

东北地区地壳结构特征与地震分布

钟以璋 卢造勋 刘天革

(辽宁省地震局)

摘 要

本文利用各种地球物理场资料结合卫星影象的解释,简要地讨论了东北地区地壳构造的基本特点,指出该区的地壳构造由几个巨大的断块组成,长条状断块相间分布,平行排列。最后还讨论了区域构造与震中分布的关系。

破坏性地震的震源发生于地壳深部。因此,利用各种物理探测方法开展地壳深部结构及力学模式的研究,对认识地震成因及地球的发展、演变历史均有重要意义。近年来,由于卫星影象具有宏观、真实、主要构造形象突出等优点,因而成为研究地壳表层构造的一种有效手段。本文试图利用各种地球物理场资料结合卫星影象的目视解释结果,简要地讨论东北地区地壳构造的基本特征,并对地壳构造与地震的关系做一初步讨论。

文中所论及的范围是北纬 38—53.5°、东经 117—135° 这一广大地域。

一、地壳表层构造特征

1. 东北地势的特征是四周高中间低。广阔的松辽平原周围被丘陵和山地围绕。北部是大小兴安岭;东部、东南部为张广才岭、老爷岭、吉林哈达岭、长白山、千山山系(简称东部山地);南部与辽西山地相接。各个主要地貌单元的概况是:

松辽平原: 为断陷盆地,堆积了巨厚的河湖相地层,海拔高度为 50—200 米。

东部山地: 北与小兴安岭相邻,东北伸入三河平原,西南没于黄海、渤海。山脉走向北北东或北东。海拔高度 500—1000 米。总长 1380 公里。

大兴安岭: 位于松辽平原以西,山脉走向北北东,海拔高度 1100—1400 米,总长 1200 公里。

辽西山地: 位于大兴安岭南,山脉呈东北—西南向排列,海拔 1000 米以上。总的地势是西南高,东北低,由医巫闾山、努鲁尔虎山、大青山等山脉组成。阶梯状地貌,在本区表现得很明显。

2. 东北地区的地貌景观主要是在中生代塑造的,此时的地壳构造活动奠定了本区地貌的基本轮廓。因此,地貌形态基本上反映了本区的地质构造概貌。全区地质构造自西而东可分为以下几个构造带(图 1)。

大兴安岭褶皱带: 为古生代的褶皱带。主要构造线方向为北北东向。中生代有大量的岩浆侵入、火山喷发和断裂活动。沿北东—南西向形成了一系列雁列式的构造盆地。新生代有大量的玄武岩喷发,并形成了东陡西缓的不对称山地。

辽西褶皱带：位于大兴安岭褶皱带南部，其间被东西向阴山构造带隔开。构造线的方向为北东向。中生代时期褶皱、断裂活动很激烈。新生代发生断裂隆起，沿断裂带有大量的玄武岩、安山岩喷出。

