

松辽盆地南部断陷层系 石油天然气地质

俞凯 侯洪斌 郭念发 何兴华 著

石油工业出版社
PETROLEUM INDUSTRY PRESS

松辽盆地南部断陷层系 石油天然气地质

俞 凯 侯洪斌 郭念发 何兴华 著

2000.10

石油工业出版社

内 容 提 要

松辽盆地南部断陷层系演化历史漫长,发育了巨厚的断陷烃源岩含油气系统,先后在长岭断陷、十屋断陷发现石油天然气,并在德惠断陷发现二氧化碳气田,油气资源丰富。本书从松辽盆地南部断陷盆地形成与演化出发,阐明了该地区断陷层系演变机制,油气成藏及其保存特征,指明了断陷层系油气勘探方向。

本书可供从事油气地质研究的科研人员及高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

松辽盆地南部断陷层系石油天然气地质/俞凯等著.
北京:石油工业出版社,2002.5

ISBN 7-5021-3733-5

I. 松…

II. 俞…

III. 石油天然气地质-研究-松辽盆地

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 021533 号

石油工业出版社出版发行
(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)
河北省地勘局测绘院印刷厂排版印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 20.5 印张 480 千字 印 1—1000

2002 年 5 月北京第 1 版 2002 年 5 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3733-5/TE·2731

定价:45.00 元

序

中生代是我国东部裂谷盆地充分发育时期，由于裂谷盆地往往表现为沉降速度快，沉积物堆积厚，因此，大多数裂谷盆地具有良好的油气地质条件，油气资源丰富。

一般而言，中国东部的裂谷盆地具有共同的构造演化特征，即盆地从裂谷作用开始，裂谷发育成断陷，断陷发育成拗陷，从而构成了一个完整的盆地演化序列。因此，中国东部中生代裂谷盆地普遍具有断陷层系和拗陷层系两种不同的结构特征，这是中国东部中生代裂谷盆地在构造演化上表现出来的一种特殊性，并赋予中国东部中生代裂谷盆地以丰富多彩的油气成藏组合及其分布特征。

松辽盆地是我国最大的陆相含油气盆地，也是世界上最著名的陆相含油气盆地。松辽盆地在盆地结构上具有典型的“二元”结构特征，盆地演化从裂谷开始经历了两个截然不同的构造阶段，前者为盆地断陷阶段，后者为盆地拗陷阶段。断陷阶段发育的断陷层系及拗陷阶段发育的拗陷层系均堆积了巨厚的烃源岩系，它们共同构成松辽盆地油气赖以生成、运移、聚集成藏的物质基础。近几年来，松辽盆地在拗陷层系油气产量持续稳定高产的同时，在断陷层系获得了重大油气地质成果。断陷层系的油气勘探不断深入，松辽盆地北部的徐家围子断陷昌德气田的发现代表着松辽盆地断陷层系油气勘探一个新时期的开始。而松辽盆地南部地区同其北部地区一样，断陷层系油气资源丰富，自梨参1井在十屋断陷发现天然气流以来，松辽南部地区断陷层系油气勘探不断深化，先后在十屋断陷、德惠断陷、长岭断陷发现高产天然气和石油，并在其它断陷获得了丰富而重要的油气显示。实践证明，松辽盆地南部与其北部地区在大地构造演化、油气聚集成藏等方面具有一致性。松辽盆地南部不仅在拗陷层系，而且在断陷层系都蕴藏着丰富的油气资源。加强断陷层系油气勘探，扩大断陷层系油气勘探前景，对坚持我国“稳定东部，发展西部”的石油与天然气发展战略具有重大意义。

作者在多年地质研究基础上，总结前人在断陷层系油气勘探成果，编撰了《松辽盆地南部断陷层系石油天然气地质》一书，该书在深入研究松辽盆地南部断陷层系油气地质条件的基础上，对这一领域的油气成藏特征及勘探前景进行了系统而独特的理论分析，这些理论性认识主要表现在以下几个方面。

一、分析了我国东部地区中生代以来大地构造演化的特点，论述了断陷盆地生成、发展、演化的构造背景

我国东部地区中生代是断陷盆地的广泛发育时期，断陷盆地的发展、演化与中生代大地构造背景密切相关。一般而言，断陷盆地经历了断陷、拗陷等不同的演化阶段，而每一阶段的出现和后期的充分发展均受大地构造演化背景的控制。松辽盆地同其它中国东部盆地一样，大地构造背景等地质因素是盆地产生和发展的动力，在盆地演化过程中，从断陷盆地向拗陷盆地两种不同盆地机制的转变，实质上是大地构造内部机制的调整或转变。在此方面，作者论述了盆地演化与大地构造背景之间的联系，阐述了大地构造及其演化背景是松辽盆地演化的动力。

二、从松辽盆地整体性出发，研究了松辽盆地断陷成因机制，论述了松辽盆地南部断陷的生成、发展及其消亡过程

松辽盆地南部地区与其北部地区是同一盆地整体的不同部分，两者之间在盆地演化、沉积建造等方面具有同一性。晚侏罗世开始，松辽盆地南部地区与北部地区一起共同进入了断陷盆地的发展阶段，断陷盆地的初期是由裂谷开始的，裂谷的进一步发展演变成成为断陷盆地，断陷盆地经过了一个较长时间的发展，形成巨厚的断陷层系沉积建造，其中堆积了巨厚的烃源岩，形成了一个完整的断陷层系沉积体系。断陷盆地经过充分的发展，最终被拗陷盆地所代替，从而完成了断陷盆地到拗陷盆地的转变。

