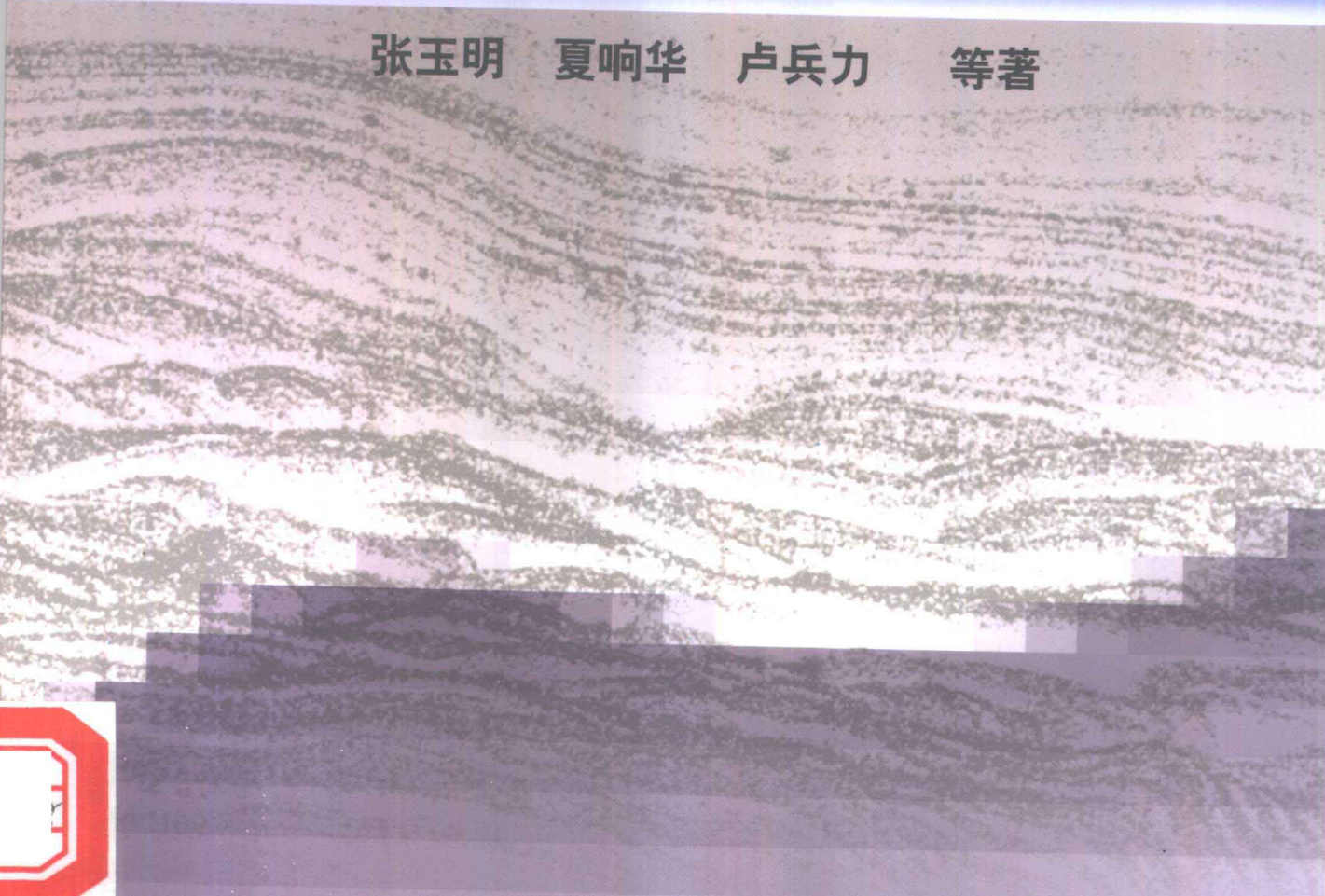


松辽盆地南部 低渗透油气田勘探技术

SONGLIAO PENDI NANBU DISHENTOU
YOUQITIAN KANTAN JISHU

张玉明 夏响华 卢兵力 等著



石油工业出版社

松辽盆地南部 低渗透油气田勘探技术

张玉明 夏响华 卢兵力 著
赵克斌 朱成宏 黎丛军

石油工业出版社

内 容 提 要

本书较为系统地总结了松辽盆地南部近年来较为成熟的油气勘探技术,按照现代石油天然气地质理论和方法,对勘探领域的难点和适用的技术进行总结,基本反映了目前松辽盆地南部油气勘探的新进展、新方法和典型实例。主要内容有:松辽盆地南部基本地质认识、油气勘探的物探、测井和化探特殊方法技术等。

