

# 燕山东段—下辽河盆地 中生代盆岭构造及应力场演化

马寅生 著

地质出版社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

通过大量的地质调查工作,作者以新的活动论观点来分析燕山东段—下辽河盆地地球物理和地质构造特征,研究该区中生代盆岭构造演化过程,最后结合古应力及现今应力的系统测定和光弹实验模拟,论述该区中生代以来的构造应力场演化。

本书可供从事构造地质、沉积盆地研究的科研人员及相关院校师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

燕山东段—下辽河盆地中生代盆岭构造及应力场演化/马寅生著.—北京:地质出版社,2004.2  
ISBN 7-116-03984-8

. 燕... . 马... . 大地构造学-研究-华北地区 大地构造学-研究-东北地区 .P548.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 109172 号

YANSHAN DONGDUAN XIALIAOHE PENDI ZHONGXIN SHENGDAI PENLING GOUZAO  
JI YINGLI CHANG YANHUA

---

责任编辑:周乐耘 祁向雷

责任校对:黄苏晔

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083

电 话:(010)82324508(邮购部);(010)82324577(编辑室)

网 址:[http:// www.gph.com.cn](http://www.gph.com.cn)

电子邮箱:[zbs@gph.com.cn](mailto:zbs@gph.com.cn)

传 真:(010)82310759

印 刷:北京长宁印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm<sup>1/16</sup>

印 张:7.75 图版:1 页

字 数:200 千字

印 数:1—600 册

版 次:2004 年 2 月北京第一版·第一次印刷

定 价:25.00 元

ISBN 7-116-03984-8 P·2437

---

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

# 前 言

造山带和沉积盆地是岩石圈表层两种十分重要的构造单元,造山带与沉积盆地之间的关系研究是当今地球科学的前沿领域之一。20世纪70年代以后,国际地学界不仅以新的活动论观点认识造山带的形成和演化,而且以新的活动论观点认识盆地的性质、形成和演化,有关造山带和沉积盆地形成演化的研究突飞猛进,成果累累。目前,造山带和沉积盆地形成演化的地球动力学演化过程、沉积盆地与造山带之间的关系,造山与成盆之间的转换等已成为造山带和沉积盆地动力学研究的前沿问题。

燕山东段—下辽河盆地位于华北平原以北,大部分地区行政区划属辽宁省管辖。研究区范围北以赤峰-开源断裂为界,东到铁岭—营口一线,即以郯庐断裂为界;西到赤峰—平泉一线;南到华北平原。地理坐标在北纬 $40^{\circ}\sim 43^{\circ}$ ,东经 $118^{\circ}\sim 124^{\circ}$ 之间。

燕山东段—下辽河盆地在以往的构造单元划分上分属燕山造山带和下辽河盆地两个不同的构造单元。长期以来,许多研究者在这一地区作过大量的研究工作,如翁文灏(1929)、李四光(1948,1973)、黄汲清(1954)、张文佑(1959)、陈国达(1960)、崔盛芹等(1979,1980,2000,2002)、赵越等(1994)、廖兴明等(1996)、陈义贤等(1997)。但是,前人的研究大多是把燕山造山带和下辽河盆地分开来进行研究的,将造山与成盆连系起来研究的还为数不多。

作者自1985年以来,一直在燕辽地区长期从事地质构造研究,期间参加的许多项目、所作的多次实验均不同程度地涉及该区地质构造的不同方面。在这期间一次次的野外调查,一次次的热烈讨论,燕山造山带的基本物质组成和地球化学特征、造山带的深部结构、造山带形成与演化、造山带的运动学再造、造山带的动力学机制、造山带的类型,燕辽地区沉积盆地的结构与演化、沉积盆地的分类、地应力对盆地类型的控制、地应力与盆地构造、地应力与油气运移和聚集、地应力与油气田的开采和开发的关系等问题常常萦绕于我的脑海之中。通过对燕山地区的野外地质调查,地质剖面的观测和测量,燕山周边盆地地震剖面的标定和解释,钻井岩心的观察和描述,测井资料的分析 and 处理等方面的研究工作,作者逐渐认识到燕山造山带的构造变形、岩浆活动和造山期沉积建造主要形成于中生代,而燕山地区现今的山岳地貌形成于新生代;中生代强烈的印支运动和燕山运动不仅在燕山地区形成以东西、北东—北北东方向为主的构造岩浆带,在华北平原地区、下辽河平原地区新生界地层下面也形成以东西、北北东、北东方向为主的构造岩浆带;新生代之前,现今的燕山造山带、华北平原、下辽河平原地区的地质构造并无本质差异,燕山造山带现今的构造面貌从新第三纪才开始形成;中新生代以来该区不仅表现有多次强烈的挤压作用,而且表现有多次伸展作用;中新生代以来该区的造山与成盆过程远离板块边缘,是一个在古老克拉通基础之上发育起来的中新生代陆内造山带。

本书共分六章,分为燕山东段—下辽河盆地地球物理和地质构造特征、中新生代盆岭构造演化和中新生代构造应力场演化三个部分,主要取得以下认识:

(1)根据区域地质构造综合分析,认为燕山东段—下辽河盆地中新生代的地质构造是在前中生代华北克拉通岩石圈基础之上发育起来的克拉通内(陆内或板内)盆岭构造带与造山

带。

(2)根据燕山东段—下辽河盆地中新生代地质构造综合分析,认为中新生代以来该区的构造演化过程,经历了早中三叠世残留克拉通盆地、晚三叠世—早侏罗世上叠式盆地、中晚侏罗世断陷盆地、白垩纪断陷盆地和新生代裂谷盆地五个盆地演化阶段,经历了中三叠世末、早侏罗世末、晚侏罗世末和白垩纪末、古近纪末五个挤压作用时期。其构造作用过程具有类似“手风琴式”演化特点。

(3)燕山东段—下辽河盆地中新生代构造演化过程中,挤压作用和伸展作用均占有重要位置,总体来讲,挤压作用由强变弱,伸展作用由弱变强。挤压作用和伸展作用交替出现,挤压构造和伸展构造间互发育。

(4)中新生代的伸展构造既有变质核杂岩,又有中新生代盆岭构造及裂谷盆地,还表现在新生代的玄武岩喷发方面。

(5)燕山东段—下辽河地区中新生代共经历了中三叠世末、早侏罗世末、晚侏罗世末、白垩纪末和古近纪末五期挤压作用,每次挤压作用都形成相应的挤压构造形迹。它们使得早期盆地萎缩或消亡,对早期盆地进行改造或造成盆地反转。

(6)经过野外宏观观测和室内显微分析,基本厘定医巫闾山是一个白垩纪形成的变质核杂岩。

(7)根据区域构造演化综合分析及同位素年龄测定,认为医巫闾山花岗岩体时代并非前人所定的早燕山期,而是晚燕山期岩体。

(8)首次系统划分出该区中新生代以来不同时期的断裂,编制了下辽河盆地沙四期、沙三期、沙一+沙二期、东营期和老第三纪末的同沉积或同生断裂。

(9)经过野外实地观测和室内 ESR 法断层泥年龄测定和断层上盘黄土的光释光法年龄测定,确定辽宁北票发生于中生代燕山期的南天门断裂,也是一条切割了更新世马兰黄土的第四纪活动断裂。