三、分析了松辽盆地南部断陷层系沉积建造赖以形成的沉积环境，论述了不同环境下沉积建造的特点及其层序标志，从而为进一步研究断陷层系烃源岩的沉积特征及构造背景奠定了基础

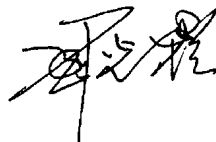
松辽盆地南部断陷由于沉降速度快，沉积建造厚，烃源岩发育，有机质丰富，因此，断陷层系具有雄厚的生成油气的物质基础。其中沙河子组、营城组是断陷层系主力烃源岩，而登娄库组、火石岭组也有一定的生烃能力。断陷层系油气储集条件及其封盖条件发育，沉积砂体、构造不整合面、断裂破碎带、构造裂隙发育带等均可以成为断陷层系油气储集的有利场所，在这些有利的储层或储集体之上发育了大套的区域性盖层，因此，松辽盆地南部断陷层系油气烃源条件有利，储盖条件发育，它们之间相互有利的配置为断陷层系油气成藏及其后期保存提供了保证。

四、分析了断陷层系油气成藏的特点，重点阐述了十屋断陷与长岭断陷油气成藏规律，为松辽南部地区断陷层系油气进一步勘探及其开发提供了依据

松辽盆地南部断陷油气资源丰富，大多数断陷盆地均获油气显示，其中十屋断陷及长岭断陷已先后发现了工业油气流，勘探证实这些断陷油气资源潜力巨大，具有广阔的勘探前景。由于十屋断陷、长岭断陷油气地质研究程度高，勘探工作量大，经前期地质研究及勘探，已对上述断陷层系构造演化序列、沉积建造及其烃源岩特征、油气成藏特点及其分布规律等一系列有关地质问题形成了初步的认识。因此，解剖十屋断陷、长岭断陷油气地质特征，建立它们的成藏模式，对进一步开展整个松辽盆地南部断陷层系油气勘探具有重要的指导意义。

总之，该书较为完整系统地概括了松辽盆地南部断陷层系油气地质特征，阐述和分析了这一地区油气成烃、成藏及其分布规律，是一部理论和实践价值较高的学术著作，它的出版必将推动该地区油气研究与勘探的发展，并将影响和促进整个松辽盆地断陷层系的油气勘探工作。

中国科学院院士



2001年11月28日

前 言

中国东部中生代含油气盆地普遍具有断陷层系和坳陷层系两种不同的结构特征。这种特殊的双层结构盆地演化模式赋予了中国东部含油气盆地具有丰富多样的油气成藏组合及其分布特征，盆地所赋存的沉积实体以陆相沉积为主，大多数中生代含油气盆地叠加在古生代海相沉积盆地之上，构成了独具特色的中国东部含油气盆地体系。大庆油田、辽河油田、大港油田、胜利油田、江苏油田等均位于我国东部含油气盆地体系中。其中，松辽盆地是我国最大的陆相含油气盆地，也是世界上最著名的陆相含油气盆地，位于其中的大庆油田是目前世界上已发现的特大油田之一，也是我国重要的油气生产基地。研究表明，松辽盆地断陷阶段的断陷层系及坳陷阶段的坳陷层系均发育巨厚烃源岩系，它们共同构成松辽盆地油气赖以生成运移、聚集成藏的物质基础。

松辽盆地南部泛指松花江以南地区，这条界线仅仅是一条单纯的地理界限，无任何大地构造意义，这是由于长期以来人们选择研究对象的不同而形成的勘探地区的分界，实际上，目前在松辽南部地区从事油气勘探的主要地区基本局限于吉林省北部及内蒙古自治区东部一隅。就广泛意义而言，松辽盆地是一个完整的含油气盆地，松辽盆地南部与其北部地区在大地构造演化、油气聚集成藏等诸方面具有一致性。就松辽盆地南部而言，其油气勘探历史较早，从20世纪50年代开始，石油地质工作者就在这一地区开展油气地质勘查，50年代末至60年代初，先后在姚家组发现含油砂岩，揭示了葡萄花油层的油气地质特征，不久，又在新立屯、黑帝庙地区嫩江组上部地层发现工业油流，从此揭开了松辽盆地南部油气勘探开发的历史。吉林油田经过四十多年的勘探开发，经过无数石油地质工作者的努力，现已开发成为松辽盆地又一个重要的油气田，在松花江边出现了一个新兴的中国石油工业基地。

松辽盆地南部不仅在坳陷层系蕴藏着丰富的油气资源，而且在断陷层系也发现丰富的油气资源，在坳陷层系油气勘探开发快速发展的同时，断陷层系油气勘探也在迅猛展开，中石化集团新星公司东北石油局、华东石油局、华北石油局、中南石油局、原地质矿产部石油地质综合大队、吉林油田等对此做了大量工作。经过他们多年的拼搏与努力，茫茫的松辽盆地南部大地一排排井架高高耸立，在钻机的轰鸣声中，黑色的原油、白色的气流从地下几千米深的断陷地层奔腾而出，它们象两条巨龙，在松辽盆地南部的大地上飞腾、跳跃，给辽阔的松辽盆地南部大地添加了一道美丽的风景线。

