

辽河石油勘探局 综合地震小区划

蒋溥 钱瑞华 等 编著

地震出版社



前 言

受辽河石油勘探局科学技术研究院委托，在国家地震局科技开发部和中国石油天然气总公司抗震办公室安排下，由国家地震局地质研究所总负责，辽宁省地震局等单位参加下，于1987年10月至1988年12月，进行了辽河石油勘探局抗震防灾规划基础研究工作。全部工作成果于1989年2月17日经由国家地震局烈度评定委员会会同中国天然气总公司、建设部、同济大学、北京市等有关专家评审通过。辽河石油勘探局综合地震小区划是由国家地震局地质研究所完成的主要成果之一，也是辽河石油勘探局抗震防灾基础研究主要成果之一。

辽河石油勘探局综合地震小区划主要包括两方面的成果：一、辽河石油勘探局综合地震小区划图(1:10000)；二、辽河石油勘探局综合地震小区划专著。整个地震综合小区划是在场地地震危险性评价、场地地震工程地质单元划分、场地地震反应预测和可液化地层评价及软土动力行为特征等专题研究基础上，对场地进行综合划分，并以综合小区划图的形式反映最终的成果。辽河石油勘探局综合地震小区划贯穿以地震地质环境为基础，以抗震防灾及地震工程应用为主要目的的基本思路。在图中，既综合了地震地质环境各类因素，又包含有抗震设计、抗震防灾等需要的地震动参数，它是环境地震地质与抗震防灾规划需要的有机结合。

本书围绕辽河石油勘探局22平方公里范围综合地震小区划和综合小区划图，介绍主要研究内容和有关成果，综合地震小区划图的编制和实际使用的一些问题。书中有关地震危险性评价方面的成果，是由作者和辽宁省地震局共同完成的。本书由蒋溥主编，主要参加人员有钱瑞华、雷军、高青山、汪良谋、王克鲁、戴丽思、梁小华、尹兆民、刘惠敏、楚先芝、王启鸣等。

中国石油天然气总公司抗震办公室主任王优龙高工、李康琪高工、辽河石油勘探局科学技术研究院汪道源高工、抗震办公室高德瑞高工和郭晓光工程师等给予本工作大力支持，在此谨表谢意。

作者

1989年6月

目 录

前 言	
第一章 综合地震小区划研究的基本内容	(1)
第二章 场地地震危险性评价	(2)
一 区域构造活动性	(2)
二 区域地球物理场及深部构造	(8)
三 区域地震活动	(12)
四 地震构造区、带划分及其特征概述	(18)
五 场地及其邻区断裂活动性评价	(20)
六 潜在震源区的划分	(35)
七 潜在震源区地震活动性参数的确定	(38)
八 地震动衰减公式	(44)
九 地震危险性概率分析	(49)
十 关于兴隆台地区地震影响烈度	(63)
第三章 场地地震工程地质特征和分区	(64)
一 场地工程地质特征	(64)
二 场地土动力特征	(74)
三 地震工程地质分区	(77)
第四章 地震反应分析	(80)
一 输入波的确定	(81)
二 地震反应分析方法	(83)
三 结果对比	(85)
四 结果处理	(85)
第五章 场地破坏效应预测	(97)
一 砂土液化判别和预测	(97)
二 砂土液化危害程度的判别和预测	(102)
三 砂土震陷和滑移预测	(105)
四 地裂缝分析和预测	(108)
第六章 综合地震小区划图	(109)
一 划分的基本依据和图幅内容	(109)
二 综合地震小区划图	(110)
第七章 地震作用和地震影响系数	(111)
一 设防目标的三个水准	(111)
二 地震作用	(111)
三 关于远震和近震	(113)
结 论	(114)
参考文献	

第一章 综合地震小区划研究的基本内容

辽河石油勘探局综合地震小区划基本研究内容包括：(1)场地地震危险性评价；(2)场地地震工程地质单元划分和评价；(3)场地地震反应分析；(4)场地地面破坏效应预测。

在此研究的基础上，可进行场地地震综合小区域划分，并编制场地综合小区划图。图1是辽河石油勘探局综合地震小区划基本内容框图，也是本综合地震小区划研究的基本思路。

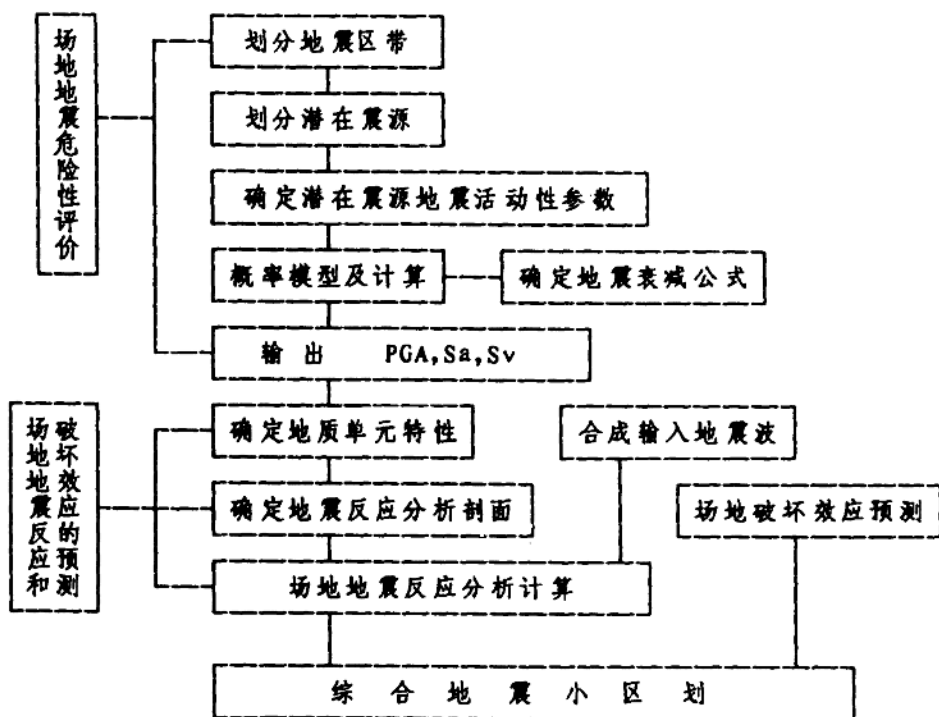


图1 辽河石油勘探局综合地震小区划研究基本程序框图

第二章 场地地震危险性评价

地震危险性评价的目的是要提供辽河石油勘探局在未来给定的时间内具有特定概率或危险水平的地震动特征的信息。根据辽河石油勘探局抗震防灾基础工作要求，主要是提供地震反应和地震动持时方面信息。为了达到这一目的，整个工作内容和步骤集中在：