(10)根据燕山东段—下辽河盆地中新生代以来造山、成盆作用过程中形成的构造形迹反推,结合对该区中新生代以来古应力及现今应力的系统测定和对该区中新生代构造应力场的光弹实验模拟,系统地论述了燕山东段—下辽河盆地中新生代以来的构造应力场演化。

本书是在作者博士论文的基础之上编写而成的,论文的选题、研究及编写过程,自始至终得到了导师崔盛芹教授的精心指导,都凝聚着导师的心血,书中的许多认识和观点都是在导师的精心指导下逐渐形成的。在此,谨以此书表示对老师谆谆教诲的衷心感谢。

本书的资料均来自在此期间,作者先后参加完成和负责完成的项目、课题和实验研究的成果,它们分别是:

- (1) 阜新-义县盆地构造演化应力场的光弹实验研究;
- (2) 北京地区区域稳定性模糊综合评价, IGCP-250 国际地质对比项目的二级课题;
- (3) 黄骅拗陷构造演化及应力场的光弹实验研究;
- (4) 燕山地区中新生代陆内造山作用研究,“八五”地矿部重大基础项目;
- (5) 汾渭-贝加尔裂谷系相似性和动力学机制的实验研究,地质力学开放实验室资助项目;
- (6) 北京十三陵-八达岭构造特征与地层系统,三十届国际地质大会 T218 会间旅行路线;
- (7) 辽河盆地清水洼陷构造应力场研究,横向课题;

(8) 辽河盆地构造动力学研究及油气有利区预测,横向项目;

(9) 燕山造山带造山作用过程及动力学机制,“九五”地矿部重点科技项目。

在此基础上,作者又根据近年来参加“燕山地区中生代陆内造山过程的地质记录调查”大地调项目,国家自然科学基金重点项目“燕山板内造山带的结构、变形过程及动力学”(批准号:40132020)的工作,对原来的一些观点和认识进行了深化和修改。

感谢副导师李锦蓉及王建平研究员,他们对我的学习和生活、对我博士论文的完成也给予了极大的关心与帮助。

感谢吴珍汉、朱大岗研究员、吴淦国教授、李晓、冯向阳副研究员在“九五”期间与作者一起对辽西地区的野外调查和研究。感谢辽河项目组成员王小凤、武红岭、陈正乐研究员、白嘉启和殷秀兰副研究员与作者一起对辽河盆地的研究及对有关问题的讨论,有关辽河盆地的样品是作者与他们一同采集的。

感谢赵越、杨振宇研究员、胡建民教授,近年来我参加赵越研究员负责的“燕山地区中生代陆内造山过程的地质记录调查”大地调项目、“燕山板内造山带的结构、变形过程及动力学”国家自然科学基金重点项目(批准号:40132020)的工作中,我们对燕山地区的调查研究和讨论,加深了我对本书中一些观点的认识。

在研究过程中,得到了孙殿卿院士、陈庆宣院士的关怀与指导,得到了地质力学研究所杨万来所长、赵越、杨玉东、吴珍汉副所长的关心和帮助,得到了本所黄汉纯和黄庆华老师、沈淑敏、廖椿庭、易明初、王小凤、尹华仁、孙宝珊、丁原辰、张淑坤、李永贤、李贵书、赵志中、雷伟志、白嘉启、朱大岗、武红岭、冯向阳、陈正乐、李晓、孟宪刚、崔四平、王砚庆、邵兆刚、马越、丰彦薇等同志的热情鼓励和支持,得到了中国地质科学院研究生部杨琦、马兴祥、宋玉军、赵剑秋老师、地科院教育处王秀华同志的关心和帮助,在此一并表示感谢。

感谢辽河油田勘探开发研究院的吴铁生总工程师、王庆丰、郑治宇、兰秀峰工程师、钻采院地应力所的任德生工程师、岩石圈中心的霍光辉工程师、石油天然气总公司国际合作局张兴博士、石油勘探开发研究院何登发博士等对我的支持,我们关于沉积盆地的讨论,使我受益匪浅。

文中谬误与错漏之处,敬请各位专家学者批评指正。

# 目 录

## 前 言

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| 第一章 燕山东段—下辽河地区地球物理场及岩石圈结构特征 ..... | ( 1 )  |
| 第一节 地球物理场特征 .....                 | ( 2 )  |
| 一、磁场特征 .....                      | ( 2 )  |
| 二、重力场特征 .....                     | ( 3 )  |
| 三、地温场特征 .....                     | ( 4 )  |
| 第二节 岩石圈结构特征 .....                 | ( 4 )  |
| 一、地震测深 .....                      | ( 4 )  |
| 二、天然地震层析成像 .....                  | ( 5 )  |
| 三、莫霍面特征 .....                     | ( 6 )  |
| 四、壳-幔电性结构特征 .....                 | ( 7 )  |
| 第二章 燕山东段—下辽河地区前中生代地质构造背景 .....    | ( 8 )  |
| 第一节 太古宙—古元古代结晶基底形成阶段 .....        | ( 8 )  |
| 一、结晶基底的地层系统 .....                 | ( 8 )  |
| 二、结晶基底的构造演化 .....                 | ( 10 ) |
| 第二节 中新元古代—古生代拗拉槽—克拉通盖层发育阶段 .....  | ( 11 ) |
| 一、中、新元古代拗拉槽演化阶段 .....             | ( 11 ) |
| 二、古生代克拉通盖层发育阶段 .....              | ( 12 ) |
| 第三章 燕山东段—下辽河地区中生代地质构造特征 .....     | ( 15 ) |
| 第一节 中生代地层系统 .....                 | ( 15 ) |
| 一、三叠系 .....                       | ( 15 ) |
| 二、侏罗系 .....                       | ( 16 ) |
| 三、白垩系 .....                       | ( 17 ) |
| 第二节 中生代盆地特征 .....                 | ( 17 ) |
| 一、早、中三叠世盆地 .....                  | ( 19 ) |
| 二、晚三叠世—早侏罗世盆地 .....               | ( 20 ) |
| 三、中侏罗世—晚侏罗世盆地 .....               | ( 21 ) |
| 四、白垩纪盆地 .....                     | ( 22 ) |
| 第三节 中生代岩浆活动 .....                 | ( 23 ) |
| 一、火山活动 .....                      | ( 23 ) |
| 二、岩浆侵入 .....                      | ( 23 ) |
| 第四节 中生代构造变形 .....                 | ( 24 ) |
| 一、不整合界面与构造层 .....                 | ( 24 ) |
| 二、中生代断裂 .....                     | ( 24 ) |
| 第四章 燕山东段—下辽河盆地新生代构造特征 .....       | ( 28 ) |