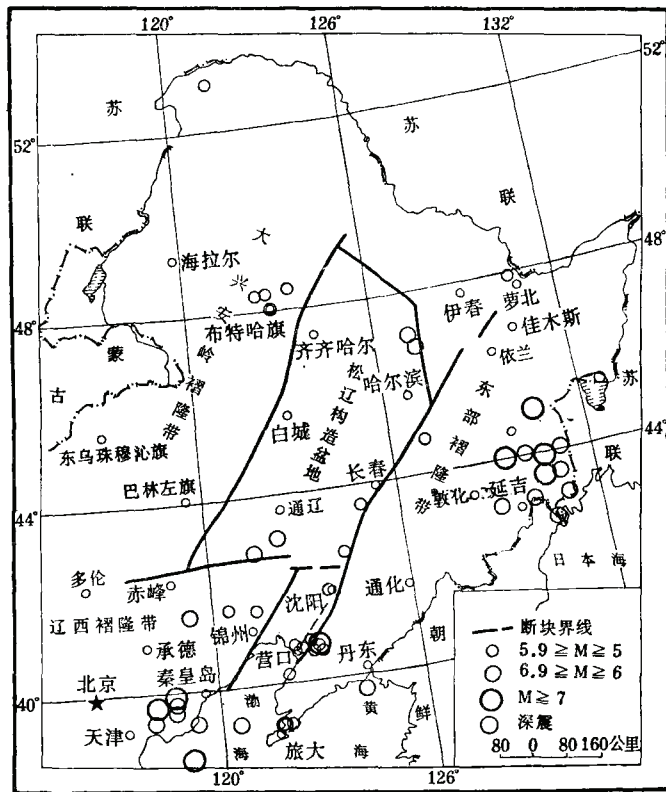


图1 东北地区断块构造分区图

松辽断陷盆地：是一个长方形构造盆地。自中生代受断裂控制开始下沉，长期接受堆积，沉降幅度极不均匀，自几百米可突增到几千米。周边地区有火山岩系分布。新生代除有大量陆相沉积外，还伴随有火山活动，直到第四纪时期，盆地北部仍有火山活动，形成了许多火山口、熔岩台地等。盆地南部堆积有大量第四纪冲积物。

东部褶皱带：前震旦纪变质岩系在本区广泛出露，为古老的隆起带。古生代末期在北部形成了一系列北东—南西向褶皱与断裂，同时有大量的花岗岩浆侵入，中生代后期发生北北东向的断裂，形成一系列的块状隆起和拗陷。新生代时期亦有火山活动。