松花江两岸风景如画，清澈见底的江水象一条飘带在松辽盆地南部大地上蜿蜒曲折，汨汨向东流去。大江南岸最著名的景物是苍茫辽阔的大草甸子，驻足其间，一望无际，恍如置身于一一片绿色的海洋。大片大片的牧草在阳光下跳跃，在微风中拂动，显现出各不相同的浓浓或淡淡的绿色来，有的地方呈幽绿色，有的地方呈翠绿色，这一片片碧绿、一块块青翠象一枚枚绿宝石，五彩缤纷的马兰花点缀其间，给这些绿宝石添加了迷人的光环。更有一池池碧水在微风中荡起层层细浪，大草甸子中有一串串碧水湖泊，水色碧清，驻足于碧波荡漾的湖边，眺望远方一望无际的草地，真有“千江有水千江

月，万里无云万里天”的感觉。

大草甸子的北端就是大庆油田——王铁人曾经为我国石油工业的崛起而拼搏过的地方，站在这里向北眺望，心中陡生一种情感，一种精神，这是凝结在石油地质工作者身上的一种奉献精神。“石油工人一声吼，地球也要抖三抖。”这掷地有声的言语虽然已过去了三十多年，但越过茫茫原野，穿过岁月风尘，至今仍在我们心中激荡，那是一种莫大的力量，这种力量使落后的中国石油工业跻身于世界石油工业的前列，让环球刮目相看。

今天，松辽盆地南部断陷层系喜获重大油气地质成果，这与石油地质工作者的奋斗是分不开的。撰写此书，以此纪念为松辽盆地南部断陷油气勘探开发作出过努力的所有石油地质工作者。在此要特别感谢李学慧、陈孔全、吴聿元、陈志高、王果寿、肖海燕、赵庆吉、赵春满、刘保安、唐黎明、张玉明、闫吉柱、姚柏平、蔡先华、钱桂华、杨振升、张枝焕、江兴歌等，是他们对松辽盆地南部地区深入而富有成效的研究及其独具匠心的研究成果，为该书的编写提供了重要的参考，感谢刘光鼎院士对本书的写作进行指导并为本书作序。郭念发、俞凯、侯洪斌设计编写了提纲并对书稿进行审定，郭念发、俞凯对全书进行了修改统编，本书第一章至第八章由郭念发编写，第九章至第十一章由侯洪斌编写，第十二章至第十四章由何兴华编写，第十五章至第十六章由俞凯编写。由于水平有限，书中错误敬请指正。

作 者

2001年11月

目 录

第一章 中国东部大地构造演化背景	(1)
第一节 中国东部地球物理场特征.....	(3)
第二节 深部地质结构特征.....	(6)
第三节 大型断裂带分布特征.....	(10)
第四节 中生代以来大地构造演化特征.....	(11)
第五节 中、新生代成盆作用及构造背景.....	(16)
第二章 松辽盆地形成机制及基底构造特征	(21)
第一节 盆地基底结构及其组成.....	(22)
第二节 盆地演化动力学机制.....	(30)
第三节 盆地形成机制及演化序列.....	(36)
第三章 松辽盆地南部断陷基本地质特征	(41)
第一节 南部断陷演化序列.....	(42)
第二节 南部断陷大地构造特征.....	(49)
第三节 南部断陷结构特征.....	(54)
第四章 松辽盆地南部断陷充填层序	(64)
第一节 不同时期断陷充填模式.....	(64)
第二节 断陷充填层序特征.....	(66)
第三节 断陷充填层序构造环境.....	(80)
第五章 松辽盆地南部断陷分布特征	(82)
第一节 中央断陷区断陷分布特征.....	(83)
第二节 西部断陷区断陷分布特征.....	(89)
第三节 东南断陷区断陷分布特征.....	(96)
第六章 断陷层系沉积建造特征	(101)
第一节 断陷类型与沉积相变.....	(101)
第二节 断陷层系沉积相特征.....	(103)
第七章 断陷层系烃源岩特征	(118)
第一节 烃源岩沉积环境.....	(119)
第二节 烃源岩分布特征.....	(122)
第三节 烃源岩有机质丰度.....	(124)
第四节 有机质类型及有机相特征.....	(128)
第八章 断陷层系烃源岩热演化特征	(136)
第一节 古地温及地温梯度的确定.....	(136)
第二节 断陷烃源岩演化史分析.....	(137)

第三节	断陷烃源岩埋藏史分析·····	(140)
第四节	断陷烃源岩成藏期分析·····	(145)
第九章	断陷层系油气储集特征·····	(151)
第一节	断陷层系储层分布特征·····	(151)
第二节	断陷层系储层成岩特征·····	(153)
第三节	断陷层系储层含油气性评价·····	(157)
第四节	裂隙储集体特征·····	(168)
第十章	断陷层系油气封盖特征·····	(171)
第一节	断陷层系盖层特征·····	(171)
第二节	盖层与天然气成藏的有效组合·····	(179)
第十一章	断陷油气成藏特征及其分布规律·····	(184)
第一节	断陷油气成藏控制因素·····	(184)
第二节	断陷天然气成藏地球化学标志·····	(193)
第三节	断陷天然气藏分布特征·····	(195)
第十二章	松辽盆地南部断陷天然气资源量预测·····	(202)
第一节	东南隆起区各断陷资源量预测·····	(202)
第二节	中央断陷区长岭断陷资源量预测·····	(210)
第三节	其它断陷区资源量预测·····	(215)
第十三章	松辽盆地南部断陷油气勘探开发现状及前景·····	(220)
第一节	“六五”期间煤成气地质条件研究·····	(220)
第二节	“七五”期间天然气勘探取得突破性进展·····	(221)
第三节	“八五”期间天然气勘探与开发·····	(222)
第四节	“九五”期间天然气大规模勘探与开发·····	(223)
第五节	松辽盆地南部断陷层系天然气勘探远景·····	(228)
第十四章	十屋断陷油气地质特征及勘探远景·····	(233)
第一节	区域构造特征及沉积建造·····	(233)
第二节	油气地质条件分析·····	(237)
第三节	油气成藏条件分析·····	(241)
第四节	勘探远景评价·····	(245)
第十五章	长岭断陷油气地质特征及勘探远景·····	(257)
第一节	长岭断陷区域构造特征·····	(257)
第二节	长岭断陷烃源岩特征·····	(263)
第三节	断陷层系局部构造带与圈闭特征·····	(273)
第四节	断陷层系油气储集条件分析·····	(282)
第五节	火山岩储层特征·····	(286)
第六节	断陷层系油气盖层特征·····	(289)
第七节	东岭气田地质特征·····	(292)
第八节	长岭断陷油气勘探远景评价·····	(302)

