

# 第一篇 地震地质



用地质学的方法研究地震的成因、发生及破坏，借以进行地震长、中期预报，是地震地质学研究的主要内容。辽宁省的地震地质工作始于 1970 年，1971 年创建国家地震局沈阳地震大队后才着力展开。主要工作内容是在辽宁全境进行地质普查，活断层探测研究，海岸地貌—河流阶地调查，采用物理探测及深地震测深等方法在全省开展深部构造探测研究，获取本区地表、地壳及上地幔构造综合信息，为地震长、中期预报及地震危险区划提供重要基础资料。

辽宁地处华北断块区北部，由辽东断块隆起带、下辽河—辽东湾断块拗陷带及辽西断块隆起带组成。中国东部著名的郯城—庐江断裂带北延带纵贯省区（简称郯—庐北延带），是一条重要的地震活动带。新构造运动在区内东部和南部比较活跃，主要表现为差异性升降运动，断裂新活动，伴生岩浆喷溢，温泉出露和地震活动。

辽宁地震活动与华北地区具有整体性，属于华北地震区内中等活动水平的地震区。区内多数地震发生在上部地壳 10—20 公里内，并且分布在隆起与拗陷的边缘、活动断裂带内的强烈活动地段，以及中、新生代断陷盆地的边缘和深部构造变异带上。

辽宁区域地震地质工作大致经历了 3 个发展阶段：第一阶段，1971 年前，开展了局部地区的区域地震地质工作，由辽宁省地震办公室组织中国科学院地质研究所、地理研究所、地质部东北地质研究所及辽宁省地质局、辽宁省煤炭管理局等单位，于 1970 年联合调查了旅大—开原地区地震地质概况，初步圈定了地震危险区。第二阶段，1971—1975 年，辽宁省成立了专业地震队伍，先后在辽东、辽南和辽西地区开展了主要断裂带的地震地质考察工作，重点是对金州、鸭绿江、朝阳—北票、八里罕等断裂带，结合 1:20 万区域地质调查资料，做了区域概查，研究辽宁区域构造的概貌及展布情况，侧重点放在辽南地震危险性评定上。1974 年，在开原召开的长、中期地震趋势会商会上，提出金州、营口是主要的危险地段，为海城地震的短期及临震预报决策提供了依据。第三阶段，1976—1985 年，将区域地震地质构造研究与捕捉地震活动场所的研究紧密结合，使工程地震研究纳入国民经济建设应用轨道。重点开展海城震区深部构造探测；进行了郯—庐北延带（金州—萝北段）、下辽河盆地、三锦（锦州、锦县、锦西）地区、海城震区、辽东半岛沿秦皇岛—锦州—营口—大连—丹东沿岸的渤、黄海阶地等地震地质调查研究工作。这期间利用定量数据、热释光、电镜扫描、裂变径迹等技术，确定断层活动年代，标志辽宁省地震地质研究工作接近国内先进水平。

## 第一章 浅部构造

### 第一节 区域构造

在大地构造分区上,辽宁省大部分地区属华北断块区,其构造形态的形成经历了漫长的地质发展历史。

辽宁全区可分为 3 个基本构造单元,即辽东断块隆起带、下辽河—辽东湾断块拗陷带、辽西断块隆起带。

#### 一、辽东断块隆起带

南以渤海中部断陷为界,东到黄海,西止郟—庐北延带,包括整个辽东半岛。鞍山运动使之褶皱回返;吕梁运动,全区隆起,使之前震旦系结晶基底裸露,厚达万米,形成东西构造线和岩浆喷溢活动。在太古代凹陷带内,早古生界沉积后,全区抬升,直到燕山运动,仍发生强烈的断裂运动并伴随着岩浆喷溢活动,在差异性抬升运动中,形成巨型辽东断块隆起带。喜马拉雅山褶皱旋回期(简称喜山运动),断块隆起仍持续上升,使之新生界的沉积不发育或缺失。

#### 二、辽西断块隆起带

位于辽宁西部,东到郟—庐北延带,北以赤峰—开原断裂为界。前震旦系结晶基底形成东西向构造线。晚太古代时期,辽西地区不断抬升,在朝阳凤凰山—瓦房子以西接受沉积,以东缺失;到太古代晚期,西部隆起,遭到剥蚀,本区广泛发育有吕梁期—燕山期花岗岩。经燕山运动,形成相间排列的北东向断隆与断拗。伴随边缘断裂活动,花岗岩浆强烈侵入和喷溢,形成北东向花岗岩带及火山碎屑岩。到了新生代,呈缓慢间歇性上升运动。

#### 三、下辽河—辽东湾断块拗陷带

位于辽宁中部。北以康平、法库低山丘陵区为界,南至海,包括整个下辽河平原,东西宽 110 公里,南北长约 240 公里,沿北东向郟—庐北延带展布,受东、西巨型断块隆起的夹持。晚太古—元古代结晶基底埋深 7—8 公里,被古生代末期发育的郟—庐北延带切割。该断裂带控制了古生代、中生代沉积,燕山运动时期,下辽河断陷带大幅度下降,接受 6—7 公里的新生界沉积。在断裂活动的影响下,下辽河—辽东湾断块拗陷带内形成“两堑夹一垒”的构造形式。

### 第二节 活动断裂

辽宁省活动断裂主要有 20 条(见表 1—1)按其展布方向,主要有东西向、北东向、北

北东向及北西向 4 组。东西向断裂主要有赤峰—开原断裂；北东向及北北东向断裂有郟—庐北延带、金州断裂、鸭绿江断裂、北票—朝阳断裂、庄河断裂、浑河断裂以及毛甸子断裂、董家沟断裂等；北西向断裂主要有海城断裂、东岗断裂和普兰店断裂等。各断裂生成时代不一，东西向、北东向断裂形成时间较早，活动历史长；北北东向、北西向断裂形成时间较晚。其中北北东向断裂和北西向断裂，明显地控制着辽宁省地震活动与分布。