本书可供从事生产、科研、教育部门的石油地质、石油地球物理、石油地球化学及岩石矿物等专业的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

松辽盆地南部低渗透油气田勘探技术/张玉明等著.
北京:石油工业出版社,2001.8
ISBN 7-5021-3471-9

I. 松…

II. 张…

III. 低渗透油层-油气勘探-松辽盆地

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 050458 号

石油工业出版社出版
(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)
北京密云华都印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

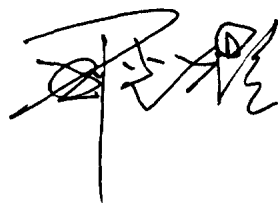
*

787×1092 毫米 16 开本 12.5 印张 320 千字 印 1—1000
2001 年 8 月北京第 1 版 2001 年 8 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5021-3471-9/TE·2573
定价:28.00 元

序

近 20 年来,世界石油天然气工业有了突飞猛进的发展,对世界经济的发展起着越来越重要的作用。众所周知,随着油气勘探的深入,寻找后备储量的难度越来越大,采用新技术、新方法是加快油气勘探步伐,提高产量、扩大储量的必由之路。正是在这种形势下,张玉明等同志在实际工作中编著了《松辽盆地南部低渗透油气田勘探技术》一书,不仅集成并总结了低渗透油气田的技术经验,而且对勘探具有指导意义。这里我对该书的作者和编辑出版人员的辛勤劳动表示由衷赞许,并向读者真诚地推荐此书。

《松辽盆地南部低渗透油气田勘探技术》一书,资料翔实,内容丰富,是一本较深入介绍中国松辽盆地南部低渗透油气勘探的专业用书。书中全面介绍了松辽盆地南部区域地质概况及构造特征、油气资源评价方法技术,油气勘探的地震二维和三维技术方法、油气化探勘查方法应用技术,并重点介绍了松辽盆地南部低渗透油气层测井技术,用多学科综合研究和各种勘探技术方法结合对勘探靶区进行了油气预测与评价,例举了大量低渗透油气田勘探的实例,针对性强,科研紧密结合生产,具有一定的理论意义和应用价值。该书的出版与发行,正值世纪之交,我相信它必将对我国 21 世纪石油天然气领域,特别是低渗透油气田的勘探与开发、规划与决策起到借鉴和促进作用。



中国科学院院士

2000 年 8 月 30 日

前 言

迄今为止,石油工业上游领域主体技术的发展,经历了两次飞跃,第一次飞跃始于 50 年代末,70 年代达到高峰期。第一次是以数字测井和二维地震技术为代表的主体技术,寻找的是以构造为主体的油气藏。第二次是 80 年代初随着三维地震技术的引入,目前尚在发展中的以三维油藏表征与模拟为代表的主体技术,寻找的是以岩性为主体的隐闭油气藏。不难看出,这两次飞跃都与地震技术和测井技术的发展密切相关。实践证明,如实描述地层实际存在的非均质性,有效地进行井间地质特性的预测,是成功进行油藏勘探的技术关键。毫无疑问,新一代石油工业重大技术进步将会给油气勘探带来革命性的变化。

一、松辽盆地南部油气勘探的主要技术方法日益完善

近十余年来,在世界各国广泛开展的二维、三维地震勘探工作,已取得了引人注目的地质勘探效果。到目前为止,已在世界各地一百多个含油气区块上进行过三维地震勘探工作。尽管其目的是各种各样的,或用于研究复杂构造以更加准确地设计探井和开发井,或用于评价油气田,或用于研究岩性和含油气性的横向变化,以进行储量估算,或用来寻找隐蔽油气藏等。但经过三维地震资料和钻探资料的综合分析,都在不同程度上解决了勘探和开发工作中提出的某些问题,取得了十分显著的地质效果和经济效益。同样,在我国三维地震勘探方法也已初见成效。特别是在我国东部地区复杂断层、断块油气田的勘探和开发中,通过三维地震勘探工作,不但显著地提高了详探井的成功率,还在已开发多年的老含油气区中又发现了新的含油气断块,增加了储量,提高了产量。由于三维地震勘探一般要比二维地震勘探获取高数十倍的数据量,可以预见,它将有可能作为地震勘探工作的主要手段而被使用。