上述构造区之间均以规模巨大的深断裂分界，使东北地区形成北东向的长条形构造断块相间排列和平行展布，构成了本区地壳表层构造最基本的特征。

二、深部构造的基本轮廓

近年来，在广泛分析本区各种地球物理场资料特征的基础上，借助于区域航磁异常，深

重力异常、工程爆破、测震等方面资料对东北地区的深部构造进行了初步研究¹⁾。

首先，在重力求解地壳厚度的基础上，通过工程爆破及测震资料的初步验证，所获得的东北地区地壳厚度轮廓为：地壳厚度等值线呈北东方向展布，其变化特征是：中部松辽盆地

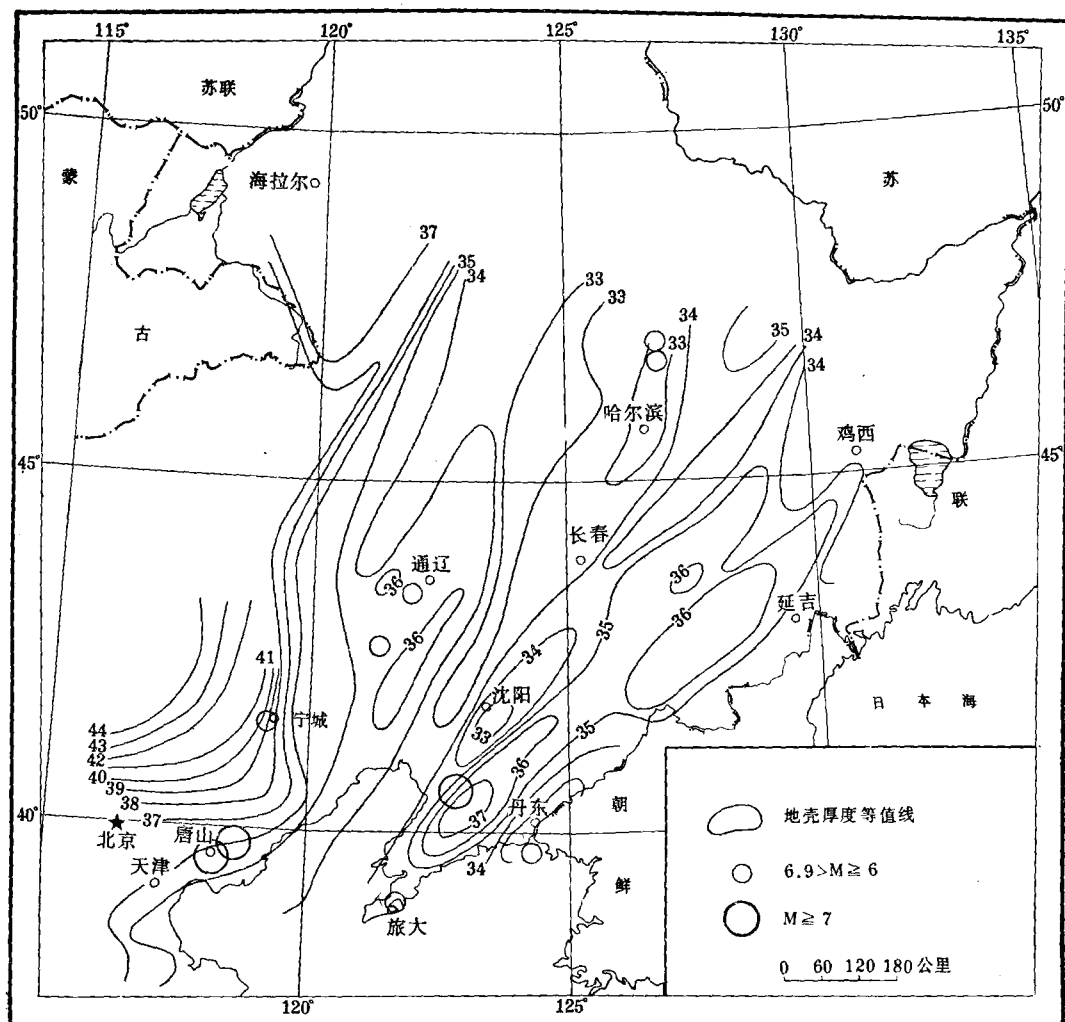


图 2a 东北地区地壳厚度轮廓图

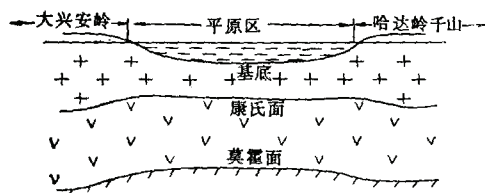


图 2b 东北地区深部地壳构造模式图

1) 辽宁省第一地震队，1978，东北地区的深部地球物理场与深部构造。

厚度小, 往西至大兴安岭一带地壳厚度急剧增大, 其间以深断裂为界; 盆地以东的东部山区地壳厚度亦有明显增加, 其间亦以断裂为界。总的轮廓表现为: 东北中部地区是一个大规模的上地幔隆起, 西陡东缓(图 2a、b)。辽西地区地壳厚度等值线呈东西向分布, 自南向北地壳厚度剧增。而在林西、巴林右旗一带, 地壳厚度等值线则缓慢转向北东, 反映莫氏面为“S”型陡坡, 说明这里深部构造是极为复杂的。

东北地区的深部地球物理场分布特征亦描绘了全区地壳深部构造轮廓, 如: 深部重力场总体走向也呈北东走向分布, 异常值由 20 毫伽至 -100 毫伽, 西部重力值最低, 变化梯度大, 除南部外, 背景简单, 中部重力值高且平稳, 东部重力值稍低, 背景较复杂。用均值法对航磁 ΔT 异常进行数据处理的结果, 发现辽东半岛西部沿海区正负磁异常带相间排列, 呈北东向分布。在北纬 41—42° 附近, 东西向的磁异常隐约可见, 其位置大致与重力异常带一致。

综合上述资料可将东北分为四个不同的深部地壳结构区(图 3)。

1. 齐齐哈尔—乌兰浩特—奈曼—北票以西, 42° 以北为 I 区, 重力值自东往西从 -10 毫伽降至 -100 毫伽, 地壳厚度相应由 35 公里增至 39 公里, 莫氏面为大体向西的单斜面, 只是在布特哈旗、奈曼旗一带莫氏面有明显的扭曲、转折, 并有深断裂存在。

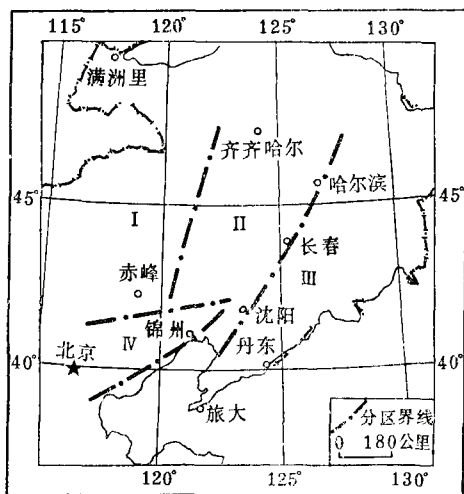


图 3 东北地区深部构造分区图

2. 庆安—阿城—长春—沈阳—营口以西为 II 区; 重力值一般为 -5 至 +20 毫伽, 地壳厚度较薄, 为 33.5—35 公里。

3. II 区以东为 III 区; 重力值为 -5 至 -35 毫伽, 地壳厚度较大, 为 35—38 公里。区内由于深断裂切割使地球物理场及地壳厚度等值线复杂化。

4. 大虎山—锦州以西, 北纬 40°30′—42°30′ 为 IV 区, 重力梯度变化大, 从南向北由 -5 毫伽降至 -140 毫伽, 地壳厚度由南往北剧增。从 36 公里增至 44 公里, 东北部莫氏面发生扭曲, 反映了深部结构的复杂性。