表 1—1 辽宁地区活动断裂一览表

| 名 称      | 长度<br>(公里)     | 切割深度 | 走向(度)              | 倾 向             | 倾角<br>(度) | 地 震 活 动                             |
|----------|----------------|------|--------------------|-----------------|-----------|-------------------------------------|
| 金州断裂     | 200            | 切穿地壳 | NE15—30            | 南北段 NW<br>中段 SE | 35—60     | 1855、1856、1861、1940 年 4 次 5 级以上地震活动 |
| 鸭绿江断裂    | 115            | 地壳   | NE45               | SE              | 50—80     | 与 1944 年 6 $\frac{3}{4}$ 级地震有关      |
| 东岗断裂     | 12             | 盖层   | NWW                | S               | 50—87     | 小震活动                                |
| 北票—朝阳断裂  | 130            | 基底   | NE                 | 北段 NW<br>南段不定   | 40—陡立     | 419 年朝阳 5 级地震                       |
| 海城断裂     | 70             | 地壳   | NWW                |                 |           | 1975 年海城 7.3 级地震                    |
| 毛甸子断裂    | 80             | 基底   | NE25—30            | SE              | 75        |                                     |
| 庄河断裂     | 75             | 基底   | NE35—50            | SE              | 70—80     | 有 4.0 级左右地震活动                       |
| 碧流河断裂    | 55             | 基底   | SN                 | E               | 75        |                                     |
| 皮口断裂     | 50             | 基底   | NE30               | 北段 NW<br>南段 SE  | 75—80     |                                     |
| 董家沟断裂    | 25             | 基底   | NE55               | SE              | 66        |                                     |
| 普兰店断裂    | 40             | 基底   | 近 EW               | S               | 60—70     | 与 1861 年金州 6 级地震活动有关                |
| 太子河断裂    | 100            | 基底   | NE 转 NW            | 不定              | 56—80     | 1974 年 4.8 级地震                      |
| 浑河断裂     | 170            | 地壳   | NE40—60            | NW              | 50—60     |                                     |
| 依兰—伊通断裂  | 900<br>(省内 60) | 地壳   | NE40—60            | 不定              | 70—80     | 控制 5.0 级地震活动                        |
| 牛居—油燕沟断裂 | 130            | 地壳   | NE43               | NW              | 75—85     | 海城强余震活动                             |
| 辽中断裂     | 120            | 地壳   | NE45               | SE              | 70—80     |                                     |
| 台安断裂     | 110            | 地壳   | NE50               | NW              | 56        |                                     |
| 营滩断裂     | 大于 500         | 地壳   | NE                 |                 |           | 多次强震活动                              |
| 医巫闾山西侧断裂 | 120            | 基底   | NE10—30<br>中段 NE45 | NW              | 50—70     |                                     |
| 赤峰—开原断裂  | 500            | 基底   | EW                 | S               | 70—80     | 华北地震区北界断裂                           |

## 一、东西向断裂带

1. 赤峰—开原断裂带 自河北省延入辽宁，呈近东西向展布，经建昌马厂、阜新、法库、开原向东延伸入吉林境内，辽宁境内长约 500 公里，宽约 2—5 公里。为华北断块区与吉、黑褶皱带两大地质构造单元的分界线。沿断裂带有侵入岩体分布，局部地段形成白垩纪盆地。断裂带岩石遭受挤压而强烈片理化；在建平群中可见强烈千枚岩化、糜棱岩化，构成韧性剪切带。断裂北侧磁场强度高而平静，长轴呈北东向；南侧磁场复杂，轴向东西。地貌反差明显，北侧为低丘，南侧为中低山丘陵区。彰武—法库—开原段隐伏于第四系及中生界地层之下。开原以东段，循清河过八棵树、清原大孤家，在草市被浑河断裂切断。该断裂带为华北地震区的北界。

2. 太子河断裂带 东起本溪偏岭，经孤家子、辽阳安平至望宝寨，其走向由北东向转为东西向，全长约 100 公里。该断裂带是由一系列挤压带组成的弧形构造。带内发育有挤压扁豆体、片理、断层泥、角砾岩和糜棱岩。1974 年覆窝水库 4.8 级地震的发生，与该断裂重新活动有关。

## 二、北东向—北北东向断裂带

1. 郟城—庐江断裂带 1956 年航磁工作发现，为一狭长正负异常带。延伸在辽宁省境内的是郟—庐断裂带的北段，包括营口—潍坊（山东）断裂带、牛居—油燕沟断裂、台安断裂、辽中断裂、依兰—伊通断裂带及浑河断裂等。总体走向为北北东向，北东向，全长 500 公里。它形成于元古代末期，切割了基底，控制了古生代—新生代沉积，具有长期活动历史，并有过较大幅度的平移运动。

营口—潍坊断裂带。郟—庐断裂带的海域部分，为物探资料和钻孔所确定。以渤海中部凹陷（简称渤中凹陷）为界，分为南北两段，延伸在辽宁境内的部分是它的北段，长约 300 公里。沿断裂带内有强烈的岩浆活动。断裂切割较深。1922 年大连西南渤海海域发生的 6  $\frac{1}{2}$  级地震与它的新期活动有关。

牛居—油燕沟断裂。南起营口西部的油燕沟，经盘山古城子附近向北东向延伸至灯塔沈旦堡以北，是划分下辽河断块拗陷带内东部斜坡带与拗陷的边界。全长 130 公里，由 1—2 条平行的断裂组成。该断裂系根据物探和钻孔资料确定的隐伏构造。营口 1859 年、1885 年的两次 5 级地震就发生在该断裂的南端东侧。