第十六章 德惠断陷油气地质特征及勘探远景..... (307)

第一节 德惠断陷构造特征..... (307)

第二节 德惠断陷油气地质特征..... (311)

第三节 德惠断陷油气勘探远景..... (312)

参考文献..... (315)

第一章 中国东部大地构造演化背景

松辽盆地南部通常指松花江以南的盆地部分，面积约 $12.4 \times 10^4 \text{km}^2$ ，其区域涉及吉林省、内蒙古自治区及辽宁省，地理上约占松辽盆地面积 $26 \times 10^4 \text{km}^2$ 总和的一半。

松辽盆地南部油气勘探历史较早，20 世纪 50 年代至 60 年代先后在前郭县达里巴村南 14 井姚家组地层中发现含油砂岩，从而揭示了葡萄花油层的油气地质属性。在雅达红扶 27 井泉四段、新立屯吉 13 井及黑帝庙黑 1 井嫩江组上部地层试获工业油流，从此揭开了松辽盆地南部油气勘探开发的发展历史。

松辽盆地南部油气资源丰富，经过 40 多年的勘探开发已成为我国重要的油气生产基地（图 1-1），实践证明松辽盆地南部地区不仅蕴藏着丰富的石油资源，而且还储藏着巨大的天然气资源，具有天然气成藏的有利地质条件。1984 年梨参 1 井在十屋断陷发现天然气，从而揭开了松辽盆地南部勘探断陷层系天然气的历史，实践证明松辽盆地

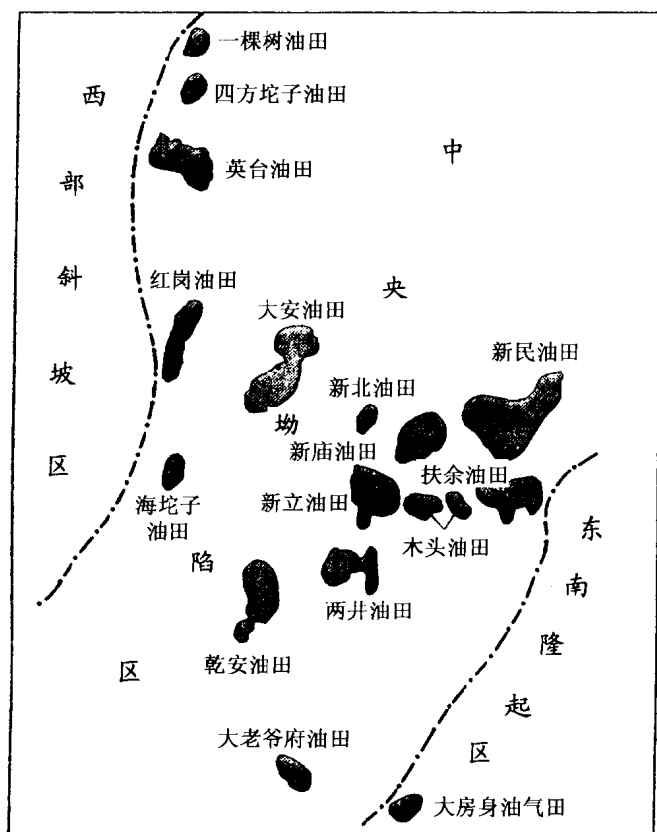


图 1-1 松辽盆地南部油田分布图

南部如同松辽盆地北部一样具有丰富的天然气资源，其资源丰度和储备规模十分巨大。已探明天然气储量为 $463.76 \times 10^8 \text{m}^3$ ，其资源量达 $5176.94 \times 10^8 \text{m}^3$ ，探明储量仅占资源量的 8.96%。圈闭资源量为 $2452.53 \times 10^8 \text{m}^3$ ，探明储量仅占圈闭资源量的 18.9%。在上述天然气资源量中，可燃有机天然气占主体，除有机天然气外，还发现了丰富的无机成因天然气，其中德惠断陷万金塔 CO_2 探明储量达 $57.23 \times 10^8 \text{m}^3$ ，控制储量达 $64.32 \times 10^8 \text{m}^3$ ， CO_2 含量达 86%~99% 以上。

随着石油地质研究及其勘探手段的不断深化，有关松辽盆地南部大地构造属性、沉积建造特征、油气富集规律等一系列地质问题的规律性认识亦不断深化。研究表明，松辽盆地南部在构造上与松辽盆地北部是一个统一的整体，其构造演化历史与松辽盆地整体演化背景紧密关联，而松辽盆地作为中国东部大地构造演化序列的一个组成部分，它的构造演化与中国东部大地构造背景关系密切。