三、主要断裂的展布特点

东北地区巨大断块之间多以深大断裂分界, 由于巨型断块的延伸方向皆为北北东向或北

东向，所以北北东向断裂极为发育。我们将分割两个相邻断块的、方向相同的断裂带合并称为断裂系，全区主要有北北东—北东向断裂系、东西向断裂系、北西向断裂系。它们在卫星影象上均有明显的反映(图 4)。

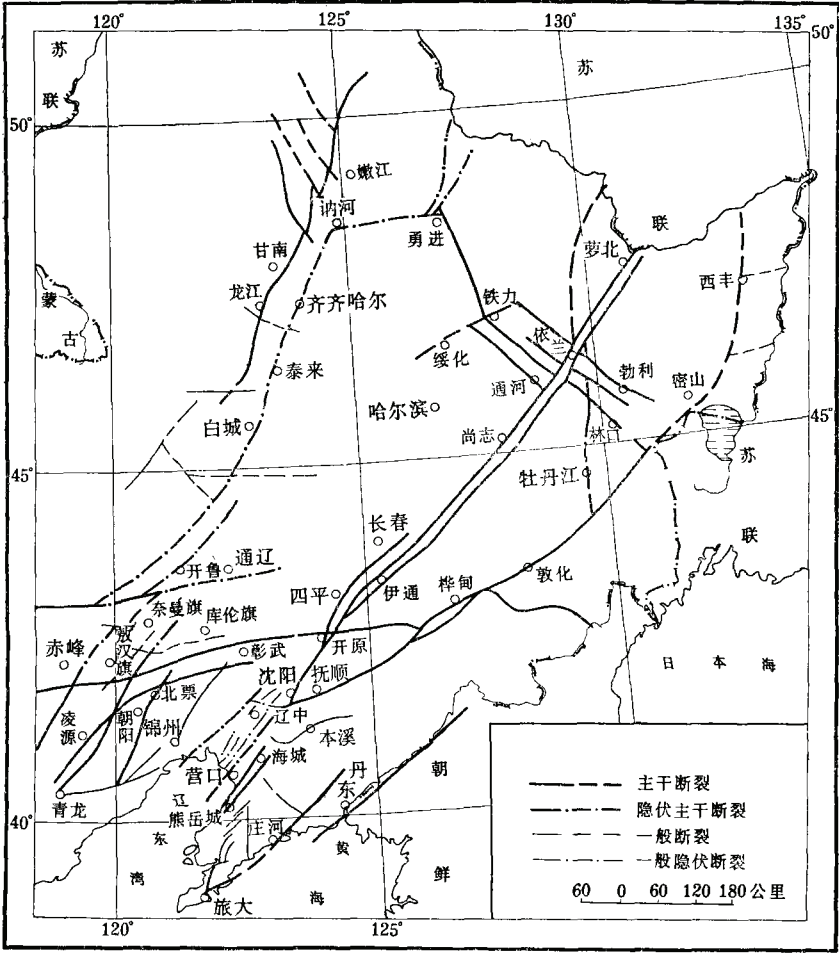


图 4 东北地区主要断裂带卫星相片解释图

1. 金县—沈阳—宾县—绥化断裂系：沿北北东向展布，与新华夏系构造带走向一致⁽¹⁾，断裂呈雁行状排列。自南而北有金州断裂带、营口—海城断裂带、牛居—油燕沟断裂带、沈阳—长春断裂带、依兰—伊通断裂带。深部地球物理场及地壳构造特征表现为重力异常梯级带和地壳厚度变化带。

(1) 金州断裂带：南起大连湾，经金州、普兰店至熊岳呈北北东向展布，线性影象清晰，由多条雁行状排列的断裂组合而成。在普兰店以北断裂带分散成多条断裂，往北规模逐渐变小。