辽中断裂。南起大洼县二界沟附近，呈北东方向延伸，经牛家坊终止于沈阳大潘附近。全长 120 公里。它是下辽河断块拗陷内中央隆起带与东部凹陷带的边界，系物探和钻孔资料确定的隐伏断裂，其地貌表现为谷地。卫星照片图像形迹反差明显。断裂的航磁场为明显的线性负异常带，呈重力  $\Delta g$  等值线密集梯度带。该断裂经历了多期活动，以燕山期及喜山期旋回活动最为强烈。

依兰—伊通断裂带。主要发育在吉林、黑龙江两省。由多条断裂组成，地表断续出露，呈北东走向。全长 900 公里，在辽宁境内长约 60 公里。表现为明显槽地嵌入，多处被掩覆。1596 年开原 5 级地震与该断裂的活动有关。

浑河断裂带。断裂带南起沈阳彰驿，经抚顺、清原呈北东向延伸，入吉林省境内，长约 170 公里，宽 1—1.5 公里。它由两条分支断裂组成。北西支断裂出露点多，规模大，连

续性好，构造形迹清楚，为逆冲性质；南东支断裂出露点少，连续性差，构造形迹不清，规模也较北西支小，为正断层。沿浑河断裂为小震活动带和地震效应敏感带。1975 年海城 7.3 级地震后出现多处烈度异常点。

2. 金州断裂带 该断裂带南起大连湾，经金州、普兰店、瓦房店、万家岭、熊岳、盖县一直向北延伸至海城北。北东走向，长约 200 公里。断裂带各段宽窄不一，由数条近于平行的断裂组成，并有明显的分支复合现象。断裂可分为南、中、北三段。金州—普兰店为南段；普兰店—万家岭为中段；熊岳—海城为北段。中段，由于受到北西向断裂的切割，局部走向发生变化，呈近南北走向。断裂带总的形态呈舒缓波状延伸。受断裂带控制，带内发育有中、新生代盆地。带内岩层挤压明显，发育有构造角砾岩、糜棱岩、断层泥、挤压片理和扁豆体。其断层性质表现为南北两段为正断层，中段为逆断层。金州断裂带在第四纪时期具有多次的活动性。在金县七里村，采自断裂上盘断层泥，经热释光测定，在早更新世时期 ( $Q_1$ ) 有活动；泉眼沟断层泥在  $(229 \pm 14.9) \times 10^3$  年、 $(205 \pm 10.2) \times 10^3$  年即中更新世时期 ( $Q_2$ ) 有过活动。通过跨断层水准测量，自 1976 年以来，断层西盘相对东盘以 0.77 毫米/年速率均匀下沉。在盖县熊岳铁矿山金家沟，见太古界岩层逆冲在晚更新世 ( $Q_3$ ) 地层之上。沿断裂带分布有安波、俭汤、龙门汤、黄哨、思拉堡等温泉。

金州断裂带是一条明显强震活动带。在金州—普兰店间先后发生 1855 年  $5 \frac{1}{2}$  级地震，1856 年  $5 \frac{1}{4}$  级地震及 1861 年 6 级地震等熊岳 1940 年  $5 \frac{3}{4}$  级地震及 1975 年海城 7.3 级地震的发生，均与金州断裂带有关。金州断裂带是辽宁省内一条重要强震活动控制带。

3. 鸭绿江断裂 该断裂在丹东古楼子、四道沟、接梨树等地，构造形迹清楚。大致沿鸭绿江分布，呈北东走向，全长约 115 公里。在丹东西南可见，该断裂由多条平行断层组成，破碎带宽几十米到几百米，带内破裂岩、糜棱岩、挤压片理、扁豆体和断层泥、破劈理发育。在鸭绿江东岸朝鲜境内，有一平行断裂。在太平湾电站修筑大坝工程中，于东侧见有 5 米多宽的黑色断层泥，呈一系列似断层崖地貌。两盘明显差异运动表现在南东盘海蚀阶地低于北西盘海蚀阶地。在第四纪时期，鸭绿江断裂表现出明显的活动性。在古楼子、接梨树采到的断层泥，经  $C^{14}$  测定，其活动的年代分别是  $(135 \pm 6.7) \times 10^3$  年、 $(85 \pm 4.7) \times 10^3$  年和  $(370 \pm 6.7) \times 10^3$  年。1976—1982 年连续七年的地壳形变测量资料分析表明，断裂北西盘在 1976—1977 年间上升 2 毫米；1979—1982 年间无变化。在断裂南部丹东南海域中，1944 年曾发生过  $6 \frac{3}{4}$  级地震。近几年沿断裂亦有小震活动。

4. 朝阳—北票断裂 该断裂北起北票黑城子附近，向南西经朝阳双庙、羊山至建昌九家子，北东走向，全长 130 公里。出露形迹清楚，连续性好。该断裂以朝阳为界分南北两段。北段具有低角度逆掩断层特点，断层面清楚。震旦系、侏罗系地层分别逆冲到侏罗系中统和白垩系地层之上。破碎带内糜棱岩、挤压扁豆体、断层泥等均较发育，宽几十米；南段主要位于侏罗系、白垩系地层之中，破碎带宽几十米至百米，挤压特征清楚。该断裂具有多次活动性，从北向南在三宝、黄花营子、河东村、南窑、小白窑等地，断裂错断了中、上更新统 ( $Q_2$ 、 $Q_3$ ) 地层。公元 419 年，朝阳发生的 5 级地震，1977 年北票台吉矿发生的矿震，均与朝阳—北票断裂有关。