研究表明，自晚元古代至早二叠世末松辽盆地的地理位置大致位于北亚陆间区的东部（图 1-2）。其北部为西伯利亚板块，南部为中朝板块，中间为古亚洲海域。早二叠世末海西运动使中朝板块与西伯利亚板块发生碰撞，从而形成统一的欧亚板块，开始了

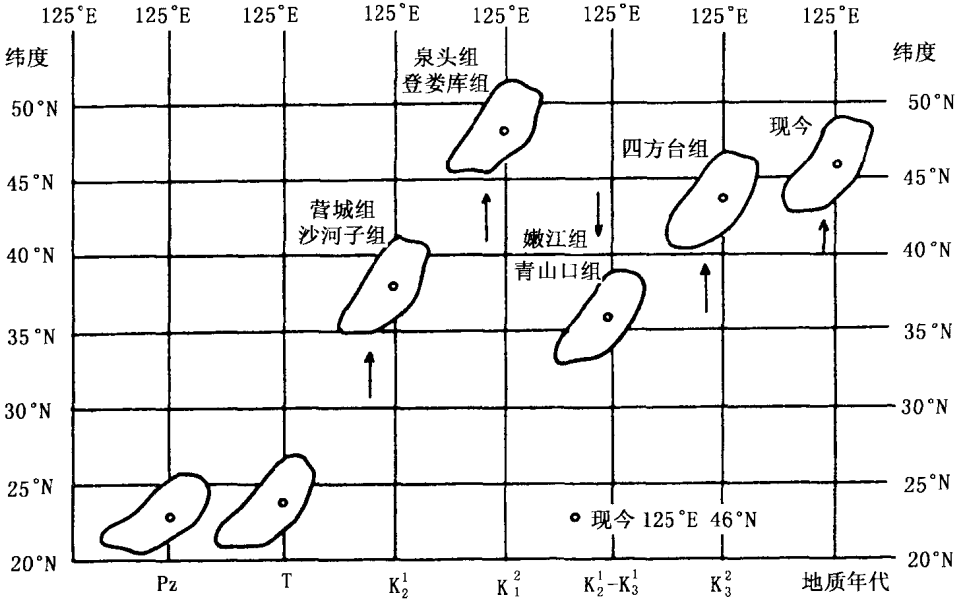


图 1-2 松辽盆地古纬度变迁图

晚二叠世至三叠纪前陆盆地发育阶段。晚三叠世之后，松辽盆地进入环太平洋构造域发展阶段，处于环太平洋构造域北段内带。其莫霍面的构造形态、基底构造特征、盆地形成与演化序列均受太平洋板块与欧亚板块相互之间的构造作用的影响，盆地总体构造线方向呈北东、北北东向展布（图 1-3）。因此，松辽盆地形成与演化的大地构造背景受中国东部大陆构造演化序列的控制，它是中国东部大陆构造演化的产物之一。除表现出盆地独有的大地构造属性之外，松辽盆地具有中国东部大地构造演化序列所表现的一般地质特征及其属性。因此，认识松辽盆地南部构造演化背景及其对天然气富集成藏的影响

响首先应当了解松辽盆地形成与演化的大地构造属性，而认识松辽盆地大地构造特征及其属性首先应当了解中国东部大地构造演化序列及其背景，因为它们之间存在着密切的联系并相互影响。

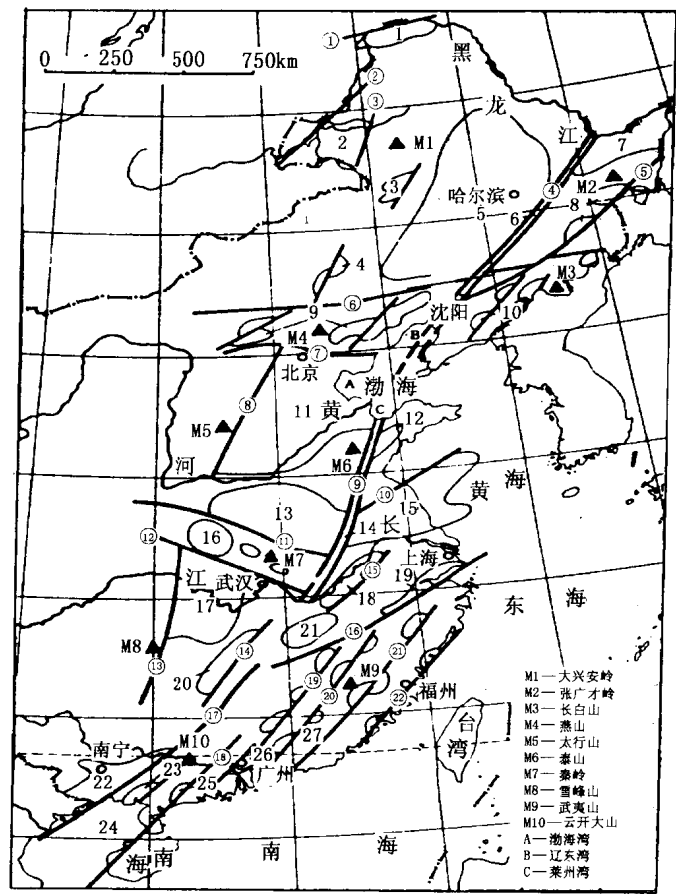


图 1-3 中国东部裂谷盆地分布图 (据田在艺, 1990)