1. 潜在震源确定及其特征参数确定；
2. 地震烈度和地震动衰减特征的研究；
3. 地震危险性概率分析和计算，包括结果不定性校正。

辽河石油勘探局地震危险性评价流程见图2。

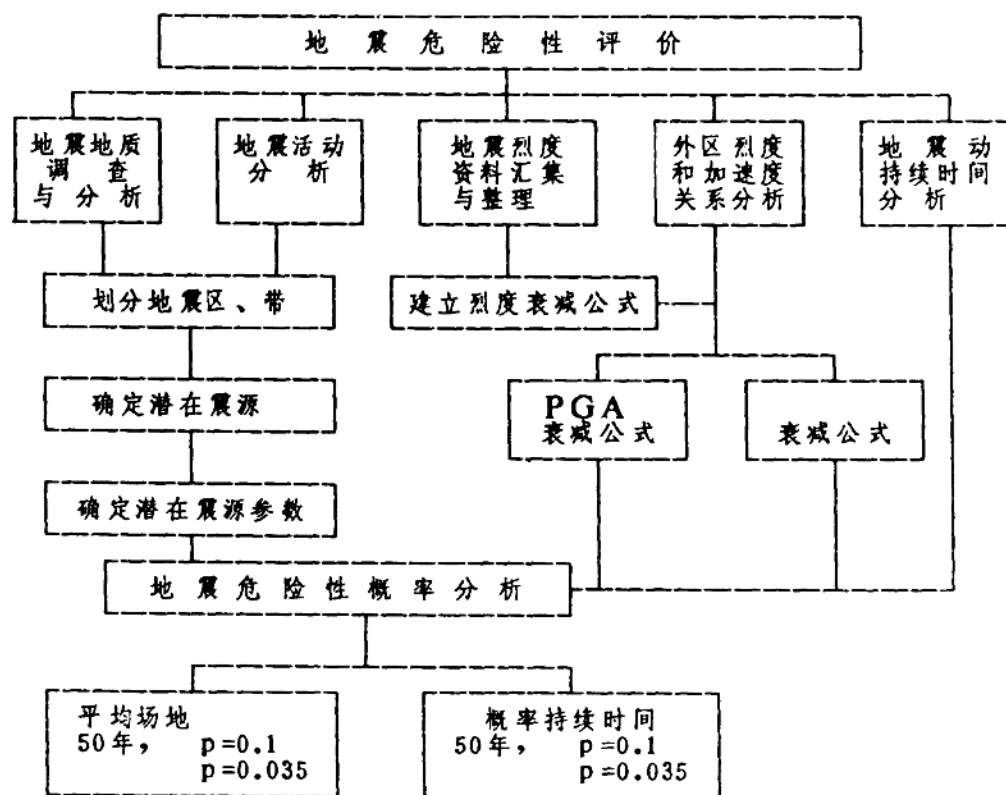


图2 辽河石油勘探局地震危险性评价流程框图

辽河油田位于辽宁省境内辽河下游平原一带，北抵沈阳，南至辽东湾，东西大致以沈大、沈山铁路线为界，陆上面积1.24万平方公里。地势略呈北高南低，海拔高度0—50米。东、北、西三面丘陵，山脉环抱，著名的千山山脉和医巫间山位于平原东西两侧。研究区域范围(简称工作区)大致是以盘锦市兴隆台为圆心，300公里为半径画圆所围限的区域，地理坐标北纬 $38^{\circ}20'$ — $43^{\circ}50'$ ，东经 $118^{\circ}20'$ — 125° 。工作区大地构造上分属东北和华北两个断块区，但绝大部分在华北断块区内。

一、区域构造活动性

1. 主要区域断裂活动

工作区地质构造复杂，断裂构造发育。我们将方向相近，性质相同，长度大于50公里的断裂作了归并，共整理出区域性断裂39条，其分布见图3。这些断裂按方向可分为东西向、北东—北北东向和北西向三组。东西向断裂一般发育较早，北西向断裂发育最晚，北东—北北东向断裂最为发育。按切割深度可分为盖层断裂(切割沉积盖层)、基底断裂(切割结晶基底)和地壳断裂(切割地壳至上地幔)。在新的地质历史时期，各方向断裂都有不同程度的继承性活动。但以北东—北北东向断裂和北西向断裂的活动最为显著，现代构造地震多数与这两组断裂的活动有关。工作区主要断裂及其特征见表1。

2. 新生代断陷盆地

本区发育有一系列新生代断陷盆地(图4)，它们明显受断裂控制，长轴方向一般与区域主要构造线方向一致。地震主要发生在新生代，特别是第四纪断陷盆地的边缘，很少发生在盆地内部。在第四纪盆地发育的地带，地震活动尤为明显。

3. 新生代岩浆活动

随着断陷盆地的形成，区内有多次岩浆活动。火山岩分布主要受断裂和断陷盆地的控制。岩石化学性质属拉斑岩玄武岩系。说明岩浆活动是在地壳处于拉张状态下发生的。图4为工作区断陷盆地和岩浆活动分布图。

4. 震源机制解和应力场特征

根据工作区及其邻区13个4级以上地震震源机制解，8个小区域的小震综合断层面解和12个地震等震线资料，所显示断错破裂和应力场特点是：地震断错节面方位分布存在两组优势方向，即北东 15° — 30° 和北西 280° — 300° ，两组近于正交方向(图5a)。这和极震区长轴方向分布相对集中(图5c)相吻合。断错节面倾角较陡，大多数近于垂直。主压应力轴集中于北东 45° — 84° 和南西 245° — 275° ，主张应力轴集中在南东 144° — 168° 和北西 33° — 351° 。出地仰角相对较小，属水平或近于水平力(图5b)。因此，本工作区显示以北东东为主压应力和北北西向主张