### 三、北西向断裂

1. 海城断裂 该断裂为一条隐伏的深部构造，呈北西走向，长 70 公里。1975 年 2 月 4 日海城 7.3 级地震后，在地面上出现一条长 70 公里、宽 20 公里的地裂缝带，总体走向呈北西向，局部走向为北东向、北北东向或近东西向。1975 年的海城地震就发生在该断裂上。

2. 普兰店湾断裂 位于普兰店湾一带，走向近东西，倾向南，长约 40 公里，南北宽 3—5 公里，南盘太古界混合岩逆冲于北盘震旦系石英砂岩和寒武系灰岩之上。该断裂第四纪期间形成了普兰店湾断陷盆地，沉积有几十米厚的全新世海相及沼泽相沉积。地貌上两侧差异明显，北侧为构造剥蚀丘陵区，南侧为平原，航空、卫星照片上线性特征明显。断裂两侧水系不同，南侧为平行状水系，北侧为树枝状水系，在河流入海处有冲积扇的叠置现象。1972 年以来，密集的小地震沿断裂形成了一个微震带，共有 50 余次小震活动，1974 年 9 月 9 日在普兰店南一带发生 3.4 级地震 1 次。1861 年 6.0 级地震，与金州断裂和本断裂共同活动有关。

## 第三节 新构造运动

新构造运动是指新第三纪以来所发生的地壳运动。地震是这种地壳运动的结果。新构造运动时期，辽西山地抬升幅度达千米以上；辽东山地抬升较快，仅第四纪时期抬升幅度就达 200 米左右。下辽河、辽东湾地区，由于受北东向郯—庐断裂带的控制，新第三纪以来沉积厚度大于 2000 米。

新第三纪以来，断块差异性运动导致边缘断裂的重新活动。形成次一级的隆起和凹陷。在不同地貌构造单元间出现差异性间歇性升降运动、温泉、海平面变化及地震活动等新构造运动现象。

### 一、差异性断陷活动

1. 下辽河断陷区 受北东向断裂带控制的下辽河断陷区，新第三纪以来仍在不断下陷。新第三纪、第四纪堆积物均呈超覆现象。其沉积中心在盆地中部，沉积物厚达 1500 米，等厚线展布方向为北东向，其厚度由新民、辽中、台安、盘山，南至渤海递次为 30—100—400 余米。东部山前倾斜平原为 50—100 米；西部山前倾斜平原一般为 30—60 米，最大厚度可达 80—150 米。早、中更新世，盆地内出现东部凹陷比西部凹陷下降幅度大的现象。

滨海地区，分布有中更新世晚期、晚更新世末期、全新世 3 个海侵层（即水源、先锋、盘山海侵），其时间分别为 30 万年、7—10 万年、0.8—0.85 万年。从第一个海侵层形成以来，下辽河断陷盆地相对下陷了 108 米，年速率达 0.36 毫米；第二个海侵层形成以来，相对下陷 42 米，年速率 0.42 毫米；第三个海侵层下降速率变化不一。

2. 辽东湾断陷区 受北东向断裂带控制的辽东湾断陷区，在新生代时期，海水深浅不一，最大水深 32 米，水下地形平缓，近岸坡度较大。海湾内分布有辽河、大凌河等水下三角洲。近岸海底有二级阶地，—2——8 米。大凌河口与辽河口之间有水下溺谷。

新第三纪、第四纪初期，辽东湾断陷区下降幅度大。中更新统以后，明显减弱；晚更

新世以来，整体缓慢下陷。新第三纪沉积物厚度逾 2000 米，而第四纪沉积物厚度仅 300—400 米。新地层均呈超覆现象沉积于老地层之上。受断裂切割，辽东湾断陷区内形成了北东向辽东湾东部凹陷、西部凹陷、中部隆起和西部潜山带。其构造上的差异性导致辽东湾南端发生过强烈地震，湾内中小地震活动频繁。

## 二、间歇性抬升活动

在新构造运动时期，辽东、辽西山地均表现为间歇性抬升活动。早期上升幅度大，晚更新世以来，逐渐减弱；第三纪、第四纪时期，辽东山地沉积物不发育或缺失。晚更新世以来，沉积厚度不稳定，一般为 5—10 米，金州、东沟、熊岳盆地沉积厚度则大于 30—60 米。新第三纪以来，形成了广宁寺、平山夷平面和海城河—大洋河、清原县北大岭、南大岭夷平面。第四纪时期，普遍发育 IV—V 级阶地（10—60 米之间）。

第四纪以来，辽东山地相对抬升幅度 200 米，年速率 0.1 毫米；尤其熊岳地区，上升更为明显强烈。新第三纪以来，辽西山地，抬升 1000 米，年速率 0.04 毫米。同时代的阶地高度，辽东大于辽西。辽东半岛东侧比西侧上升幅度大；辽西山地西北部较东南部上升幅度大。

## 三、温泉活动

温泉多分布在活动断裂带和岩浆岩出露区附近。温泉成群、成带分布的地区，是新构造运动明显的表现地区。全省已发现温泉 46 处，多沿着活动断裂带和新生代盆地边缘附近分布，断块隆起区和断陷区内也有分布。辽东的 30 个温泉，大都分布在断裂带及隆起带边缘。泉水微量元素含量及流量的变化，是重要的地震前兆。