断层: ①漠河; ②额尔古纳河; ③伊敏河; ④依兰—伊通; ⑤敦化—密山; ⑥赤峰—开原; ⑦昌黎—南口; ⑧太行山东; ⑨郯城—庐江; ⑩嘉山—响水; ⑪明港—金寨; ⑫襄樊—广济; ⑬雪峰山; ⑭衡阳; ⑮东至—芜湖; ⑯江山—绍兴; ⑰钦州; ⑱四会—吴川; ⑲武夷山西; ⑳武夷山东; ㉑丽水—海丰; ㉒长乐—诏安。

盆地: 1—漠河; 2—海拉尔; 3—阿尔山; 4—开鲁; 5—松辽; 6—依兰—伊通; 7—三江; 8—鸡西盆地群; 9—阜新盆地群; 10—浑江盆地群; 11—渤海湾; 12—莱阳; 13—南华北; 14—郯城—庐江; 15—苏北—南黄海; 16—南阳盆地群; 17—江汉—洞庭; 18—无为; 19—衢县—杭州; 20—衡阳; 21—鄱阳; 22—十万大山—百色; 23—合浦; 24—北部湾; 25—茂名; 26—三水; 27—东南盆地群

第一节 中国东部地球物理场特征

松辽盆地作为中国东部大陆的一个重要组成部分，它的形成与演化受到中国东部大陆大地构造格局与构造演化背景的影响。它是中国东部大陆构造演化序列中的一个环节，与中国东部大陆整体构造演化背景相协调。中生代以来中国东部属于环太平洋构造带

的一个组成部分。受环太平洋构造带的影响，中国东部地区的地壳变形基本上以北北东—北东向隆起与拗陷相间的带状分布为特征。在这种大地构造背景的支配下，产生了一系列大型中、新生代含油气盆地。这些含油气盆地主要分布于太行山以东地区，包括内蒙古东部地区、东北地区、华北地区和江淮地区（图 1-4）。松辽含油气盆地是上述含油气盆地系列的组成部分。这些盆地的发育在中国东部地区具有特殊的构造意义，并表现出独特的地球物理场特征。