应力作用为主的应力场条件下，北北东—北东和北西—北西西两组近于直立走滑型震源破裂为主特点。

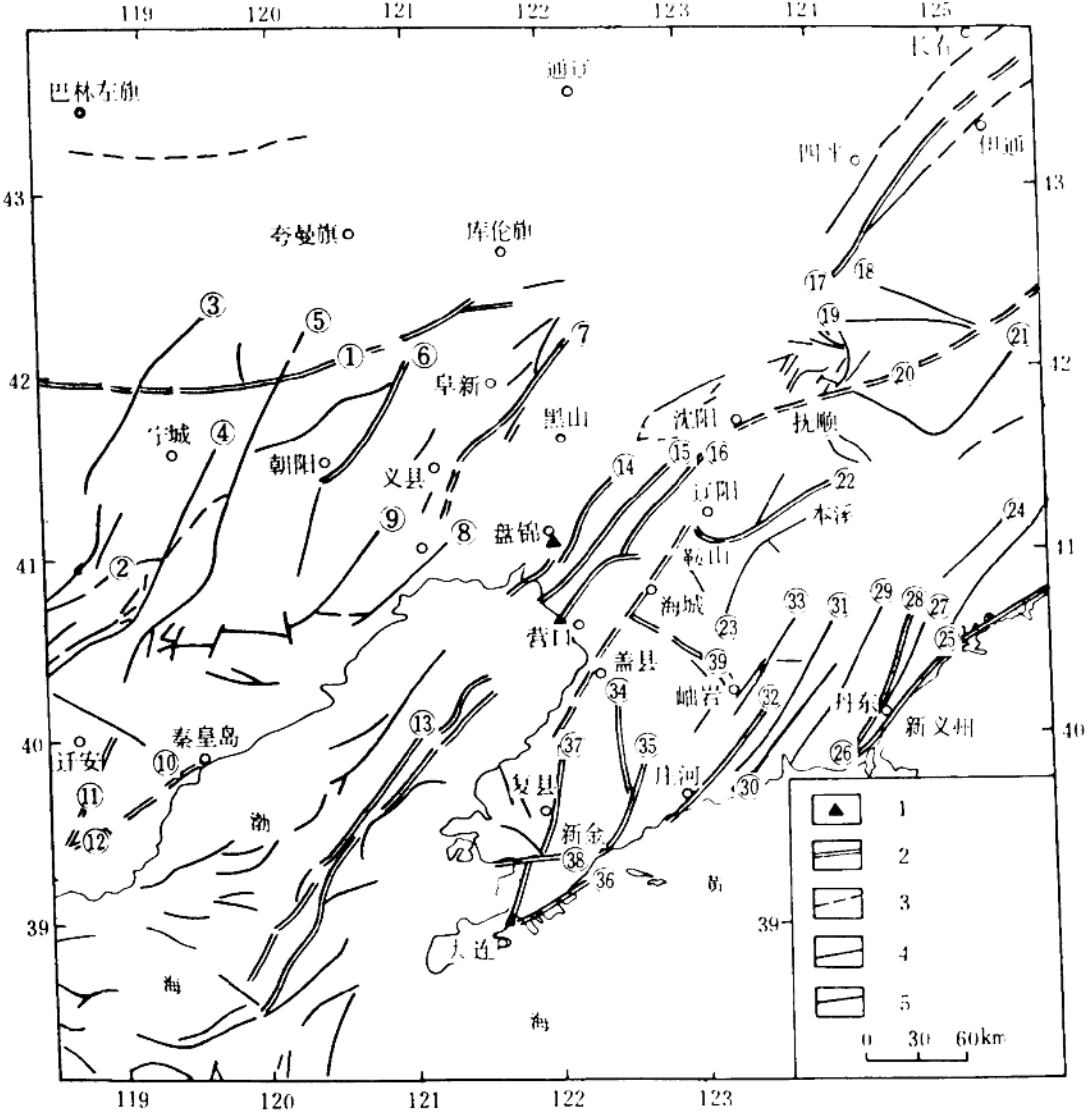


图3 工作区断裂分布图(图中编号同表 1)

1. 场地 2. 活动断裂 3. 推测断裂 4. 深大断裂 5. 一般断裂

表1 工作区主要断裂表

编号	断裂名称	产状			长度 (Km)	切割深度	特征	位置
		走向	倾向	倾角				
1	赤峰—开原断裂	EW			360	地壳	东北断块与华北断块构造分界线,形成于元古代,大量中生代流纹岩喷发和花岗岩侵入,第四纪活断层。	位于赤峰—开原一带
2	张家口—北票断裂	EW 转 NE			800	地壳	有基性超基性岩分布,燕山期花岗岩、闪长岩、碱性岩侵入,航磁呈带状正异常,有温泉分布。第四纪活断层。	张家口—北票一带
3	八里罕—红山断裂	NE 20—28	SE	45— 55	200	基底	形成于燕山期,有岩浆活动,切割东西向断裂,又被北西向断裂所切。第四纪活断层。	位于翁牛旗红山镇、赤峰、小河沿、平庄、八里罕一带
4	松岭子— 四尔登(凌源) 断裂	NE 20—40	不定	60— 70	100	基底	由一系列北东向断裂组成,水平断距6公里,垂直4公里,(西盘向南推移)使上盘大红峪组片麻岩冲于雾迷山组之上。	位于凌源、四尔登、松岭子、 哈海沟一带
5	中三家子 断裂	NE	NW	42— 72	150	基底	西盘岩层呈明显的挤压状态,反扭,水平断距35公里,南段见上盘高于庄组寒武、奥陶系冲于侏罗、二叠系之上。	位于建平中三家—凌源六官营 子一带
6	朝阳—北票 断裂	NE 20	不定	80	130	基底	反扭,水平断距1公里,形成于白垩纪之前,白垩纪以后有过多次活动。第四纪活断层。	朝阳药王庙大屯—朝阳以 东—北票一带
7	医巫闾山西侧 断裂	NE	NW	40— 70	120	基底	控制阜新—义县构造盆地的东缘断裂,断裂形迹清楚,被多条北西向断裂所截。第四纪仍有活动。	南起锦州以北、经义县车坊,阜新下生木营子向北东延至哈拉呼哨
8	锦州断裂	NE 40—60	NW	70	80	基底	切割前震旦系和震旦系地层,形成时代可能为蓟县运动,其后又曾多次活动。	锦州南杏山到清河门南唐 家屯一带
9	女儿河断裂	NE			90	基底	形成于义县组沉积以前,以后又切割了义县组地层,具多次活动性质。	位于锦西西北、刘哈屯、黄土坎子、新台门、杨树沟一带
10	建昌营断裂	NW 45—60	SW	50— 60	90	基底	山区与平原的分界线,前震旦系地层逆冲于寒武系地层之上,形成于中生代晚期。	喜峰口—冷口—建昌营— 燕河营一带
11	滦县—卢龙 断裂	NE 15—26	南 NW 北 SE	43— 75	75	基底	形成于中生代,切割前震旦系和震旦系地层,第四纪活断层。	位于凌源—滦县一带
12	昌黎断裂	NE50	SE	60	110	地壳	燕山褶皱带与华北沉降带的分界线,也是重力梯度带,第四纪活断层。	位于昌黎—秦皇岛一带
13-1	营滩断裂带 东支	NE	NW		300	地壳	深大断裂带,第四纪活动断裂。	渤海莱州湾—辽东湾