|     |                      |         |
|-----|----------------------|---------|
| 第一节 | 新生代地层系统              | ( 28 )  |
| 一、  | 第三系                  | ( 28 )  |
| 二、  | 第四系                  | ( 30 )  |
| 第二节 | 新生代盆地特征              | ( 30 )  |
| 一、  | 下辽河盆地新生代沉积特征         | ( 30 )  |
| 二、  | 下辽河盆地沉积中心的迁移         | ( 32 )  |
| 三、  | 下辽河盆地断陷期沉积作用与断裂活动    | ( 34 )  |
| 第三节 | 新生代断裂特征与演化           | ( 38 )  |
| 一、  | 下辽河盆地新生代断裂特征         | ( 38 )  |
| 二、  | 下辽河盆地新生代断裂活动的分期、演化   | ( 42 )  |
| 三、  | 郯庐断裂在下辽河盆地的展布及活动特征   | ( 48 )  |
| 四、  | 燕山东段的新生代断裂活动         | ( 49 )  |
| 第五章 | 燕山东段一下辽河盆地中新世代盆岭构造演化 | ( 53 )  |
| 第一节 | 中新世代伸展构造             | ( 53 )  |
| 一、  | 伸展构造特征和类型            | ( 53 )  |
| 二、  | 变质核杂岩                | ( 54 )  |
| 三、  | 中生代盆岭构造              | ( 61 )  |
| 四、  | 新生代裂谷盆地与盆岭构造         | ( 67 )  |
| 五、  | 新生代玄武岩喷发             | ( 68 )  |
| 第二节 | 中新世代挤压作用和构造反转        | ( 71 )  |
| 一、  | 反转构造综述               | ( 71 )  |
| 二、  | 中生代挤压作用和构造反转         | ( 74 )  |
| 三、  | 新生代挤压作用和构造反转         | ( 75 )  |
| 第三节 | 中新世代盆岭构造演化           | ( 79 )  |
| 一、  | 中生代盆岭构造演化            | ( 79 )  |
| 二、  | 新生代盆岭构造演化            | ( 83 )  |
| 第六章 | 燕山东段一下辽河盆地中新世代应力场演化  | ( 86 )  |
| 第一节 | 现今地应力测量              | ( 86 )  |
| 一、  | 震源机制解法应力测量           | ( 86 )  |
| 二、  | 原地应力测量               | ( 90 )  |
| 三、  | 钻井崩落法地应力测量           | ( 90 )  |
| 四、  | 声发射法现今地应力值测量         | ( 93 )  |
| 五、  | 水压致裂法现今地应力值测量        | ( 94 )  |
| 第二节 | 历史地应力测量              | ( 96 )  |
| 一、  | 声发射法古地应力大小测量         | ( 96 )  |
| 二、  | 古地应力方向的确定            | ( 99 )  |
| 第三节 | 中新世代构造应力场的光弹实验模拟     | ( 102 ) |
| 一、  | 光弹实验的原理和方法           | ( 102 ) |
| 二、  | 阜新盆地构造演化应力场光弹实验模拟    | ( 104 ) |

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| 三、下辽河盆地现今构造应力场光弹实验模拟 .....     | (108) |
| 第四节 中新生代应力场演化 .....            | (110) |
| 一、中新生代应力场演化 .....              | (110) |
| 二、中新生代盆岭构造及应力场演化的动力学机制探讨 ..... | (111) |
| 参考文献 .....                     | (113) |

# 第一章 燕山东段—下辽河地区 地球物理场及岩石圈结构特征

著名的燕山山脉横亘于华北平原之北,以其特有的地质构造闻名于世。下辽河盆地属于渤海湾盆地的一部分,南邻渤海,西与燕山山脉相接,包括了下辽河平原的主体,目前已建成为我国的第三大油田。“燕山东段—下辽河盆地中生代盆岭构造及应力场演化”研究的地理范围大致包括下辽河平原和辽西山地,大部分地区行政区划属辽宁省管辖。地理坐标在北纬  $40^{\circ}\sim 43^{\circ}$ ;东经  $118^{\circ}\sim 124^{\circ}$  之间(图 1-1)。

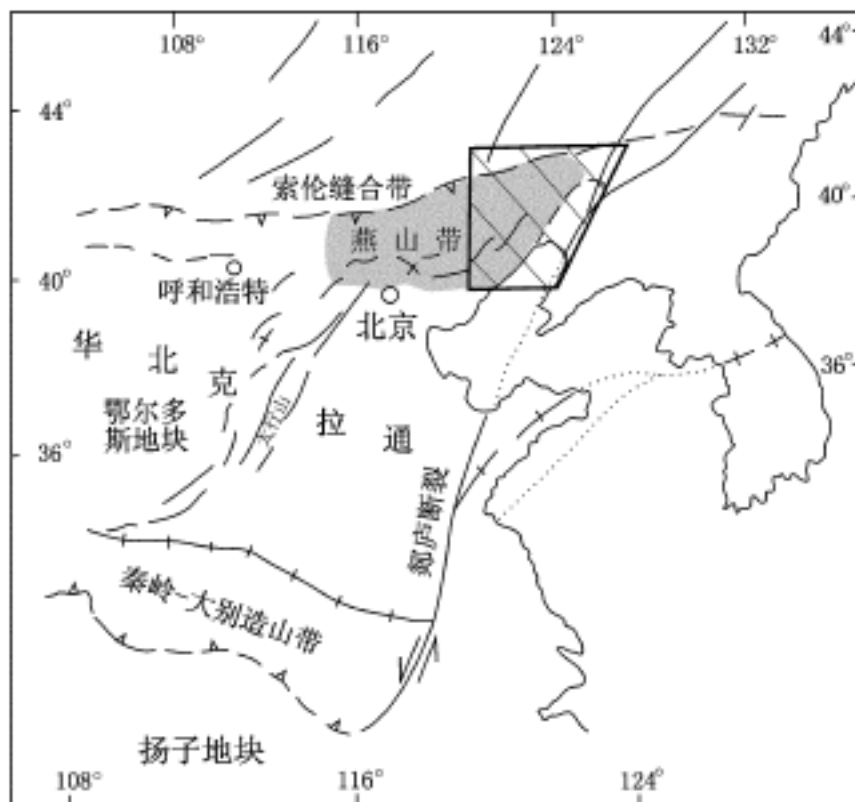


图 1-1 研究区位置示意图

燕山东段—下辽河盆地在构造位置上位于华北地块或中朝地块北部,以往的构造单元划分上分属燕山造山带和下辽河盆地两个不同的构造单元。

约自 20 世纪 60 年代以来,在对该区进行长期地质构造研究的基础上,不同部门先后还开展了多种地球物理探测工作。本章将概述该区的磁场、重力场及热力场等地球物理场的基本特征,简要地阐明该区岩石圈的速度结构、电性结构、莫霍面等基本特征,以期对该区三维岩石圈结构有一个概略的认识。