## 四、全新世海平面变化

第四纪全新世时期，在辽东断隆与下辽河断陷边缘地带，沿辽东湾和北黄海沿岸形成贝壳堤、砂砾堤 46 处，主要集中于大连地区两侧海岸及长山群岛。其中辽东湾 20 处、黄海北岸 14 处、长山群岛 12 处。大孤山、郑家屯、西八岔等地贝壳堤、砂砾堤形成了中全新世大孤山组；大长山岛、大盐厂、小泡砾石堤形成于晚更新世晚期—早全新世早期。砾石堤一般高度在 6 米以下。大孤山贝壳堤最大上升速率为 3.5 毫米/年；西八岔和郑家屯砾石堤上升速率小于 2.3 毫米/年—1.1 毫米/年；大长山岛和大连牧城驿砾石堤，上升速率分别小于 0.7 毫米/年和 0.65 毫米/年。大连湾前盐村海蚀柱真实地记录了全新世时期辽宁海岸的沧桑巨变。

## 五、地壳形变场变化

在大区域或断层两盘布设观测网点，利用大地形变测量的方法，进行定期或不定期的测量，以获取地壳或断层两盘的地形变化的方法，统称形变测量。它是地震监测的重要手段，分为垂直形变测量和水平形变测量 2 种。

辽宁省地壳形变测量工作始于 1956 年，水利部沈阳勘测设计院施测一等水准路线 2555 公里。1958 年中国人民解放军总参谋部测绘局第一大队施测锦县石山—绥中和沈阳—丹东二等水准路线 470 公里。

1961—1962 年，国家测绘总局精密水准队施测了沈阳—大连—旅顺口一等水准路线 611 公里。

1970—1971 年，国家地震局天津地震测量大队，为了捕捉渤海周围地区地震前地壳形变前兆信息，施测了精密水准测量。与此同时，在金县七里村建立地形变观测站，以监视金州断裂的活动性。

1972—1985 年，辽宁省综合地震大队形变测量分队共收集水准资料 8780 公里。历年地壳形变资料分析结果是，1958—1970 年的 12 年间，庄河相对盘山起点上升 50 多毫米，普兰店相对上升 40 多毫米；1970—1980 年期间，大孤山相对盘山上升 50 多毫米。以大孤山为代表的黄海沿岸每年上升约 4 毫米；以普兰店为代表的渤海沿岸每年上升约 3 毫米。其上升速率造成的差异，导致了辽东半岛自东南向西北方向的倾斜。

全省建立横跨断层的水准测量点 14 处，监测 9 条断裂的活动。累积多年连续观测数据，得知金州断裂、鸭绿江断裂、朝阳—北票断裂有活动。其中金州测点和熊岳测点都表明金州断裂两盘高差相对变化量达每年 0.7—1.0 毫米。

## 六、现代构造应力场

新构造运动时期，以差异性升降运动为主，辽东断块隆起和辽西断块隆起缓慢抬升，中部下辽河拗陷缓慢沉降。黄海岸边的海蚀阶地标高为 I 级 23 米，II 级 36 米；辽东湾海岸阶地标高为 I 级 17 米，II 级 28 米。北东向断裂，以右旋扭动为主，北西、北西西向断裂以左旋剪切为主，表现出总的构造应力场主压应力方向，为北东—北东东向。

1975 年海城地震后，国家地震局等单位对海城、营口两地区地应力值进行测定，其数据如下：

| 地 点 | 测定岩性及时代 | 最大主应力值<br>kg/cm <sup>2</sup> | 最小主应力值<br>kg/cm <sup>2</sup> | 最大主应力方向 |
|-----|---------|------------------------------|------------------------------|---------|
| 海城  | 前震旦纪菱镁矿 | 93                           | 59                           | 北 87°东  |
| 营口  | 前震旦纪白云岩 | 166                          | 104                          | 北 84°西  |

通过全省 7 个大于 4.4 级地震震源机制解和 270 次小震综合断层面解等资料分析，得出现代构造应力场显示水平挤压的特征，其主压应力轴为北东 50°—80°，倾角 0°—18°；辽宁西北部倾角变为 46°—74°。

以上事实表明，辽宁省现代构造应力场可能受控于西太平洋板块对亚洲大陆的俯冲以及印度板块对亚洲大陆的碰撞。它们相互作用影响着现代的构造运动和地震活动。

## 第二章 深部构造

### 第一节 深部探测

1960 年，匈牙利专家阿乌德·艾德加尔等人曾在吉林省的敖包营子及寨子井一带，结合石油物探中的人工地震法，采取匈式 SZM—26—53 型 26 道中频地震仪作过少量测深工

作,是为东北地区深部探测工作的开端。以后,地质部物探大队在辽河平原开展了以矿产开发为主要目的的地球物理勘探工作,对该区 5000 米以上的上层地壳结构有了比较详细地了解。

1972 年,沈阳地震大队开始对辽南地区进行深部构造探测与研究,利用区域重力异常主要反映地壳厚度变化这一特点,应用重力资料求解地壳和上地幔结构,获得了该地区深部构造的轮廓。同年 9 月 10 日、10 月 25 日,在弓长岭及鞍山附近,进行了 2 次百吨以上 TNT 炸药的大型爆破(相当于 2.5 级、1.8 级地震能量)。沈阳地震大队对所产生的地震波,有计划有组织地进行接收和研究,获得了下辽河平原、辽东半岛及两者之间过渡地带的地壳厚度资料,对辽南地区地壳结构的基本形态有了进一步认识。1975 年和 1976 年,辽宁省地震局第一地震队与北京大学地球物理系合作,选择了 1975 年 2 月 4 日海城 7.3 级大震后的 146 次余震,盖县、义县和岫岩县的 19 次地震以及上述 2 次工程爆破在辽宁、吉林、河北省 33 个台站的微震仪和基氏仪的记录资料,对辽南地区的深部构造特征作了进一步的探讨,获得了海城 7.3 级大震的发震深部构造背景资料。