编号	断裂名称	产 状			长度 (Km)	切割 深度	特 征	位 置
		走 向	倾 向	倾 角				
13-2	官滩断裂 西支	NE	NW		300	地壳	同上	渤海莱州湾—辽东湾
14	台安断裂	NE			68	地壳	下辽河盆地内的隐伏断裂,也是划分盆地中央隆起和西部凹陷的边界断层,第四纪活断层。	下辽河平原、台安—大柱带
15	辽中断裂 (二界沟)	NE	SE	60— 70	120	地壳	控制了中生代地层的沉积,是划分辽东褶皱带与燕山沉降带的断裂,中央隆起与东部凹陷的分界线,第四纪活断层。	下辽河平原、辽中—二界沟一带
16	牛居—油燕沟 断裂	NE	NW	70— 80	134	地壳	是划分东部斜坡和东部凹陷的边界断裂,也是盆地与辽东隆起的边界断裂,第四纪活断层。	下辽河平原、佟二堡—营口一带
17	伊兰—依通 断裂	NE 40—			800	地壳	在地表断续出露,表现为明显的槽地嵌入丘陵,舒兰以北呈地堑多掩覆,因受北西向断裂影响分段性清楚。第四纪活动断层。	南起开原经乌拉街、伊兰、伊通,北到黑龙江肇兴一带
18	清河断裂	NWW	NE	70	70	基底	切割了辽河群和晚古生代花岗岩及侏罗系地层。断裂波状弯曲及分支现象明显。	开原县八棵树一翻皮屯—清河镇一带
19	嵩山堡—王家 小堡断裂	近EW	N	70	60	基底	控制并切割了侏罗系地层,沿断裂两侧有花岗岩、辉长岩和闪长岩侵入,为顺扭断裂。	位于开原县嵩山堡—王家小堡一带
20	浑河断裂	NE 35—45	SE	45— 80	400	地壳	切割了鞍山群,侏罗系和第三系地层。并被北西向断裂切割成数段,第四纪活断层。	抚顺—清原带
21	苏子河断裂	NW	SW	80	80	基底	切割了前震旦系和侏罗系地层,控制并切割了晚白垩世正长斑岩。	上夹河—木奇一带
22	太子河断裂	NE 50—60	SE	56	80	基底	控制并切割了侏罗系火山碎屑岩地层,沿断裂带有温泉分布。第四纪活断层。	自本溪县偏岭经弓长岭延至鞍山大孤山以西
23	塔岭子— 翁泉沟断裂	NE	NW	70	70	基底	沿断裂见有鞍山群,辽河群地层逆冲于震旦系地层之上和辽河群逆冲于震旦系桥头组之上的现象。	起于鞍山塔岭子岭向北东经和尚背延至哑叭岭附近
24	桦树甸子断裂	NE			50	盖层	呈舒缓波状展布,断层特征清楚,具反扭性质。	北起宽甸县甸甸以北向南经桦树甸子延至庙甸沟附近
25	太平哨断裂	NE 25—40	NW	70	90	基底	断裂地貌特征为一沟谷,沿断裂有泉水涌出,具反扭性质。	经榆树底太平哨延至长甸一带
26	鸭绿江断裂	NE 45—50	NW	80	200	地壳	断裂切割了震旦系和侏罗系地层,并控制了燕山期花岗岩的侵入,第四纪活断层。	沿鸭绿江展布

编号	断裂名称	产 状			长度 (Km)	切割 深度	特 征	位 置
		走 向	倾 向	倾 角				
27	土城子— 大楼房断裂	NE 25	不 定	70— 80	50	基 底	断裂特征清楚,具反扭性质。	北起宽甸土城子向西南延 至大楼房一带
28	毛甸子断裂	NE 25—30	SE	75	80	基 底	断裂特征清楚,呈舒缓波状延 伸,北段控制并切割了Q2—3玄 武岩的喷发,第四纪活断层。	北起宽甸县西南青椅山,经 东沟县老古沟延至安乐堡
29	石城子— 马道岭断裂	NE20	不 定	80	80	基 底	断裂特征清楚,挤压明显,片理 化发育,沿断裂有温泉出露。	北起凤城县石城向西南经 大堡延至马道岭一带
30	赫家堡子— 辛家窝断裂	NE30	SE	60— 80	60	盖 层	具明显的压扭特征,并有安山岩 脉和石英脉贯入,具反扭性质。	赫家堡子、二道沟、辛家窝 一带
31	鸡冠山— 青堆子断裂	NE30	NW	65	160	基 底	断裂线性特征清楚,切割了辽 河群地层和 γ_6 花岗岩,并有温泉 分布。	北起凤城县赛马向西南经鸡 冠山、沙里寨延至青堆子南
32	庄河断裂	NE 40—60	SE	70— 80	60	基 底	断裂控制并切割了侏罗系砂砾 岩和 γ_6 似斑状花岗岩,断裂特征 清楚,内有大量的网脉状石英脉贯 入,具顺扭特征,第四纪活断层。	南起银家窝经庄河至花院 乡以北
33	红旗营子断裂	NE30	不 定	80	60	盖 层	断裂挤压破碎明显,最大平移 断距为1公里,具反扭性质。	位于岫岩县李家堡、小汤沟 门、王家店一带
34	碧流河断裂	SN	E	75	50	基 底	控制并切割了中生代火山岩, 东盘震旦系水宁组向西逆冲于前 震旦系及早中侏罗系地层之上。 第四纪活断层。	盖县梁屯—双塔镇一带
35	皮口断裂	NE30	NW	75	50	基 底	切割了辽河群大石桥组 and 侏罗 系普兰店组,具反扭性质。第四纪 活断层。	庄河英蓉至皮口镇一带
36	董家沟断裂	NE55	SE	60	50	基 底	北西盘为太古界地层,南东盘 为震旦系地层,挤压片理带发育, 具反扭性质。第四纪活断层。	西起金县八里村经董家沟 向北东延至后盐厂一带
37	金州断裂	NE 15—25	NW	36— 60	200	地 壳	断裂带北西盘以震旦系为主, 南东盘为鞍山群城子组,断裂 线性特征清楚,第四纪活断层。	南起大连湾经金州、普兰店 万家岭延至海城以北
38	普兰店断裂	近 EW	S	60— 70	50	基 底	南盘太古界混合岩及震旦系石 英岩逆冲于震旦系石英岩和寒武 系灰岩之上,挤压破碎强烈。第四 纪活断层。	位于普兰店湾
39	海城地震断裂	NWW			70	地 壳	隐伏的深大断裂,是海城地震 的发育断裂。	位于偏岭、岔沟、析木、大石 桥一带