# 第一节 地球物理场特征

## 一、磁场特征

燕山东段—下辽河地区地壳的磁场特征反映了区内各种岩石、特别是岩浆岩类及基底结晶岩系中磁性物质的赋存与展布面貌。明显的线性磁异常带及两种不同特点磁场的连接带,则反映出区域性或主干断裂带的存在(崔盛芹,1996)。1:400万全国航测异常图表明,燕山东段—下辽河地区航磁异常(图 1-2)可以具体划分为以下三个磁异常区:

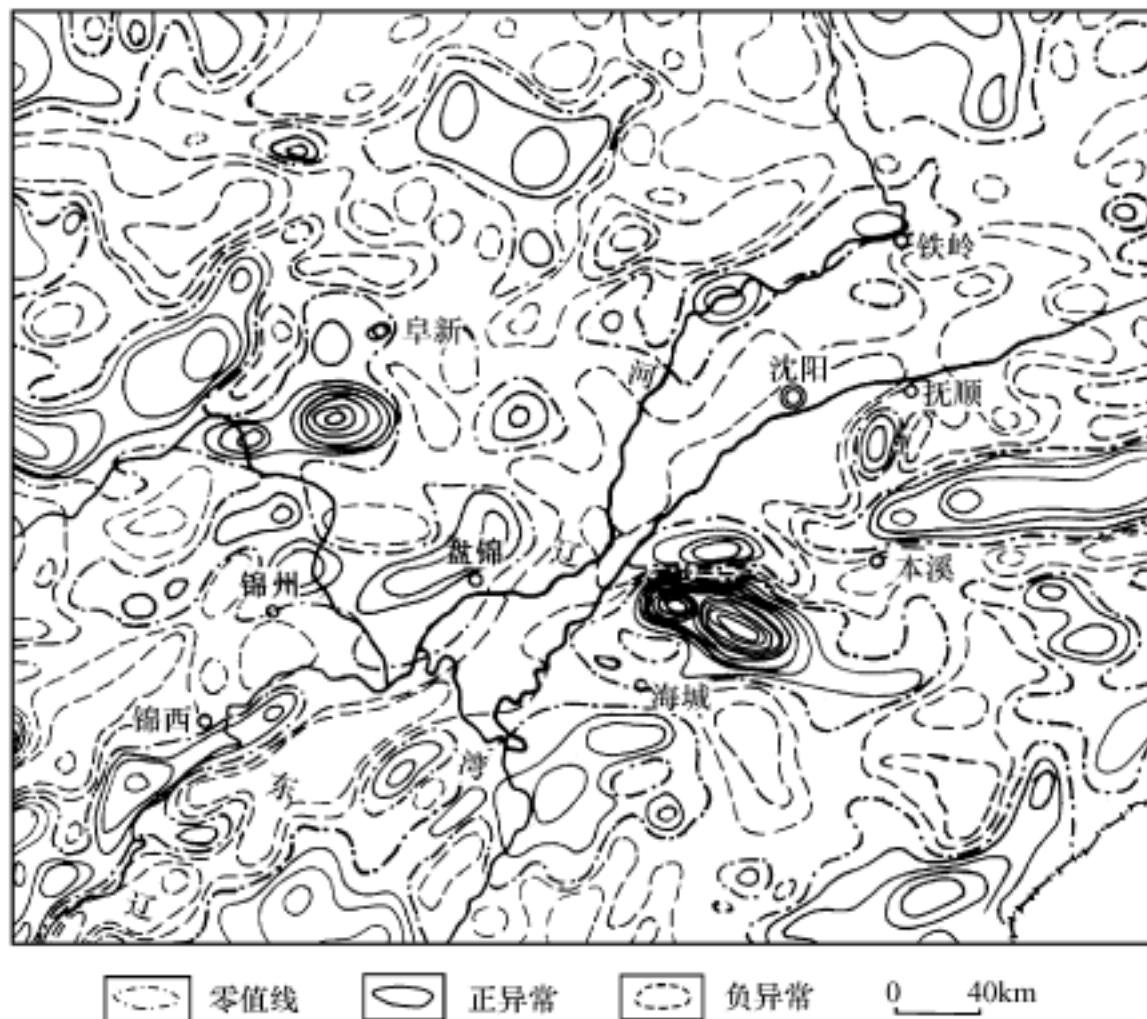


图 1-2 燕山东段—下辽河盆地航磁异常图

(据地质矿产部航空物探队,1989)

### 1. 东部磁场区

包括下辽河盆地东部凸起及辽东山地,磁异常总体为正负相间的条带状,磁场变化强烈,正负相间的磁异常走向总体呈东西向。海城以南在总体东西向的基础上清楚地显示有北东向特征。磁异常特征总体上与构造岩浆带的方向一致,海城以北以东西向为主,海城以南在东西向的基础上叠加有北东向。

王小凤、马寅生等,辽河盆地构造动力学研究及油气有利区预测,地质力学所研究报告,1997。

## 2. 下辽河盆地磁场区

包括下辽河盆地主体部分,磁异常总体为平行盆地长轴方向的北东向负异常带,磁场平缓,强度和梯度变化低,其异常值一般在  $-50 \sim -200\text{nT}$  之间,是下辽河盆地厚达  $6 \sim 7\text{km}$  的低磁性碎屑岩沉积物的反映。局部零星出现的北东向正异常是沿断裂带形成的高磁性新生代基性玄武岩的反映。

## 3. 燕山东段磁场区

包括下辽河盆地西部凸起及燕山东段的辽西山地,磁异常呈正负相间的串珠状条带。不规则的局部正、负磁异常组成的串珠状磁异常条带呈现出北东和东西两个方向。北东向的正异常条带与燕山东段一下辽河地区中生代盆地有较好的对应关系,主要为盆地内中生代火山岩的反映。

下辽河磁场区与东部磁场区的连接带是郯庐断裂带在燕山东段一下辽河地区的航磁异常图上的反映。显示郯庐断裂带沿下辽河盆地东部凹陷展布,东部凹陷的边界断裂——营口-佟二堡断裂即为郯庐断裂带在下辽河盆地内的主干断裂。

# 二、重力场特征

重力异常是一个地区浅部-深部不同密度物质分布状况,包括地壳厚度与结构变化、岩浆岩带与断裂带展布等的综合反映,因此,一定的构造区、带常显示出一定的布格重力场特征。从下辽河盆地深部重力异常与震中分布图上(图 1-3)可以看出,区内的重力异常带总体呈北东向展布,在燕山东段与华北平原的分界处呈现出东西向特征。重力异常值正负相间