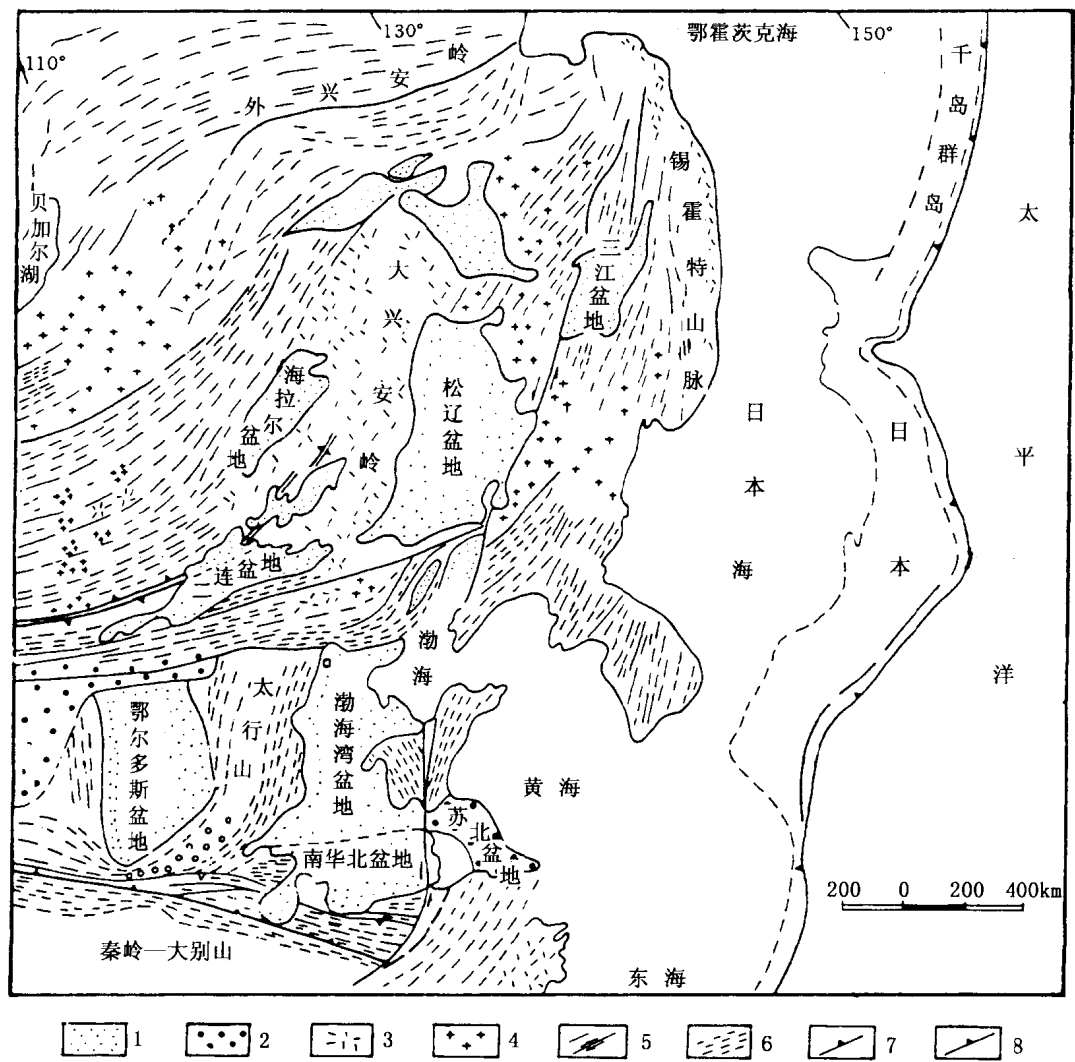


图 1-4 中国东部及邻区中生代盆地构造略图

1—中、新生代沉积为主的盆地；2—第四系；3—火山岩；4—花岗岩；5—走滑断层；
6—构造线；7—逆冲断层；8—板块俯冲碰撞带

一、大地重力场分布特征

一般而言，中国东部地区布格重力异常走向为北北东向，沿贵阳、西安、呼和浩特

构成布格重力异常的东西分界线（图 1-5）。布格重力异常值向东明显升高。大兴安岭、太行山以及向南至巫山、武陵山一带构成非常明显的重力异常梯度带，重力异常值增高。在盆地发育地区，重力异常虽然走向总体上呈北北东向，但从东至西重力异常变化幅度不大，围绕盆地形成一系列局部高重力闭合等值线，从而使盆地发育区与周围隆起区形成明显的分界线（图 1-6）。

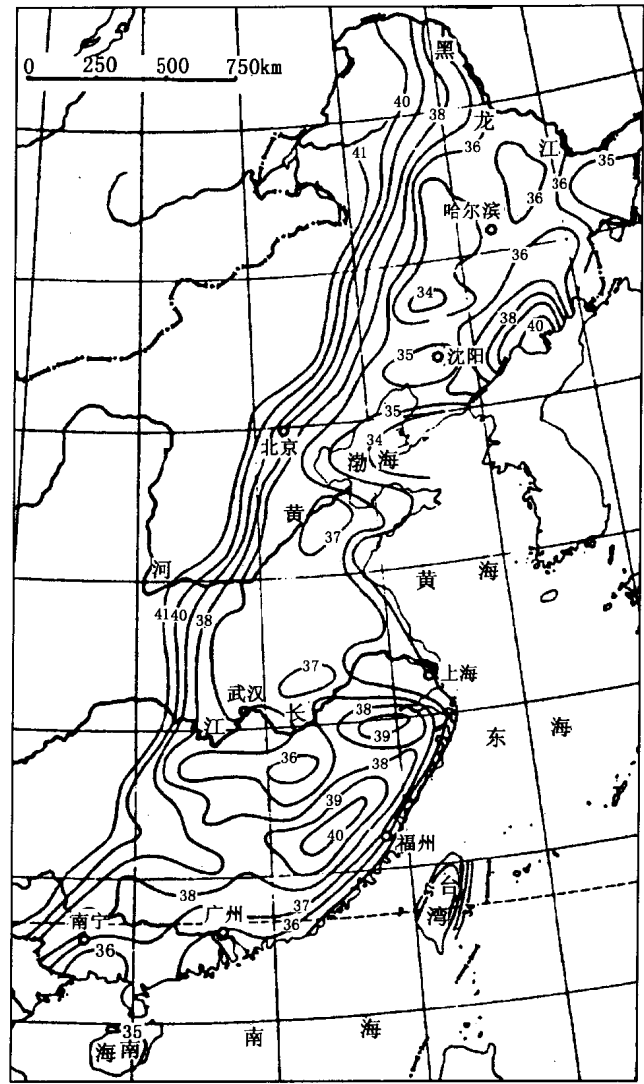


图 1-5 中国东部地区 1°×1°平均布格重力异常图（单位：mgI）

由于盆地与其周边地区具有明显的重力异常差异，整个中国东部布格重力异常形成一系列明显的梯度带。它们是东南沿海重力梯级带、大兴安岭—武陵山重力梯级带、南北重力梯级带和依兰—伊通—郯城—庐江重力异常带。这些重力异常梯度带从北向南可以划分为三段，各段之间有明显的弯曲。东北地区表现为北北东走向的规则闭合曲线，

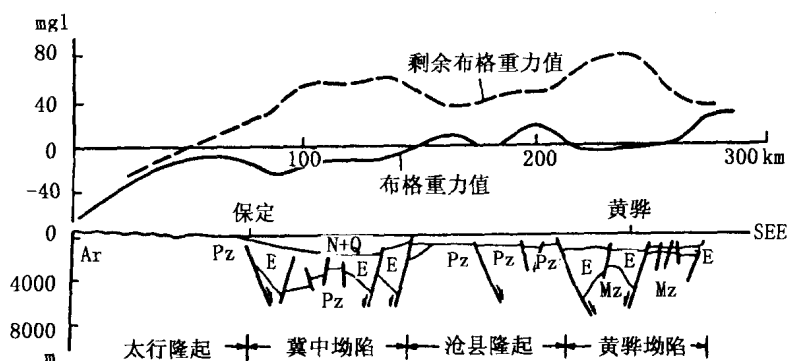


图 1-6 渤海湾盆地裂谷系和周围山区剩余布格重力值对比图 (据刘国栋, 1985)

其它地区表现为一系列小规模重力闭合异常。

二、大地磁场分布特征

中国东部磁场分布特征复杂, 磁异常的走向及其强度自北向南可划分为若干个磁异常区或磁异常带。它们分别是东北磁异常区、阴山—燕山磁异常带、华北磁异常区、秦岭—大别山磁异常带。