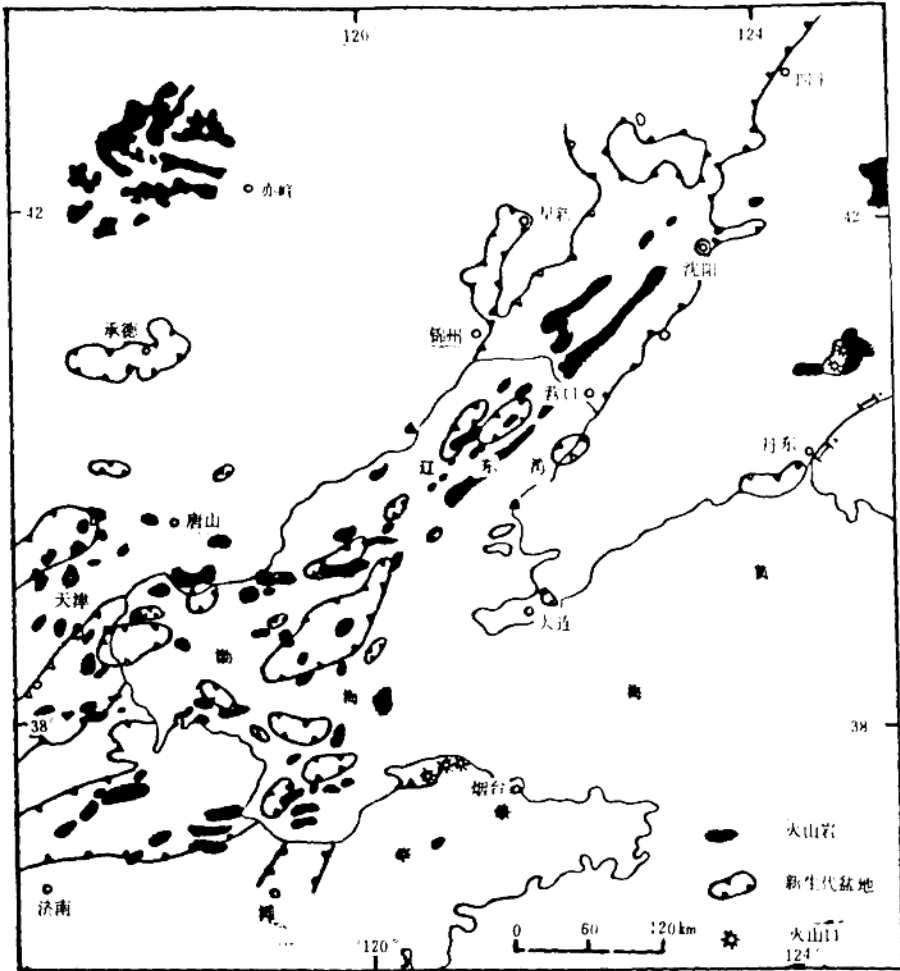


图4 辽河油田及其周围新生代盆地及火山岩分布图

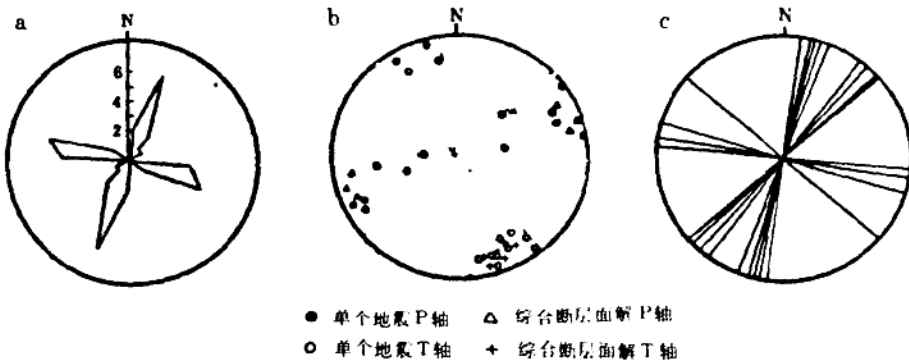


图5 辽河油田及其周围地震机制解

a地震机制解节面 b主应力出地点投影 c极震区长轴方位图

二、区域地球物理场及深部构造

1. 区域重、磁场

区域重、磁场显示有三个异常区，即东部异常区、西部异常区和中部异常区。

东部异常区主要包括辽东半岛一带，重力负异常较大，多为-30--50毫伽，局部异常多，形态复杂，方向多变，缺乏区域性异常背景。有北东呈带、南北分区的特点。营口、海城地区的异常等值线严重扭曲和畸变，方向几经改变和转折，呈现出极为复杂的局部异常区(图6)。