(2) 营口—海城断裂带：由两条近于平行的北北东断裂组成。东面一条自盖县延至海城北，卫星影象上可见断裂东盘山体北移，说明断层具反扭性质。西面一条为山区与平原的分界线，北起鞍山以北，往南延至辽东湾，断层西盘色调较暗，反映东盘上升。

(3) 牛居—油燕沟断裂带: 走向北东, 北起沈阳西南的彰驿站附近, 南延入渤海。沿断裂带地下水富集, 呈暗色条带, 宽 5—8 公里。西盘色调略深, 反映东盘上升。这与测深资料所得结果完全一致^[2]。该断裂深度较大, 莫氏面断距可达 3—4 公里。

(4) 沈阳—长春断裂带, 走向北北东, 南始于沈阳, 北达长春, 影象呈直线状。西盘色调较暗, 说明东盘相对上升。地貌上为山区与平原的分界线。断裂带显示有新的活动。

(5) 依兰—伊通断裂带: 总体走向北 40° 东。铁岭以北影象明显, 呈线状展布, 经伊通、萝北一直延至黑龙江边。自开原起断裂分为两支, 构成宽达 5—20 公里的长条状断陷槽地, 往南与沈阳—长春断裂合成一条。重磁资料测定断裂东盘下降, 莫氏面断距达 2 公里左右。

2. 讷河—白城—奈曼—朝阳断裂系: 总体走向北北东, 位于大兴安岭东坡, 为平原与山区的分界线。北起讷河, 经齐齐哈尔、奈曼旗直至朝阳一带。由嫩江断裂带和大兴安岭东坡断裂带组成。深部地球物理标志同前一断裂系, 唯深部重力梯级带规模大, 而且比较单一。地壳厚度由东往西剧增, 南北两端尤甚。

(1) 嫩江断裂带: 沿龙江、甘南一段往北为大小兴安岭的分界线。断裂形迹主要由地形、沉积物的含水性和水系显示出来。地貌分界线和水系汇流点的直线排列是识别这条断裂带的主要标志。

(2) 大兴安岭东坡断裂带: 沿嫩江河谷发育。齐齐哈尔至白城、洮安以南断裂带表现为地下水富集带、湖沼呈线状排列, 水系交汇点有向北偏移的现象。该断裂带可分两条: 一条沿洮安、科尔沁右翼中旗分布; 另一条沿奈曼、开鲁一带分布。重磁资料所推断的布特哈旗深断裂与该断裂走向基本一致, 只是位置往西稍有偏移。断裂西盘相对下降, 莫氏面的断距达 2—3 公里。

3. 东西向断裂系: 本区的东西向构造属阴山—燕山纬向构造带的东部。其位置大致处于 40°30′ 至 43°00′, 包括有西拉木伦河断裂带、张家口—北票断裂带和锦山—开原断裂带。由于受北东向构造的破坏和改造, 断裂形迹断续出露。深部重力场表现为规模宏伟的负异常带, 磁异常带也隐约呈东西向分布。

(1) 西拉木伦河断裂带: 西起达里诺尔, 经景峰沿西拉木伦河向东延伸, 可达通辽附近。断裂影象清楚, 成为辽西山地与松辽盆地的分界线。

(2) 张家口—北票断裂, 西始于河北省张家口附近, 经隆化、北票可延入彰武附近。线性形迹时隐时现, 断裂沿走向变化较大。此断裂深度较大, 莫氏面断距可达 3 公里, 北盘相对下降。

(3) 锦山—开原断裂带: 西自锦山, 东至西丰以东, 长达 500 公里以上。开原—西丰段, 库伦—敖汉段断裂沿东西向的河谷分布, 开原—库伦段表现为不同岩性的分界线。

东西向的断裂在辽西山地表现比较明显, 不过由于后期新华夏系构造的破坏和改造, 北北东向的断裂也很发育。形迹较为清楚的有: 凌源—建平断裂带、北票—朝阳断裂带、八里罕断裂带等。

4. 勇进—铁力—勃利断裂系: 这是一组北西向断裂系, 走向为北 45° 西。卫星影象上形象清晰。断层多沿河谷延伸, 是本区规模最大的北西向断裂系。包括有: 勇进—铁力、庆安—通河、铁力—林口、依兰—勃利、带岭—七台河等五条断裂带。勇进—铁力断裂带位于铁力以西, 为小兴安岭与松辽盆地的分界线。其余四条断裂带分布在铁力以东, 平行排列。