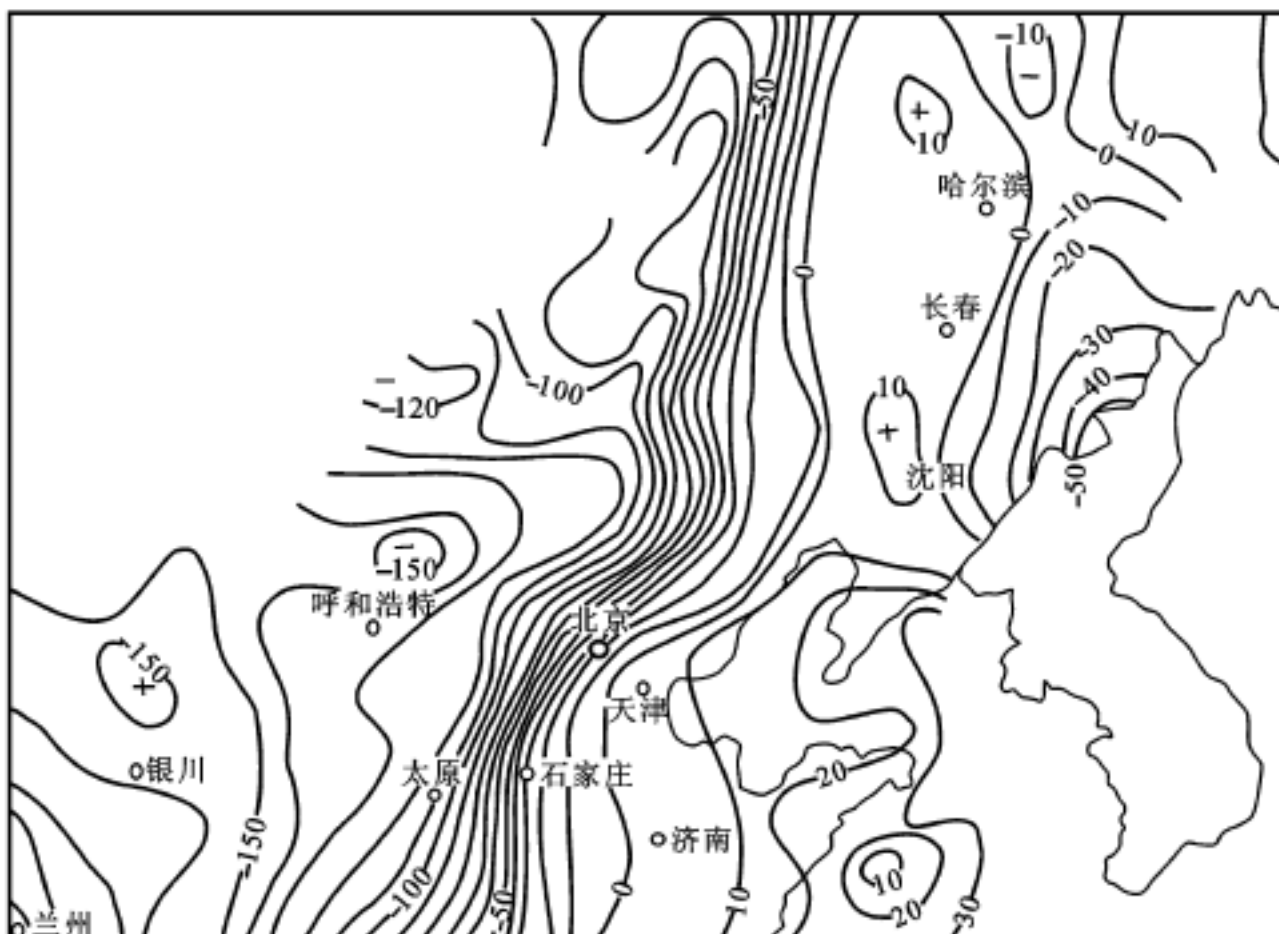


图 1-3 下辽河盆地深部重力异常与震中分布图

(据国家地震局,1996)

分布,可以明显地分为三个带:

### 1. 东部负异常带

在营口—沈阳一线东南,重力异常表现为宽缓的北东向负异常带,布格重力异常值变化在 $(-10 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2) \sim (-40 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2)$ 之间,反映该带地壳及岩石圈厚度及组构比较均匀,对应于辽东隆起。

### 2. 下辽河盆地正异常带

呈北东向沿下辽河盆地展布,为一低缓的正异常带,向东南过辽东湾到唐山一带,在总体北东向的基础上显示出东西方向。异常值为 $0 \sim 20 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。

### 3. 燕山东段负异常带

包括下辽河盆地以西燕山东段地区,重力异常总体为北东向展布的负异常,重力异常由东向西逐渐减小,异常值由0变为 $-90 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ ,说明地壳及岩石圈自东向西逐渐变厚的特征。

上述重力异常的展布特征反映了区内地壳及岩石圈的结构特征,显示下辽河地区地壳及岩石圈厚度较薄,存在一上地幔隆起带。地壳及岩石圈厚度的陡变带,即重力异常变化的梯度带是现今地震活动带。

## 三、地温场特征

地温场是地球内部热结构的反映,它可以通过大地热流值来表达。大地热流系指地球内部的热以热传导方式在单位时间内通过单位面积散发到地表的热量,其分布受岩石圈的热状态控制,并与地质构造及地壳活动性有着密切关系。

燕山东段—辽西一带7个大地热流值的平均值为 $54.80 \text{ mW/m}^2$  (1.31HFU),下辽河盆地中37个大地热流值的平均值为 $63.21 \text{ mW/m}^2$  (1.51HFU),最高可达 $83.14 \text{ mW/m}^2$ 。燕山东段的大地热流值比其西段北京附近——承德、赤峰一带 $46.94 \text{ mW/m}^2$  (1.12HFU) (8个大地热流值的平均值)的大地热流值要高,比下辽河盆地的大地热流值要低,这一大地热流特征与该区上地幔隆起的特征有着很好的对应关系。下辽河盆地岩石圈厚度最薄,上地幔隆起最高,其大地热流值最高。燕山东段岩石圈厚度比下辽河盆地大,但比燕山西段小,因此,其大地热流值介于二者中间。这一特征同样反映了中新生代以来该区地壳的活动性。

## 第二节 岩石圈结构特征

### 一、地震测深

据辽宁省地震局所作的闾阳-海城-东沟深地震剖面(图1-4)揭示,燕山东段—下辽河地区地壳结构较为复杂。下辽河断陷盆地上地壳厚度 $13 \sim 15 \text{ km}$ ,层速度 $2.5 \sim 6.3 \text{ km/s}$ 。中地壳可分为两层,其中上层厚度 $4 \sim 9 \text{ km}$ ,层速度 $6.0 \sim 6.2 \text{ km/s}$ ;下层厚度 $2 \sim 4 \text{ km}$ ,层速度 $6.3 \sim 6.6 \text{ km/s}$ ;下地壳厚度 $7 \sim 10 \text{ km}$ ,层速度 $6.7 \sim 7.5 \text{ km/s}$ 。地壳总厚度 $31 \sim 34 \text{ km}$ ,平均