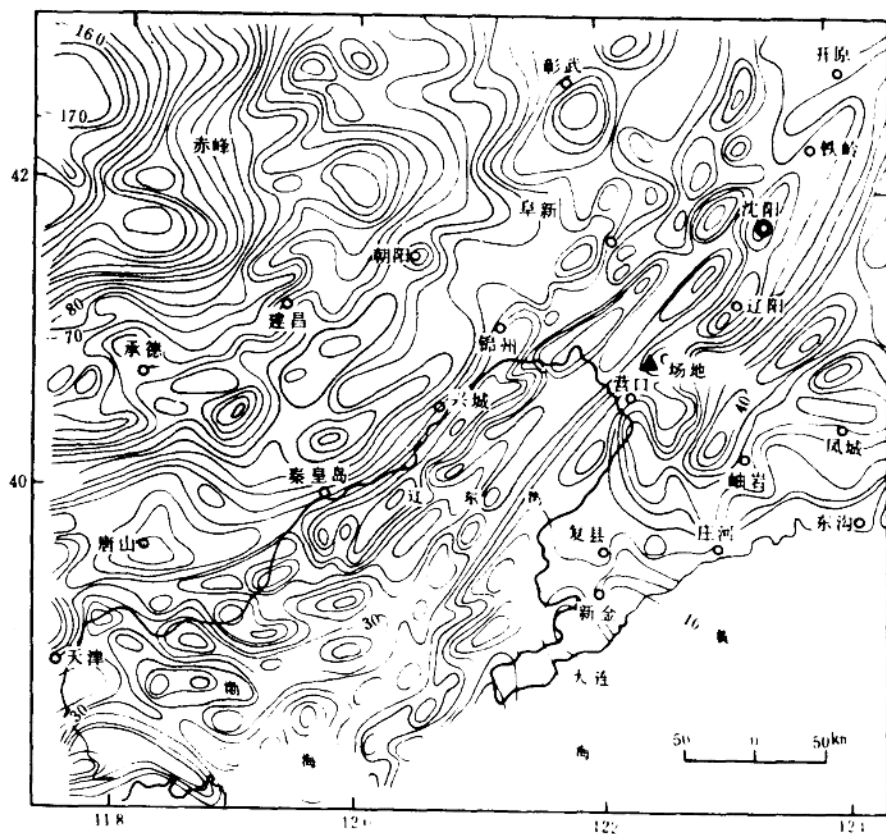


图6 辽河油田及其邻近地区布格重力异常图

磁场也类似重力场的分带和分区的基本特点。它以横向狭窄，纵向峰值尖锐的线性异常与重力梯级带相对应。南部以负场为主，强度弱(-100伽玛)，幅度小，起伏和缓，变化平稳为特征，而北部异常强度大，起伏强烈，正负交替，变化比较复杂(图7)。

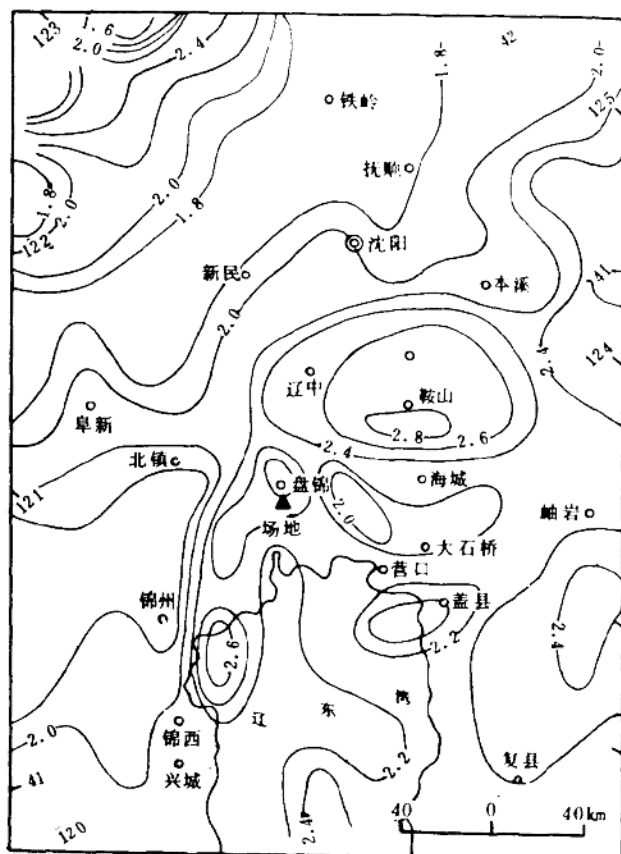


图7 辽河油田及其周围深层磁性体深度图

西部异常区大致从康平向南经锦州、绥中、秦皇岛到滦南等地的重力梯级带以西地区。重力场自东向西，从南到北呈大幅度迅速下降的趋势，由-20毫伽变到-100毫伽，形成2-3个明显的重力梯级带。组成了多阶式的阶梯状下降的区域异常背景。此处的磁场，强度高(-200伽，+500伽)，幅度大，范围广，变化剧烈为其最突出的特点，多属于干扰性磁场。

中部异常区是重力东西梯级带之间陆地和海域部分，重力场在纵向上性质单一、强度稳定，在横向上，正负交替、起伏显著，形成三高两低的带状异常。磁场，大体以辽东湾北岸为界，既是海陆分界，又是磁场性质转换的界线。北部陆地

