川地堑电测深电法标准层深度奥陶系示意图

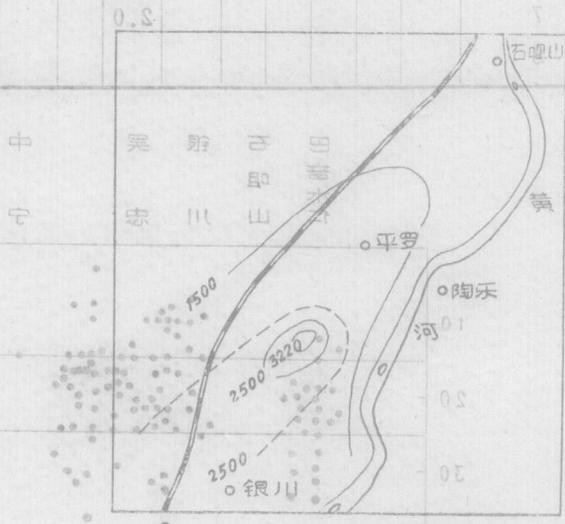


图5 银川地堑电测深第三系低阻层等厚度示意图

根据人工地震反射剖面资料,平罗、银川、灵武为三个凹隐带,在平罗—银川间存在一组走向和盆地展布方向一致的北北东向的隐伏断裂,长约100公里,同时还有三排表层的隐伏的呈北西或北北西方向的断层与其横跨,后者影响了北北东向的断裂活动,产生的断距可达200—400米,延伸10—30公里。这个北北东向的隐伏断裂可能就是1739年8级地震的发震构造。近年来的地震资料表明,该断裂目前尚有继续活动的迹象。再据钻井和人工地震资料,银川地堑堆积了巨厚的沉积物,第四系厚度为1800—2100米,第三系厚度为2700—3400米,基底可能为古生代地层,从地堑的沉积厚度变化来看,自地堑中心向四周递减,有西厚东薄的特点。而1739年8级大震震中就位于沉积中心附近。综上所述,强震的发生是与地壳深处的构造环境及其运动特征紧密相关的。为了进一步弄清强震的孕育过程及预测未来强烈地震的危险区,尽可能的运用物探、钻井等方面的资料查清地壳深部构造是一项十分有意义的工作。

### 三、结 束 语

从上面的讨论可以得到以下几点认识:

1. 局部重力布格异常反映地壳上层有大块基岩断落, 这既造成深部构造面的起伏, 也表明了地下深处发生强烈的构造运动。地震往往发生在重力布格异常的特殊部位上。从这个观点出发, 自宁夏隆德至甘肃的庄浪一带应该注意。

2. 从层间滑动的观点解释地震活动与重力布格的异常关系, 支持我国大陆区域构造应力以水平运动为主的观点, 并且认为这种水平应力场的分布不仅局限于地壳浅层, 在地壳深处也是如此。

3. 地震带内壳下普遍存在有电阻率为数个欧姆·米的低阻层, 而且其深度略深于地震活动的优势深度, 这说明低阻层的存在与地震的孕育和发生是有关系的。其关系之一就是対震源底部起到了解缚的作用〔9〕。

4. 上地幔普遍存在的第一个低阻层是与产生地震的力源有关的一个因素。

### 参 考 文 献

- 〔1〕张文佑等, 从块断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, 1973年, 第4期
- 〔2〕周有华, 重力变化与地震, 自然科学争鸣, 1977年, 第6期
- 〔3〕地震物探队, 地震物探综合研究初步总结, 《中长期地震预报经验交流会议资料选编》2, 1977年
- 〔4〕郭增建、姜秀娥, 用震源机制资料讨论中国境内的现代构造运动, 《中国地球物理学会一九六三年学术会议论文集》1965年, 科学出版社
- 〔5〕郭增建、秦保燕、张远孚、黎在良, 从水平力和垂直力的相互作用讨论我国境内地震的孕育和发生, 地球物理学报, 20, 3, 1977年
- 〔6〕郭增建、秦保燕, 地震预报中的某些力学问题, 力学, 1977年, 第一期
- 〔7〕国家地震局兰州地震大队大地电磁测深组, 中国南北地震带北段地壳和上地幔的电性特征, 地球物理学报, 19, 1, 1976年。
- 〔8〕L.R. 赛克斯 板内地震的震源机制解和岩石层中的应力, 国外地震, 1977年, 第4期
- 〔9〕秦保燕、郭增建, 由地震时震中区的显著下沉讨论震源的低部条件, 西北地震学报, 1979年, 第1期。