1980 年,辽宁省地震大队测深分队在辽南地区应用深地震测深法,开始试验性探测与研究,布置了间阳—海城—东沟人工深地震测深剖面。该剖面西起义县,越辽河平原、穿海城震区直至东沟县大孤山,北西走向,全长 350 公里。

整个观测系统由 7 个爆炸点组成,爆炸点选择在平原第四系覆盖区,激发介质为砂粘土层,采用多井组合爆破,一般深为 25—35 米,TNT 炸药量为 359 公斤至 1 吨。连续剖面测深采用 2 台国产 DZ—571 型 26 道光点地震记录仪系列,双站接收,道一致性相位差小于 0.003 秒 振幅差小于 10% 观测点距为 200 米,排列点长度为 10 公里。点式测深采用 10—15 台国产 DCJY 模拟磁带仪器系列,道一致性相位差小于 0.01 秒,振幅差一般小于 10%,仪器观测点距为 1 公里。

1980—1984 年,在间阳—海城—东沟深地震测深剖面共进行了 88 次爆炸接收,获得光点记录 158 张,点式磁带记录 775 张,追踪莫霍面长度 255 公里。通过对资料的初步解释,获得了辽南地区地壳与上地幔的基本特征和许多重要的地质资料。

1984—1985 年,开展了天然地震转换波探测工作,在辽东湾周围地区布置了 3 条转换波测深剖面。其目的是了解辽东湾的地壳结构轮廓与郯—庐断裂北延带在地壳中的反映。3 条测线中 2 条布设于辽东湾两侧(北镇—北戴河、辽阳—复县三堂);1 条测线布设于建昌—新金,穿过前 2 条测线。陆地测线全长 590 公里,布测点 26 个,测点间距平均 15—25 公里,采用国产 DD—1、DD—2 和 65 型三分向地震仪观测,每个测点的观测时间都在 3 个月以上,取得了丰富的观测资料,获记录图 152 张。

1980—1985 年,共投资 145 万元用于东北南部(主要是辽宁地区)的地壳深部探测工作,逐步形成了一个多种手段和方法的深部地球物理探测工作与研究网(见图 1—1)。6 年中共完成测深剖面 1806 公里,转换波测深剖面 590 公里;对深地震测深资料的解释,已从层状均匀介质解释发展到一维、二维非均匀介质条件下的解释。

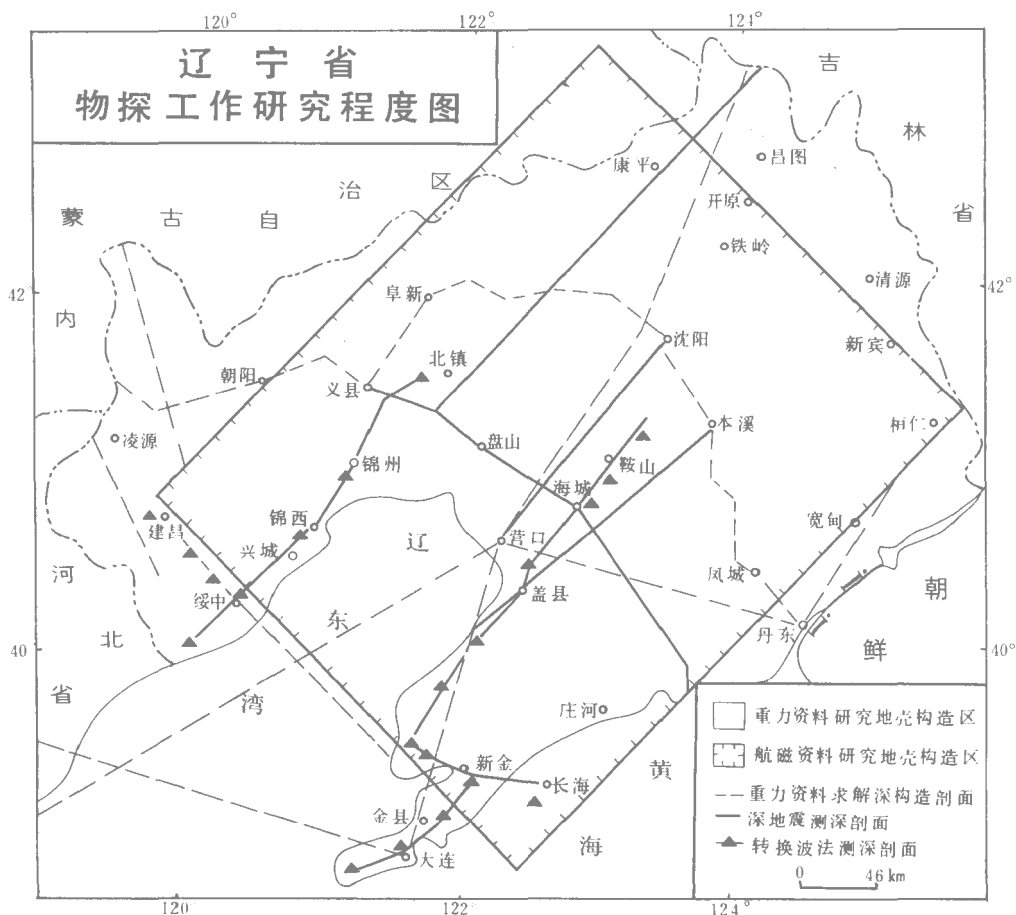


图 1—1 辽宁省物探工作研究程度图

## 第二节 深部构造特征

### 一、地壳厚度分布

应用重力测深公式，分别采用“网格法”和“重力三维反演法”，求解辽宁省地壳厚度（见图 1—2）下辽河地壳厚度较薄，一般为 31—34 公里，而其两侧山区地壳厚度增大，西部为 34—38 公里，东部为 34—37 公里。辽宁地区深部构造总的形态为一北东向的上地幔隆起带，宽 10—15 公里，长 160 公里，顶点位于海城耿庄，地壳厚度 30—31 公里。这种凸起带往往是地震较活跃的地区。