精细分析与描述地层特性是测井学科固有的技术优势。这是由于测井信息的高分辨率、纵向连续性和多参数特点所确定的。纵观测井技术的发展,实质就是一个在更高层次上,形成精细分析地层特性配套能力的过程,因此进入 90 年代,随着成像测井系统、核磁共振测井与随钻地质导向测井等新一代测井技术投入商业性应用,以及井间地震(声波)和井间电磁波成像测井的发展,把测井技术对地层非均质性的描述与解释地质特性的能力,提高到一个新的高度,标志着测井学科开始进入“三维岩石物理”时代。方位与径向成像测井的应用,不仅重现井眼及其周围地层的三维特点,而且意味着“三维岩石物理”研究工作的起步。因此成像测井的推出,是构制油藏一维“井”的静态与动态模型的突破。井间地震与电磁波成像测井的应用,则是构制二维“层”的乃至三维“体”的油藏静态与动态模型的突破。当测井技术经历了模拟—数字与数控—成像阶段,石油工业上游领域各学科,包括测井、地质、物探、油藏等行业的专家,都有一个重新认识测井的现今与未来作用和学习成像测井技术的任务。特别是测井学科的专家,既担负着推进新一代成像测井系统日趋配套与成熟,又担负着发展数据处理和解释方法、进一步开发和拓宽成像测井地质应用的责任。因此,尤其需要在更新观念、更新知识与技术的基础上,重新认识当今测井技术在石油工业上游技术领域中的地位与作用。

油气化探技术纳入了油气勘查技术系列,利用地表油气化探预测有利含油气区带或勘探靶区,其应用效果显著。近 20 年来,全国开展了大规模、大面积的地表化探科研和生产,

积累了大量的数据和资料,获得了一大批应用成果,为我国石油工业的发展作出了积极的贡献。油气化探技术的发展,经历了试验—失败—总结—再试验—成功的历程,实际上也是从照搬国外经验到摆脱国外工作模式,结合我国石油地质特点和应用条件进行试验到成功的历程。特别是近年来,一系列技术攻关和应用研究成果的面世,形成了我国自己的油气化探技术特点和适用于我国石油地质条件的技术方法系列。随着勘探的深入,后备储量勘探的难度越来越大,寻找非背斜油气藏或隐蔽油气藏是未来勘探的主攻方向,因为这类油气藏的油气资源很丰富,但勘探难度很大,需要成功地应用地质、地球物理、地球化学等综合勘探技术来获取。因此,在普查基础上的化探详查、精查技术可以充分发挥其独特之长处,得到更广泛的应用。而需要指出的是,化探详查,精查技术的应用并不是简单的比例尺放大、加密网度,而是针对不同对象的探索(技术、实验测试技术及数据处理和解释评价这三大高新技术的综合应用)。综上所述,我国的油气化探技术正面临石油工业发展的机遇和复杂勘探对象的挑战,展望未来,我们充满信心。无论是创业的艰辛,成功的喜悦,还是未来的诱惑,都将激励地质—地球化学工作者为发展我国的油气化探技术继往开来,贡献力量。

二、中国松辽盆地南部的勘探史是中国石油工业历史的见证

松辽盆地地处工农业发达区,地域辽阔,资源丰富,具有良好的勘探前景。其油气勘探开发已40余年,其成果举世瞩目。就勘探历程而言,已经历了三个勘探阶段。勘探初期(1959年以前),勘探方法简单,以1959年发现大庆、扶余油田为标志结束了初期工作。勘探中期(1959~1976年),这一阶段主要是寻找背斜油气藏,也是松辽盆地石油储量、产量快速增长的时期,除建成大庆、扶余油田外,还发现了升平、龙虎泡和杏西等油田,至1976年原油产量达到年产5000余万吨。勘探成熟期(1976年至今),这一阶段主要是寻找非背斜油气藏。

地质部于1965年结束了对松辽盆地的一轮石油普查,于1984年二上松辽盆地。由于历史的原因,二上松辽盆地后主动撤离油气前景较好的勘探区域中央坳陷区,战略转移到东南隆起区进行艰难的“四新”探索。由于特殊的地质条件和资源条件所决定,经过近20年的艰苦工作,天然气勘探开发取得了非常卓越的成就。自松南13井突破至今,已发现四五家子油气田、后五家户气田、伏龙泉油气田、八屋气田、孤家子气田、秦家屯油气田和万金塔二氧化碳气田。同时还发现了小城子、皮家、东岭等含气构造。近10年来铺设了至长春、四平、吉林和公主岭市共5条天然气管线,已形成日产 $50 \times 10^4 \text{ m}^3$ 天然气的能力。