---

汪集 等,辽河盆地构造-地热演化与油气形成,研究报告,1993。

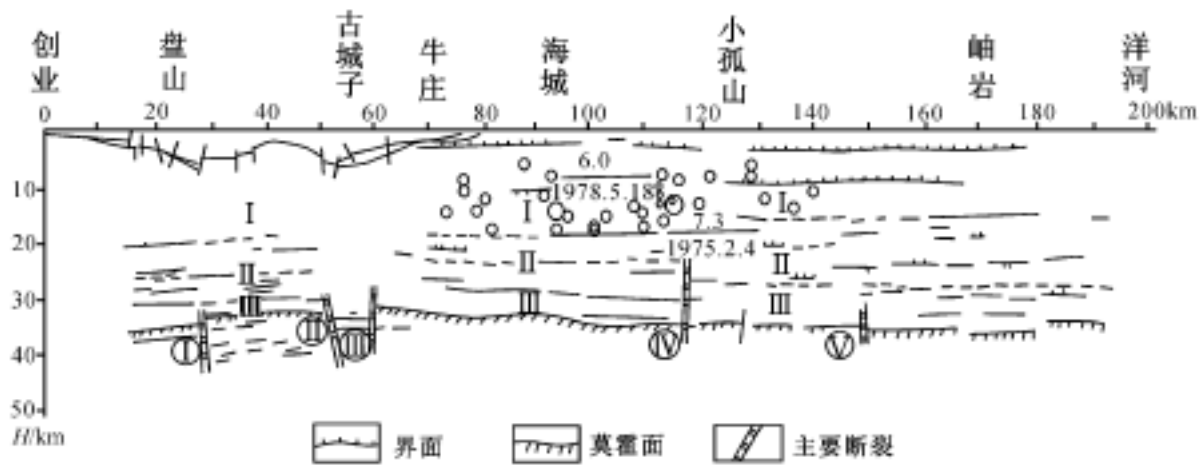


图 1-4 间阳-海城-东沟深地震测深解释剖面图

(据卢造勋等, 1992)

速度  $6.06 \text{ km/s}$ 。在下辽河盆地区上层地壳速度随深度逐渐递增, 其上部发育有中生代沉积物。中地壳上部存在明显的速度逆转的低速层, 中地壳下部速度急剧增加。下地壳速度随深度正常递增。下辽河盆地位于地壳厚度最小的上地幔隆起部位, 在其东侧的海城一带, 存在上地幔局部凸起, 其幅度为  $1 \sim 2 \text{ km}$ , 宽约  $30 \text{ km}$ 。郯庐断裂带恰处于该上地幔隆起带之上。该剖面深部断裂发育较好, 其中切割莫霍面的断裂有 5 条: ①号断裂位于盘锦, 反映东部凹陷与中央隆起的边界大断层——二界沟断层; ②、③号断裂分别位于古城子西边和东边, 推断 ②号断裂对应郯庐断裂带北段西界孙吴-双辽断裂的位置, ③号断裂是郯庐断裂带北段辽河盆地东部凹陷的边界断裂。浅部人工地震资料查明, 佟二堡-营口断裂是深部地壳断裂, ④、⑤号断裂是其在上层地壳延伸的位置。深部构造与浅层构造对应吻合, 同样构成两凹夹一垒的构造形态, 可见深部构造控制着浅部构造的格局。东侧辽东隆起、西侧燕山褶皱带无论在地壳厚度、速度结构与下辽河断陷盆地有明显的差异。

## 二、天然地震层析成像

王小凤等(1997)用赵大鹏等(1991)开发的一种新的地震波速图像处理程序, 对辽宁省地震台网观测的数据进行处理。得出海城震区地壳在深度分别为  $2$ 、 $9$ 、 $17$ 、 $26 \text{ km}$  和  $35 \text{ km}$  的 P 波速度图像。显示下辽河盆地及其邻区的地壳三维速度结构具有如下特征:

(1) 在平面上天然地震震中主要沿郯庐断裂带呈北东向展布, 从三维空间上看, 它们主要沿郯庐断裂带的界面和地壳  $12 \sim 25 \text{ km}$  的低速层展布, 于  $12 \sim 22 \text{ km}$  更为集中。由于反映郯庐断裂带地壳深部产状近直立且微向东倾, 直切地壳  $31 \text{ km}$  深。该部位在浅部相当于下辽河盆地东部凹陷与东部凸起分界带。

(2) 沿郯庐断裂营口-海城一带, 在地壳深部有 P 波低速体集中分布带, 但具体展布方式随深度有变化。在地壳  $2 \text{ km}$  深处, 于下辽河盆地和渤海湾沉降区呈现速度为  $3.70 \text{ km/s}$  左右的低速区, 反映了山地和盆地地壳介质的差异。低速体局部轴向近 SN 向。在  $9 \text{ km}$  深 P 波速度分布与  $2 \text{ km}$  处大体一致, 于辽东山地和下辽河盆地过渡地带的营口、盖县还出现了一个仅南北向分布, P 波速度为  $5.80 \text{ km/s}$  左右的低速区。海城震中及其附近地壳  $17 \text{ km}$  深处的介质 P 波速度相对其周围偏低, 这个低速区呈北西向分布, 该低速区中心相对于  $9 \text{ km}$  深处低速区中心向东偏移, 范围也有增大。特别是低速区中心出现了 P 波速度为  $6.10 \sim 6.15 \text{ km/s}$ , 比上层介质速度偏低的椭圆形低速区, 也呈北西向展布, 其长轴大约为  $50 \text{ km}$ , 短

轴大约为 20km。海城震中及其附近地壳 26km 深处的介质 P 波速度相对其周围介质速度低,但比上层介质速度高,其速度为 6.35 ~ 6.57km/ s,这个低速区呈近东西向分布,低速区中心比 17km 深处低速区中心进一步向东移动,范围更加扩大。从总体上看,P 波低速体主要沿郯庐断裂带东界隆起带边缘分布,35km 处表现十分典型。低速体显示东西向及南北间轴向复合形态,但以东西向延伸为主。向深部低速体出现的范围有加大的趋势。P 波低速体主要沿郯庐断裂带成带展布,越向深部显示越加明显,东界断裂带低速体分布相对更加集中,为现今强烈活动断裂。

(3)从海城—营口地壳三维速度结构变化来看,随着地壳深度从 9km 至 35km,低速区范围不断增大,逐步向东扩展。

(4)从内蒙古乌珠穆沁旗-辽宁东沟地学断面资料分析,以上由天然地震层析成像所给出的 P 波低速带位置与地壳拉伸减薄,莫霍面与软流层顶界面上隆的部位相吻合,并伴随上地幔铁镁物质上涌,因此郯庐断裂带可为上地幔上涌的通道。

### 三、莫霍面特征

燕山东段—下辽河地区地壳厚度(图 1-5)变化有以下特征:下辽河盆地-辽东湾地区地壳厚度等值线总体走向北东,厚度变化起伏较大,辽东湾 24 ~ 29km,下辽河盆地 30 ~ 34km,