从它们的展布形态和与其他断裂的交切关系来看, 北西向的断裂形成时间较晚。由于区域性的重力剖面未能穿过这些北西向断裂带, 缺乏相应的资料, 所以深部构造背景不清。

另外, 浑河—敦化—密山断裂带, 虽然不是巨大断块的分界线, 可是在卫星影象上却有明显的反映。该断裂穿过东部山区, 它始于沈阳, 沿浑河经清原、梅河口、敦化、密山延至西丰以北, 走向由北东向转为北北东向, 全长 1200 公里。抚顺至敦化段断层影象清楚, 梅河口—桦甸段断层分为两支, 北支顺山麓延伸, 南支顺河谷延伸。至桦甸以东又合为一支, 敦化以东见玄武岩沿断裂分布, 后又断裂错断, 说明了断裂有多期活动。根据重磁资料解释结果, 断裂东盘相对下降, 莫氏面断距为 1 至 2 公里。

总之, 整个东北地区的地壳构造格架由两个正构造单元和一个负构造单元组成。大兴安岭褶皱隆起带和东部褶皱隆起带中间隔着巨大的松辽拗陷, 其间都以大断裂为界。而东北地区的深部构造背景表现为一个大规模的上地幔隆起。在地表的隆起部位地壳厚度大, 拗陷部位地壳厚度薄, 这种对应的互逆关系符合地壳重力均衡中的爱黎原理⁽³⁾。从断裂构造来看, 规模较大的地表断裂一般都延伸到地壳深部, 说明地壳表层和深部断裂构造大体是相呼应的。

四、地壳构造与震中分布的关系

众所周知, 浅源地震的震中多沿构造带分布。分析东北地区地震震中与地质构造的关系可以看出以下几点:

1. 东北的地震主要沿金县—沈阳—宾县—绥化和讷河—白城—奈曼—朝阳这两个断裂系分布。例如, 金县三次 5 级以上地震, 熊岳 $5\frac{3}{4}$ 级地震, 营口两次 5 级地震, 海城 7.3 级地震, 沈阳 $5\frac{1}{2}$ 级地震, 开原 5 级地震, 怀德 5.2 级地震, 绥化两次 6 级地震, 均沿金县—沈阳—宾县—绥化断裂系及其附近地区分布。在深部构造特征方面, 这是一个规模宏大的重磁力异常梯级带, 在辽南地区还表现为上地幔隆起带。

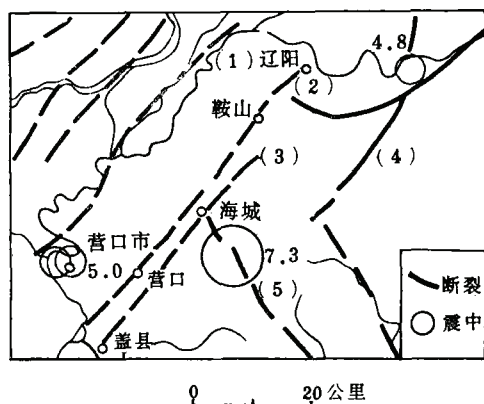


图 5 辽南海城地区地震地质图

1. 牛居—油燕沟断裂
2. 鞍山—营口断裂
3. 海城—盖县断裂
4. 汤山—孤山断裂
5. 大洋河断裂

2. 某些地震的发震部位正好是构造的交汇区, 而且发震构造一般是规模较小、活动较新的断裂。例如, 1975 年 2 月 4 日发生 7.3 级地震的海城—营口地区存在多条北北东向的大断裂, 自西而东有牛居—油燕沟断裂, 鞍山—营口断裂, 海城—盖县断裂, 汤河—孤山断裂。它们是区域内最主要的构造, 其它方向的断裂, 规模都很小。与地震有直接关系的北西西向大洋河断裂在区内断续分布, 它在海城以南与海城—盖县断裂相交, 交汇区就是 7.3 级地震的极震区(图 5)。这个事实说明不同方向构造的交汇部位容易发生地震。1941 年、1942 年绥化两次 6 级地震, 1940 年熊岳 $5\frac{3}{4}$ 级地震也