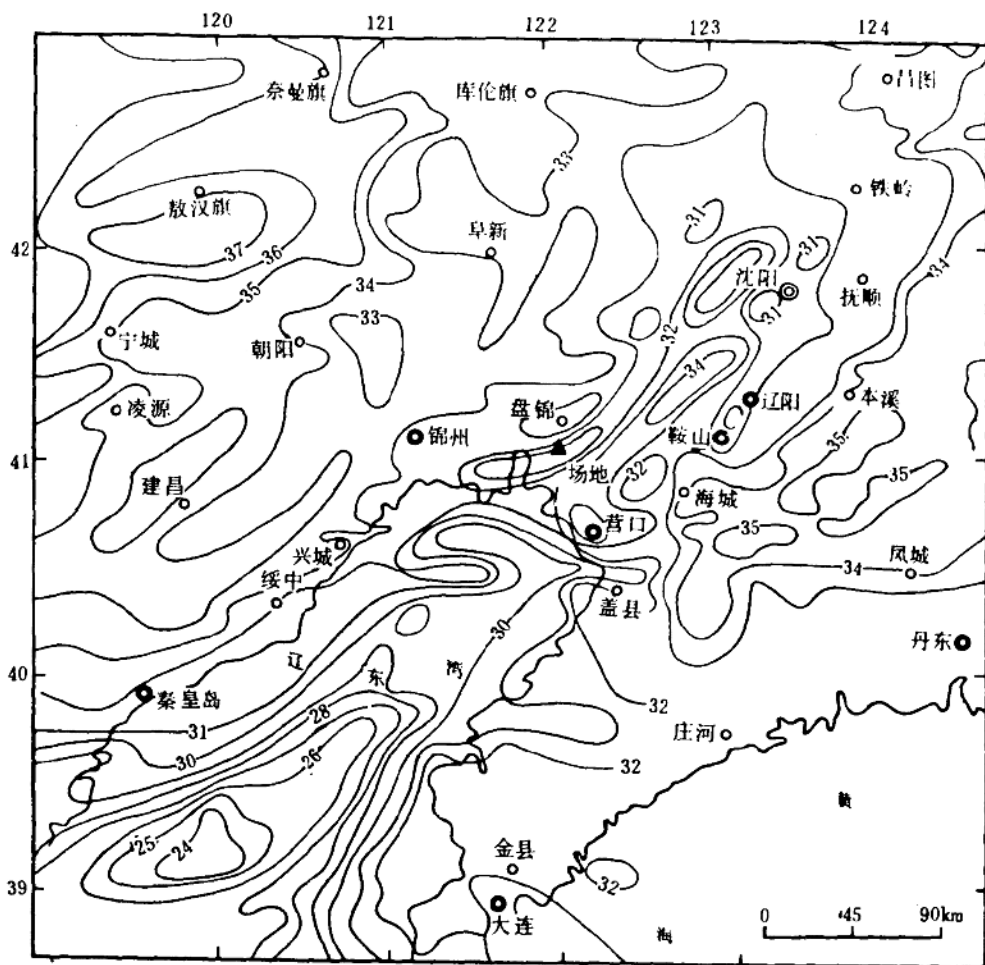


图8 辽河油田及其周围地壳厚度图

部分，以负场为主，但场强不均，东侧负场强，西侧负场弱，变化舒缓。南部海域部分却有截然不同的图景，乃以正场为主，且为一幅连续性和稳定性良好的正磁场区，遍布于辽东湾及整个渤海海域。

2. 地壳厚度变化

本区地壳厚度变化的趋势是东薄、西厚、平原和海域薄，山区厚。北部燕山地区的地壳厚度从南面的32公里，向北面增至40公里。渤海为上地幔隆起区，地壳厚度只有29—31公里。辽东湾、下辽河平原为上地幔次级隆起区，厚度小于32公里，胶辽半岛为上地幔凹陷区，厚度在31—35公里。在下辽河凹陷为主体的上地幔隆起带东侧，于营口、海城一带原北东向的等厚度线在此急转东西，且多辗转曲折，造成一些厚薄变化(图8)。

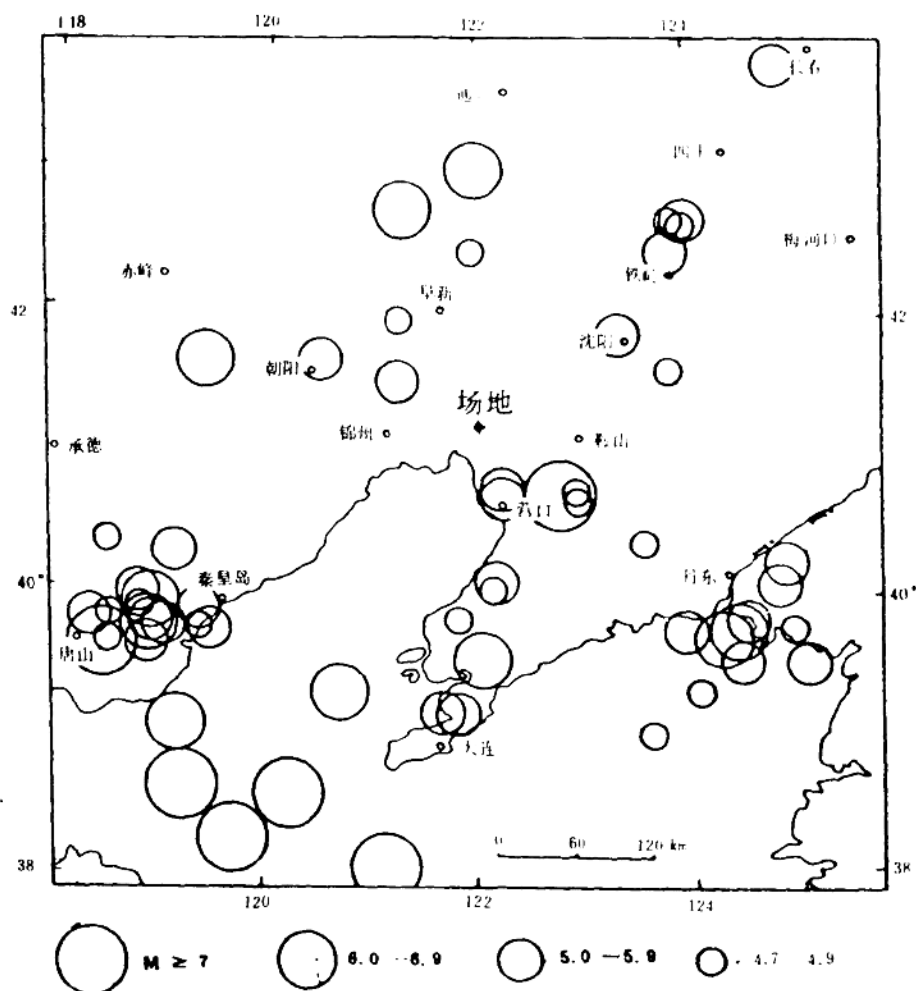


图9 辽河油田及其周围地震分布图(419-1988)

三、区域地震活动

1. 空间分布特征

工作区内最早有记载的地震为419年辽西朝阳5.3级地震。自419年-1988年共记载破坏性地震($M > 4.8$)61次。其中7级以上6次, 6-6.9级10次, 5-5.9级27次, 4.7-4.9级18次, 最大震级为1976年唐山7.8级地震, 距油田最近的破坏性地震为1975年海城7.3级地震。 $M > 4.7$ 地震空间分布见图9。

工作区为华北地震区的一部分，1966—1976年华北地震活动高潮期中，4次 $M>7$ 级地震有3次发生于工作区内。总体上看，海域地震活动水平高于陆地，现代活动水平又高于历史活动。工作区地震空间分布是不均匀的，但表现了明显成带性。地震活动主要集中在郑庐带和渤海NW带上，在辽西地区和鸭绿江口地区还有一些零散分布的地震(图9)。