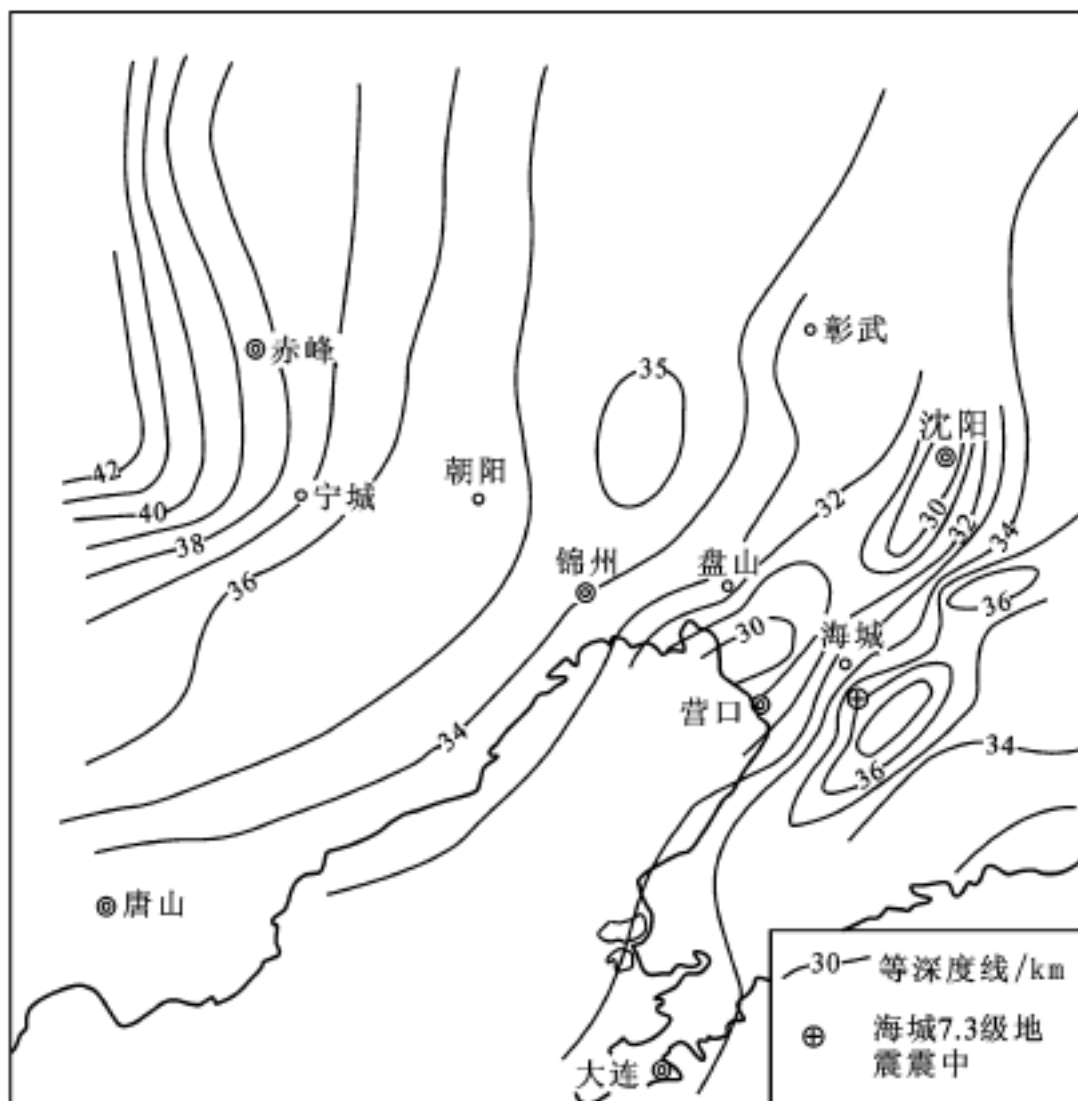


图 1-5 燕山东段—下辽河盆地莫霍面分布图

(据国家地震局,1986)

并沿辽东湾东西周边均存在起伏较大的地壳厚度等值线梯度带。在下辽河盆地存在一系列莫霍面凸起和凹陷,含油气构造主要分布在凹陷区。在东部辽阳-于洪-新城子串珠状凸起带地壳厚度为 31km,并呈北东向浑圆,带状凸起;中央大洼-台安凸起带,走向北东呈带状、浑圆状排列,厚度 30~31km,位于中央隆起带上;西部新民南北莫霍面局部凸起带,地壳厚度 31km,呈浑圆状凸起,位于郯庐主干断裂带的西北盘。三条带中,以中央大洼-台安凸起带地壳厚度最薄,反映下辽河盆地中部为上地幔拱起部位,莫霍面局部下凹区有 5 处,即营口、大洼东、辽中东部、沈阳西大民屯及盘山等处。其规模为宽 5~14km,长 20~50km,厚度 34~35km。下凹区出现于中央局部凸起地区的两侧。下辽河盆地两侧的隆起区地壳厚度逐渐加厚,至辽东半岛中部可达 36km,而到辽西建平一带,可达 38km。总体形态清楚地反映出下辽河-辽东湾地区为一个上地幔拱起区。

#### 四、壳-幔电性结构特征

大地电磁测深结果表明,燕山东段上地幔岩石圈为一平缓的隆起区,其顶点在辽西义县一带埋深约 100km,由此向西北岩石圈明显加厚(崔盛芹,1996)。在下辽河盆地,壳内高导层和上地幔高导层发育。在断陷内部营口-佟二堡断裂以西,距地表 40~43km 深度范围内,存在一个厚度为 4~5km 的高导层,向西至燕山造山带附近消失。上地幔高导层顶面构成显著的隆起区,隆起顶点在古城子一带,深度 86~88km,隆起西侧较缓,至闾阳为 112km,东侧较陡,海城一带为 109km。下辽河盆地东部,壳内高导层深度 16~20km,电阻率为 4~6  $\cdot m$ ,厚度约 4km,与壳内低速层大体一致。在析木以东的辽东隆起上地幔高导层顶面深度达 120km。上地幔高导层的顶面一般认为同上地幔软流圈的顶界相当,因此,上地幔高导层的起伏反映了岩石圈厚度的变化特征。

## 第二章 燕山东段—下辽河地区 前中生代地质构造背景

燕山东段—下辽河地区地质历史悠久,构造活动复杂。前中生代地质构造演化经历了太古宙—古元古代结晶基底形成和中新元古代—古生代拗拉槽—克拉通盖层发育两个阶段。从太古宙至新生代漫长的地质历史中,发育了多种类型的沉积、多期变质作用、岩浆活动和多期构造活动。形成了多种类型的沉积建造,多种类型的岩浆侵入、火山喷发,多种类型的构造变形(图 2-1、2-2)。

### 第一节 太古宙—古元古代结晶基底形成阶段

#### 一、结晶基底的地层系统

研究区内的结晶基底主要由太古宇建平群变质岩组成,仅有少量古元古界辽河群变质岩分布在下辽河盆地沈北凹陷和大民屯凹陷的北部。太古宇主要分布于建平、朝阳、北票北部、阜新、锦县,此外零星出露于兴城和绥中等地。在下辽河盆地的鸳鸯沟、欢喜岭、双台子、兴隆台、中央凸起、茨榆坨、头台、前当堡、东胜堡、曹台、静安堡等地区均有探井钻达。