发生在不同构造的交汇区。从深部构造背景看, 这些地震都分布在上地幔隆起的周边地区。

3. 构造背景复杂的地区多是孕育强震的场所。1290 年辽宁宁城 $6\frac{3}{4}$ 级地震就位于地

质构造十分复杂的地区。区内最古老的构造是纬向构造,尔后,强大的北东向构造破坏和改造了原有构造。次级规模的北西向构造又使区域构造进一步复杂化。长期的构造作用影响到地壳深部,以致该区的深部重、磁场受到干扰,地壳厚度急剧变化,深部构造发生扭曲(图6)。通辽以北,齐齐哈尔以南地区的深部构造比较简单,因而很少发生地震。通辽—奈曼地区和布特哈旗地区与宁城地区相似,深部构造背景比较复杂,因此成了孕育地震的活动区。

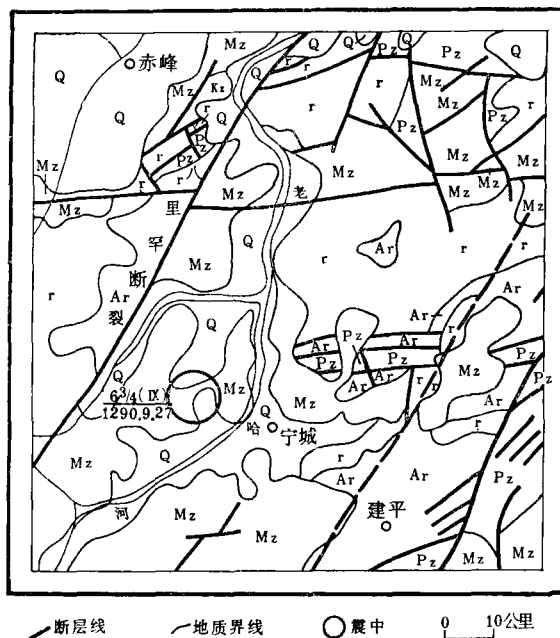


图6 辽宁宁城地区地震地质图

五、结 论

通过以上讨论可以得到下述认识:

1. 东北地区的地壳构造格架主要由几个规模宏大的断块构成。呈长条状分布,延伸方向为北北东—北东向,其间均以深大断裂分界。条块状的构造格局是东北地壳构造的主要特征之一。

2. 东北地区表层构造的基本形态是中间低、两边高,而与其相对应的深部构造则是两边低中间高的上地幔隆起。这种互逆关系符合重力均衡原理。一般表层的大断裂往往都延伸到地壳深部,说明深浅部构造基本上是相呼应的。因此,利用地球物理场资料,结合卫星影像解释是研究地壳构造的有效途径。

3. 地震震中都沿大的断裂带分布,其展布方向与区域主要断裂带的走向大体一致。地震的发生与深部断裂的活动有密切关系。尤其在构造的交汇部位、深部构造受扭曲、上地幔隆起的周边地区往往都是孕育、发生地震的场所。

(1978年9月收到)

参 考 文 献

- [1] 李四光, 1972, 地质力学概论, 地质力学研究所, 科学出版社。
- [2] 卢造勋, 1978, 矿山爆破探测深部构造, 地震战线, 6期。
- [3] 方俊, 1965, 重力测量与地球形状学, 上册第七章, 科学出版社, 1965年。

CHARACTERISTICS OF CRUSTAL STRUCTURES IN NORTHEAST CHINA AND THEIR RELATIONS TO THE DISTRIBUTION OF STRONG EARTHQUAKES

Chung Yichang, Lu Zaoxun and Liu Tiange

(Liaoning Seismological Bureau)

(Abstract)

Using the various data of geophysical fields combined with the interpretations of satellite photographs (images), this paper is written with the following conclusions:

[1] The deep-seated crustal structures revealed by data of geophysical fields are basically in conformity with the surface structures inferred from the satellite images. The combination of these two methods would provide a powerful approach for studying the crustal structures.

[2] The geotectonic framework of Northeast China is composed of several great fault blocks and characterized by the alternative arrangement and parallel distribution of the striped fault blocks.

[3] The distribution of strong earthquakes epicenters is closely associated with the large regional structures, and most of them occurred around the edge of the uplifted area in the upper mantle or along the interference portion of the differential zones of deep-seated structures and/or at the intersection of fault zones in different directions.