辽河油田位于郑庐地震活动带上，但属地震活动水平相对较低的区域。自1972年辽宁省地震台网建立以来，距油田30公里范围内共记录到场地附近 $M1>2.0$ 级地震100余次，其中绝大部分为海城7.3级地震的余震(图10)。场地附近地震活动水平较低尤为明显。

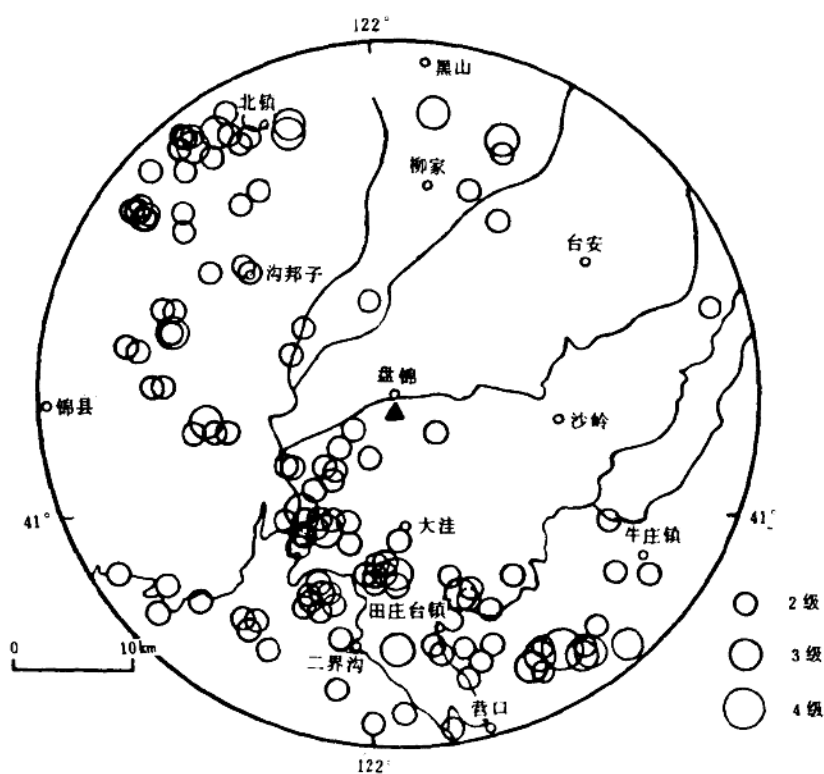


图10 场地及其邻近地区震中分布图(1972—1987)

2. 时间序列特征

工作区属华北地震区一部分，对工作区时间序列特征的认识，应从整个华北地区地震活动时间序列特征来认识。根据除渤海北西带外的北部工作区和华北地区地震时序 $M-T$ 图(图11、图12)对比，可以得到如下几点认识：

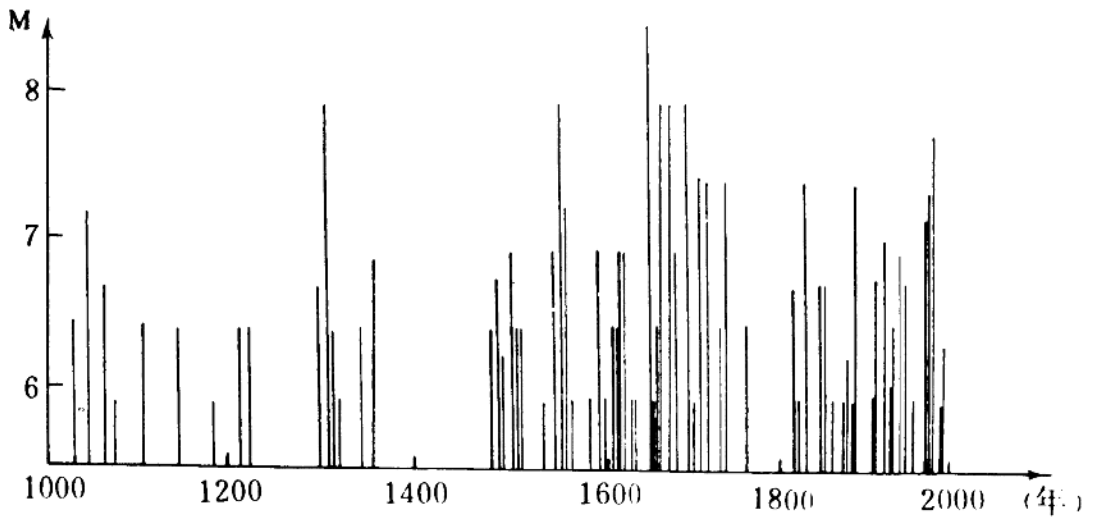
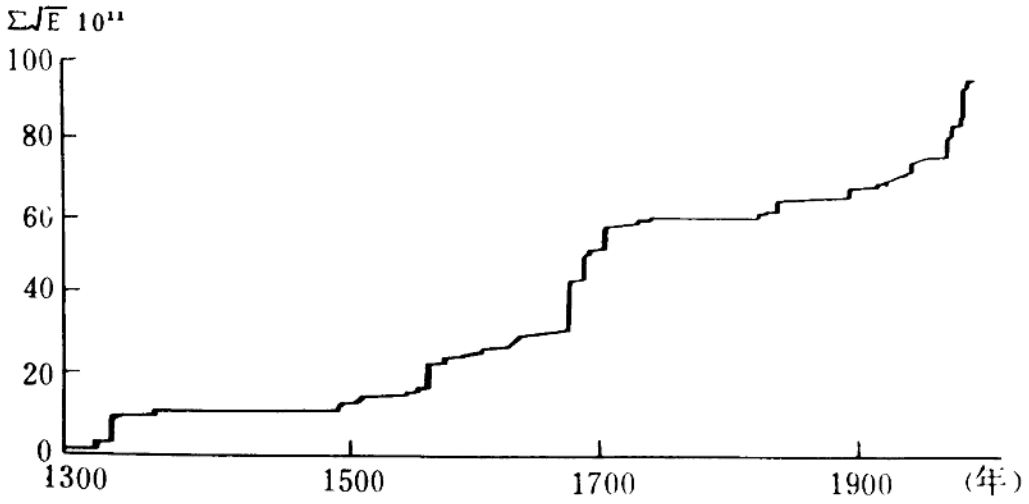


图11-1 华北地震区 M-T 和应变曲线图