阴山—燕山磁异常带由一系列东西走向正负磁异常带组成。以负磁异常为主, 磁异常强度为 $-100 \sim -200 \text{ nT}$; 其中夹有强度达 200 nT 以上的局部正磁异常, 主要反映了内蒙古地轴及其相邻构造带的磁场特征; 东北地区以强烈变化正磁异常带为特征, 磁异常强度为 $100 \sim 300 \text{ nT}$ 。

秦岭—大别山地区以正异常带发育为特征, 如西段的六盘山正磁异常带, 以北西向线性正磁异常为特征, 强度为 $50 \sim 100 \text{ nT}$; 中段的北西向的秦岭正磁异常带, 强度为 $100 \sim 300 \text{ nT}$; 东段的长江下游磁异常带以近东西向和北东向的线性正负磁异常带为特征 (宋建国, 1997)。

盆地发育地区的磁异常具有不同的表现特征, 以阴山—燕山磁异常带和秦岭—大别山正磁异常带为界, 可划分为东北磁异常区、华北磁异常区和华南磁异常区。东北地区的磁异常以正负交替北东向异常为主, 而华北地区以区域性块状分布的磁异常为主, 而华南地区一般较低, 变化平缓。华北地区和东北地区, 磁异常总体上可以划定两条走向为北东向的线性强异常带, 大兴安岭异常带主要是由晚侏罗—早白垩世的火山岩系引起, 东北南部强烈变化正异常所反映的是结晶基底的一套强磁性变质岩系以及上覆的大面积侏罗纪中酸性火山岩系的分布特点。

第二节 深部地质结构特征

中国东部大陆深部地质研究起步较早, 研究程度较高, 同时大地构造研究的不断深入也为深部地质研究提供了保证。研究证实中国东部大陆存在着岩石圈大幅度减薄作用

和软流圈隆起现象，HQ-13 线地学断面已清晰地反映了这一点，这些特征表明中国东部大陆地壳和岩石圈层块结构特征十分明显。

一、地壳厚度特征

中国东部的地壳厚度自东向西总体表现为由海域向内陆方向增厚。地壳增厚趋势具有阶梯状特征，形成北东—北北东向展布的大陆地壳厚度缓变带及其两侧的地壳厚度陡变带，同时还存在 3 条北西向地壳厚度变化带，使北北东向地壳厚度陡变带发生扭曲。

中国东部地壳厚度缓变带大致以依兰—伊通—沈阳—营口—潍坊—郯城—庐江一线为界，其东侧地壳厚度在 28~35km 之间，深部构造走向以北东向为主，兼有北东东向，区域构造以隆起为主。自北向南分为张广才岭幔坳区、吉东—辽东幔坳区、皖南幔坳区、闽浙幔坳区，它的西侧地壳厚度在 31~37km 之间，深部构造走向以北北东向为主，兼有北东向。松辽盆地及华北地区即如此。

太行山地壳厚度陡变带北起大兴安岭，南南西方向经太行山、武陵山继续向南延伸，总体走向为北北东向（图 1-7），变化幅度为 7~8km，在石家庄和保定之间最大变化梯度为每千米落差 5~7km。这一陡变带与大兴安岭—太行山—武陵山重力梯级带相吻合，其重力幅值为 $80 \times 10^{-5} \text{ms}^{-2}$ 。

就区域特征而言，中国东部的地壳基本可划分为上、中、下三个界面。中地壳厚度较稳定，而上地壳和下地壳厚度变化较大。上地壳和中地壳发育一系列近于水平滑移的伸展构造和收缩构造，呈现为滑覆或推覆断片与断块叠置而成的“薄皮”型构造。除此之外，中国大陆东部的岩石圈厚度变化与地壳厚度变化的两者趋势基本一致，但岩石圈厚度变化的幅度较地壳大得多。

松辽盆地的地壳厚度等值线图与布格异常等值图在展布形式上基本相同，沿着北北东走向的布格重力异常梯度带是地壳厚度的骤变带，一般从大于 40km 减小为 36km 左右。地壳厚度向东具有减薄的趋势，但这种趋势明显受到盆地深部构造的控制。华北地区地壳厚度变化相对比较简单，而华南地区相对比较复杂，地壳厚度变化相对也较大。

二、岩石圈厚度特征

对深部地质特征及其构造形状的了解取决于深部地质研究的进展，中国东部深部地球物理探测和研究的广泛开展，特别是近年来的中国大陆及邻近海域地学大断面的编制，如辽宁东沟—内蒙古东乌珠穆沁旗、江苏响水—内蒙古满都拉、上海奉贤—内蒙古阿善左旗、内蒙古喀拉沁旗—湖北随州及内蒙古满洲里—黑龙江绥芬河（图 1-8）、安徽灵璧—上海奉贤等地学断面获得有关岩石圈结构、构造特征方面大量的数据及资料，这些数据及资料是了解深部构造形状的基础材料，为开展深部构造研究奠定了基础。地学断面证实幔内高导层深度（相当于岩石圈底面）在无锡—苏州段为 60km，松辽一带为 70km；江苏响水至内蒙古满都拉断面在华北裂谷盆地最薄岩石圈厚度仅 60km。内蒙古满洲里至绥芬河地学断面证实海拉尔盆地幔内高导层为 66km，松辽盆地由于存在巨厚壳内低阻层而未能获得幔内高导层深度，采用最大地热流值计算的结果为 59~62km。这些数据说明东北地区、华北地区及苏北地区存在非常明显的岩石圈减薄现象（图 1-9），华北地区与