### 二、地壳分层

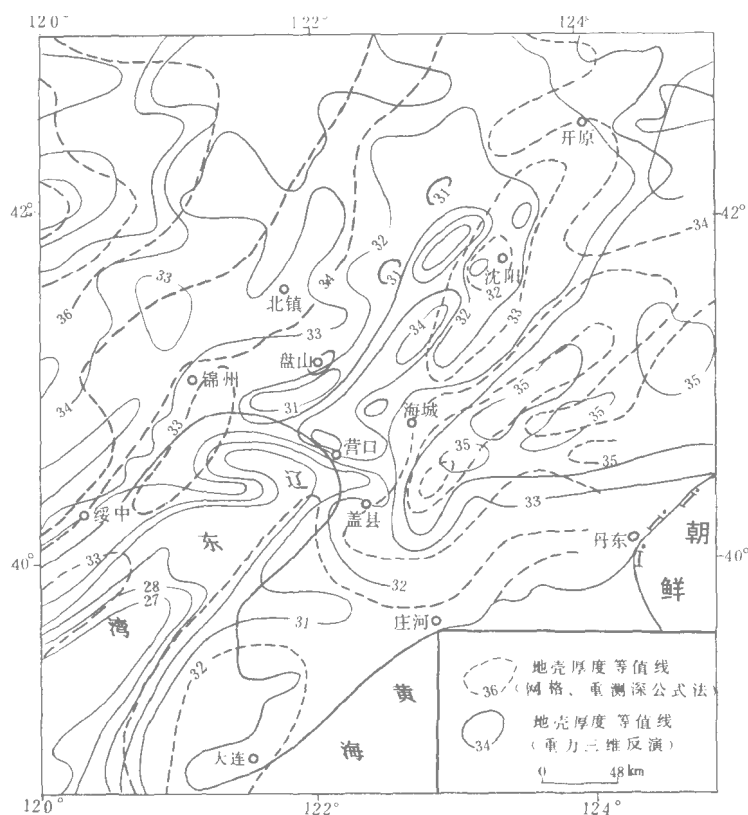


图 1—2 辽宁地区地壳厚度图

根据深地震测深及大地电磁测深的结果，辽宁地区的地壳可分为上层地壳、中层地壳、下层地壳。三者之间在一般情况下均存在较连续的分界面。上层地壳包括沉积盖层及部分花岗岩层，其平均厚度为 14—16 公里，地震纵波传播平均速度为 5.8—6.0 公里/秒。中层地壳主要是花岗岩层，其底面埋深为 25—27 公里，地震纵波传播平均速度为 6.1—6.3 公里/秒。下层地壳主要是玄武岩层，其底界埋深即莫霍界面深度变化较大，其厚度 31—36 公里，地震纵波传播平均速度为 7.6 公里/秒。

### 三、壳内及上地幔顶部高导层分布

根据闫阳—海城—东沟剖面上 8 个大地电磁测深点资料，进行纵向视电阻率曲线一维反演结果，发现盘山县古城子以东至海城县析木附近的地壳内存在明显的高电导薄层，厚 3—5 公里，其顶界埋深为 15—17 公里，电阻率值 4—6 欧姆·米，而在西侧的下辽河平原以及岫岩以东地区，则在莫霍面下 10 公里才发育高导层。