建平群为一套遭受区域变质作用而形成的中深变质岩系,由下而上分为小塔子沟组、大营子组和瓦子峪组,总厚度 3931 ~ 13057m。

建平群下部小塔子沟组岩性主要为麻粒岩、片麻岩、变粒岩,夹斜长角闪岩。变质相为麻粒岩相。原岩建造小塔子沟组下部原岩主要为拉斑玄武质的超基性-基性火山岩,其间夹有酸性火山碎屑岩及含硅铁质建造,同时伴有呈层状或似层状侵入的橄榄岩、辉石岩和角闪岩。在超基性-基性火山岩内发现其化学成分有类似于科马提岩的超镁质岩石。小塔子沟组上部为玄武岩、英安岩和英安质火山碎屑岩,夹有沉积岩和硅铁质建造,基性火山岩和中酸性火山岩往往交互出现。

大营子组岩性为黑云斜长片麻岩、角闪黑云斜长片麻岩、浅粒岩,夹斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩、角闪变粒岩、大理岩及磁铁石英岩。大营子组原岩组合主要为中酸性火山碎屑岩(安山质、流纹质凝灰岩)和沉积岩(凝灰质砂岩、长石石英砂岩),夹玄武岩、安山岩、流纹岩及碳酸盐岩。上部的沉积岩中夹有多层安山岩、流纹岩及火山碎屑岩,有时呈互层出现。

建平群最上部层位——瓦子峪组,岩性为黑云石英片岩、绢云绿泥片岩、黑云绿泥片岩、黑云角闪石英片岩,夹磁铁石英岩。原岩为粘土岩、细碎屑岩,夹白云质灰岩。建平群大营子组、瓦子峪组遭受高绿片岩相的区域变质作用。

---

吴铁生等,辽河盆地及外围地区油气资源评价,辽河石油勘探局研究报告,1985。

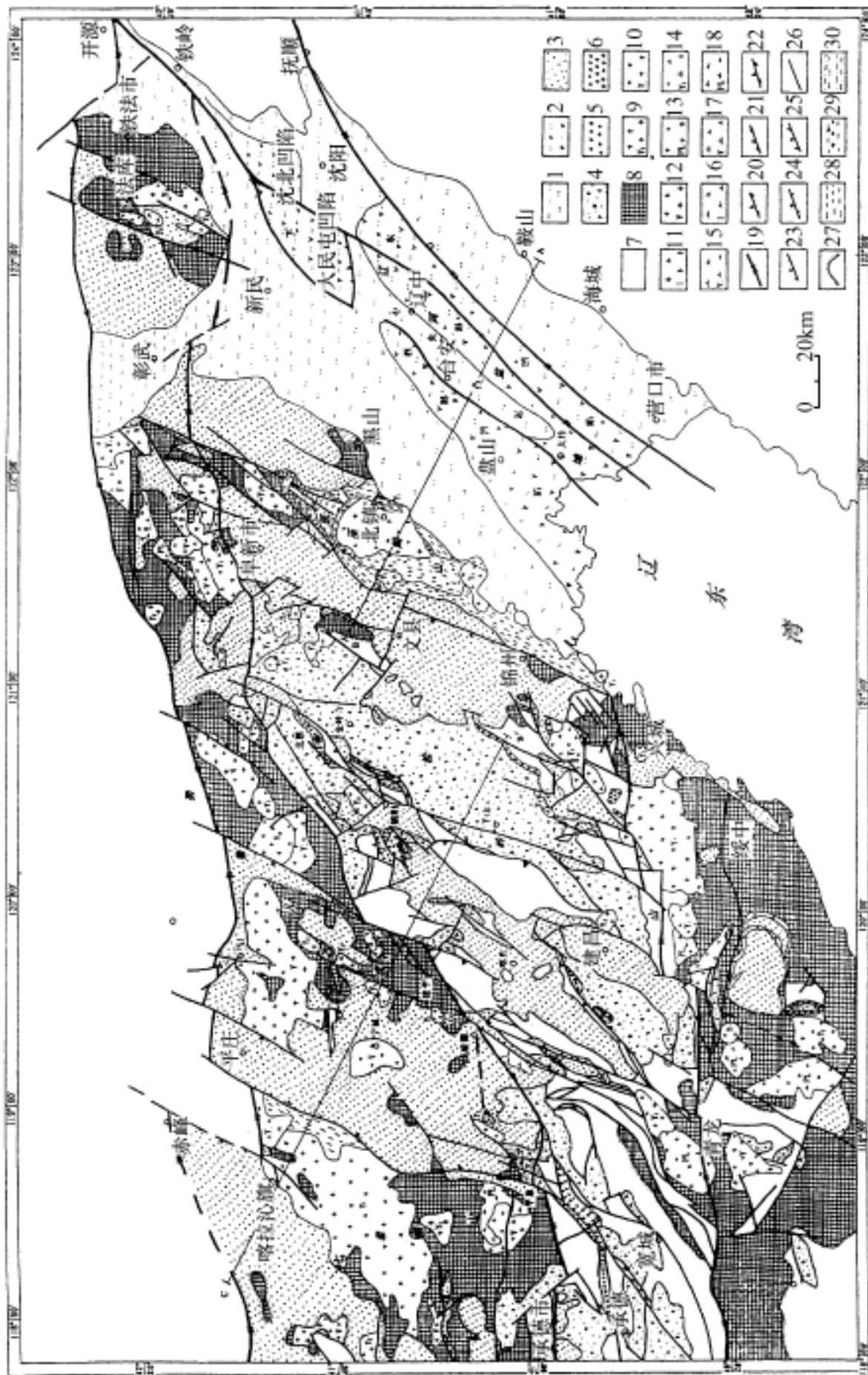


图 2-1 燕山东段—下辽河盆地地质构造略图

1—新第三系-第四系；2—老第三系-第四系；3—白垩系；4—中上侏罗统；5—上三叠统-下侏罗统；6—中下三叠统；7—中新元古界-古生界；8—太古宇-古元古界；9—燕山晚期花岗岩类；10—燕山早期花岗岩类；11—印支期花岗岩类；12—海西期花岗岩类；13—前吕梁期花岗岩类；14—燕山晚期闪长岩类；15—燕山早期闪长岩类；16—印支期闪长岩类；17—海西期闪长岩类；18—前吕梁期闪长岩类；19—长期活动断裂；20—中三叠世末-中侏罗世前断裂；21—中晚侏罗世同沉积断裂；22—侏罗纪末断裂；23—白垩纪同沉积断裂；24—白垩纪末断裂；25—新生代同沉积断裂；26—活动时期不明断裂；27—不整合界线；28—太古宇岩石糜棱岩带；29—太古宇岩石糜棱岩与花岗岩互层带；30—中新元古界岩石糜棱岩带