### 四、大地热流值分布

综合中国科学院地质研究所、国家地震局地质研究所和辽宁省地震局自 1980 年以来在辽南地区进行热流值测定的结果，发现下辽河平原的大地热流值相对辽东半岛地区高，同

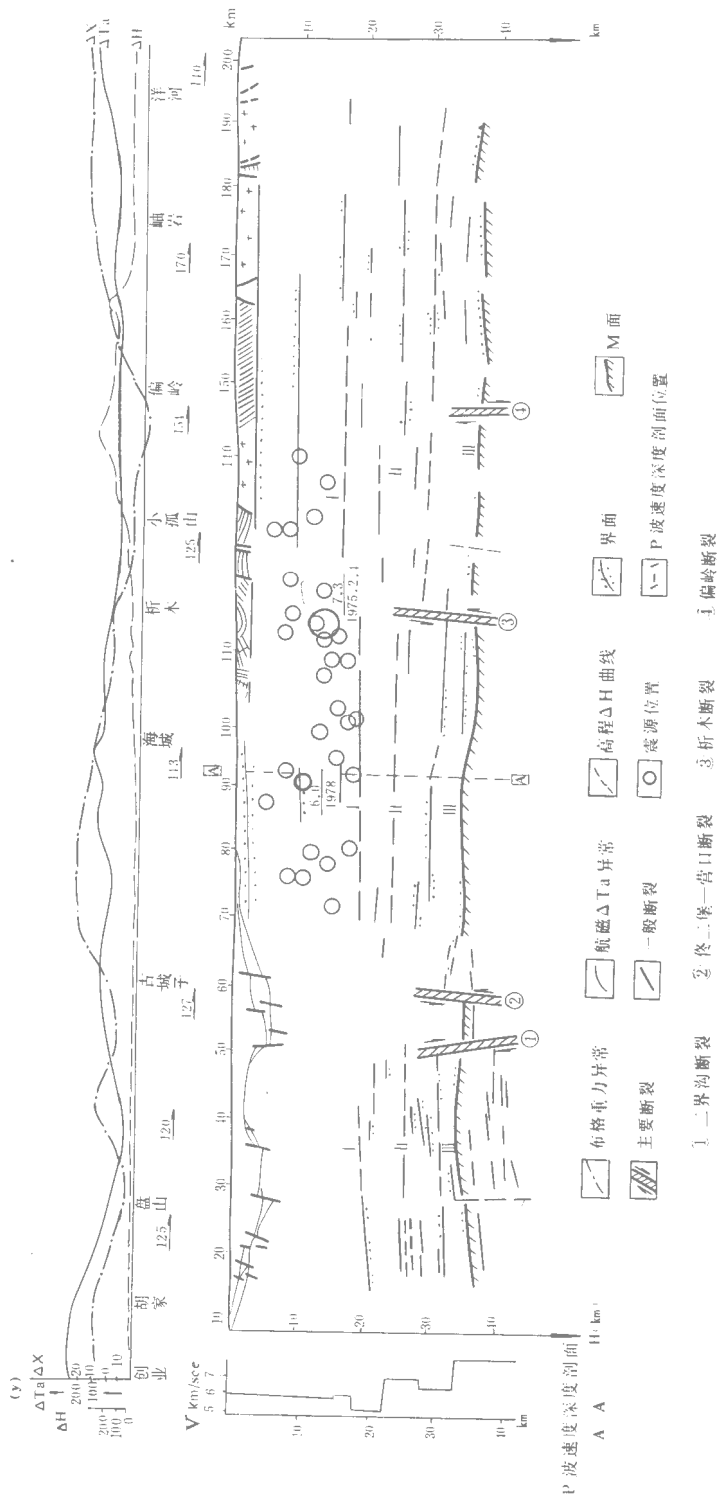


图 1-3 间阳—海城、东沟深地震测深综合解释剖面

时发现辽阳—熊岳的北东条带为一高热流值区，平均热流值高达 2.3 微卡/平方厘米·秒，而海城地区的英落乡赵家堡测点，热流值则高达 2.76 微卡/平方厘米·秒。

### 五、介质速度分布

辽阳—海城—东沟剖面上的古城子以西，地壳介质平均速度较高，地壳中所发现的低速层较薄，而在古城子至析木一带，地壳中平均速度显著减低，在中层地壳中存在明显的低速层。在海城震区一带，其速度低至 5.6—6.1 公里/秒，厚度为 3—5 公里。海城震区与东侧小孤山以东地区的地壳介质速度存在着差异，小孤山至大孤山一带，没有明显的低速层。

### 六、深断层

辽宁地区有 4 条切割莫霍面的深断层（见图 1—3）。

I 号断层。位于盘山县新开河一带，莫霍面明显错断，据其位置及特征，该断层在上层地壳中的确切形态是二界沟断层，它是上层地壳中划分下辽河断陷内东部凹陷和中央隆起的边界大断裂。

II 号断层。位于盘山县古城子以东，产状不一，莫霍界面零星出现，其断距大于 3 公里，佟二堡—营口断层可能是该断层在上层地壳中的形迹。

III 号断层。位于海城极震区析木一带，是新发现的超壳断裂，莫霍界面及其以上深部界面明显错动，断距为 1 公里左右。断层两侧介质速度差异较大，是值得深入研究的深部断层。

此外，在岫岩县偏岭以东存在 IV 号深断层。

### 七、深部构造变异带

东北地区共划分为 4 个深部构造变异带。

1. 金县—营口—沈阳—长春—绥化变异带 沿北北东走向展布，与新华夏构造带走向相符合。深部特征表现为深部重力异常梯级带、地壳厚度变化带，展布的深断裂有牛居—油燕沟深断裂、依兰—伊通深断裂。该带地震活动较强，自 1594—1974 年共发生 5 级（含 5 级）以上地震达 12 次之多，1975 年海城 7.3 级强震就发生在该带上。

2. 布特哈旗—乌兰浩特—朝阳、锦州—天津变异带 此带在朝阳以北呈北北东走向展布，朝阳以南转为北东向。深部重力梯级带规模大，地壳厚度由东往西急剧增厚。该变异带南北两端变异尤甚，地震活动有集中南北两端的特征。1976 年唐山 7.8 级地震就发生在该带。

3. 金县—丹东变异带 呈北东走向展布，为深部重力异常梯级带，处于地幔负构造的周边地区。地表处于海陆交界处。此带曾发生多次 5 级（含 5 级）以上强震，小震活动较频繁。

4. 渤海湾变异带 呈近东西走向展布，处于深部重力异常及上地幔隆起的周边地区，地震活动频繁。1969 年发生的渤海 7.4 级地震就处于该变异带上。

## 第三节 海城震源区的深部构造异常

从 1972—1985 年的地壳与上地幔探测研究所获资料中，发现海城地震震源区及其附近

的深部构造存在许多“异常”，海城地震的孕育、发生与这些异常有关。

第一，在下辽河平原到辽东半岛的过渡带上存在地壳厚度的“突变异常”，出现沈阳—鞍山—营口局部上地幔凸起带。海城地震震源正位于该凸起带东坡低点附近的中层地壳上。

第二，在震源区及其邻近地区的中层地壳内，存在明显的低速层。而大地电磁测深结果表明，在大体相应的深度存在明显的高导薄层，并且低速层向震中有加厚的趋势。海城地震的主震及绝大部分余震震中均分布于该层位之上或其附近。

第三，下辽河平原及辽东半岛地区，地面高程及布格重力异常具有良好的一致性，即符合布格重力异常随地面高程增大而降低的一般规律。而海城地震区及其东部则与此规律不符，存在重力不均衡现象。

第四，辽宁地区深部磁性块体平均深度图表明，庄河至盘山有一条北西向磁界面等深线梯级带，在海城、大石桥地区，梯级带梯度最大。

第五，通过大地热流的测定，发现海城震源区一带存在高热流异常。

## 第二篇 地震活动