三、总结20年来的油气勘探技术史是多年来广大石油地质工作者的心愿

本书是一本较深入介绍中国松辽盆地南部低渗透油气勘探的专业用书,书中例举了大量低渗透油气田勘探的实例,系统总结了松南地区近20余年对复杂油气田(藏)勘探的方法技术。本书共分六章,其主要内容如下:

第一章介绍了松南区域地质概况及松辽盆地南部地区构造特征。从区域构造背景、大地构造背景、盆地构造演化、构造发育特征阐述了断陷层构造特征和坳陷层构造特征;从地层、沉积相、沉积体系论述了松南沉积特征。从含油气系统与成藏组合、成藏受控因素与成藏规律认识、油气分布特征诸方面论证了松辽盆地南部成藏地质条件与油气分布。

第二章介绍了松南油气资源评价方法技术。从油气生排烃史、运聚史的模拟研究入手,对松南东南隆起区和长岭地区油气资源进行了系统的计算。提出了盆地油气资源结构的概念并对各盆地进行了论述。利用该方法对松南主要勘探靶区进行了优选。

第三章重点介绍了松南低渗透油气层测井技术。通过阐述松南常规测井的方法技术和其

他测井新技术,建立储层油气水的“四性”特征和油气水层的综合识别方法。同时,对松南地区核磁共振成像测井技术应用进行了详尽的论述,主要介绍了核磁共振(MRIL)成像测井的基本原理、解释原理及模型和成果,介绍了某油气田等参数高频感应测井技术(VIKIZ)应用研究及实例分析。

第四章介绍了松南油气勘探的地震二维、三维技术方法。从地震野外采集、处理、解释论述了松南二维、三维地震勘探所采用的各种技术方法。同时,详细介绍了利用测井及地震储层识别及其含油气性预测方法,概述了主要地震处理解释技术在松南地区的应用,如BCI、VLOG、AVO、DIPOG、叠前深度偏移技术。介绍了八屋气田、孤家子气田和皮家含气构造油气水判别及储层横向预测的实例。

第五章论述了油气化探勘查方法应用技术。对东南隆起区和中央坳陷区化探资料进行了分析,并对含油气远景区进行了评价。

第六章综合运用各章节所论述的技术方法,较系统地对勘探靶区进行了综合评价。从圈闭、油气区带及含油气远景区域不同层次进行评价。同时对东南隆起区、中央坳陷长岭地区有利聚油气区带提出评价。

本书适用于从事油气勘探的广大技术人员,也可从事勘探的决策人员参考使用。由于本书中例举了大量的低渗透油气田(藏)勘探实例,也可作教学参考使用。

中国科学院刘光鼎院士为本书提出了许多修改意见。原在松南从事过油气勘探和开发的历任专家和领导,对本书的编写和出版给予了极大的帮助和关怀。他们是新星石油公司总经理张耀仓、原东北石油局局长(现任甘肃省委常委、组织部长)王安顺、中国石化勘探开发研究院党委书记、副院长张鸣等。

本书的前言和第一、二、六章由张玉明编写,其余章节分别由其余作者完成,全书由张玉明统稿。

本书的出版曾得到中国新星石油公司总地质师周玉琦、勘探部经理侯鸿斌,中国新星石油公司东北石油局局长熊海河、总工程师唐黎明,中国新星石油公司勘探开发研究院总工程师张抗,中国新星石油公司合肥化探中心主任程同锦,中国新星石油公司东北石油局物探副总工程师高福、研究院院长陈玉魁等领导的支持和指导。也曾得到中国新星石油公司勘探开发研究院、合肥化探中心、西南石油局勘探开发研究院、北京计算中心、南京物探研究所的鼎力支持和帮助。本书的部分研究内容是“九五”国家重点科技攻关二级专题“松南东南隆起区天然气勘探目标评价研究”和新星石油公司科研项目“松辽盆地南部地区区域评价与勘探靶区选区研究”的科研成果,本书也体现了项目全体研究人员的智慧和心血,刘福春、张晓鹏、何兴华、陈孔全、王果寿、孙大明、赵春满、缪学军、孙彦明、程晓慧、赵秀梅等也为本书的完成提供了大量的帮助,在此谨表示最衷心的感谢。

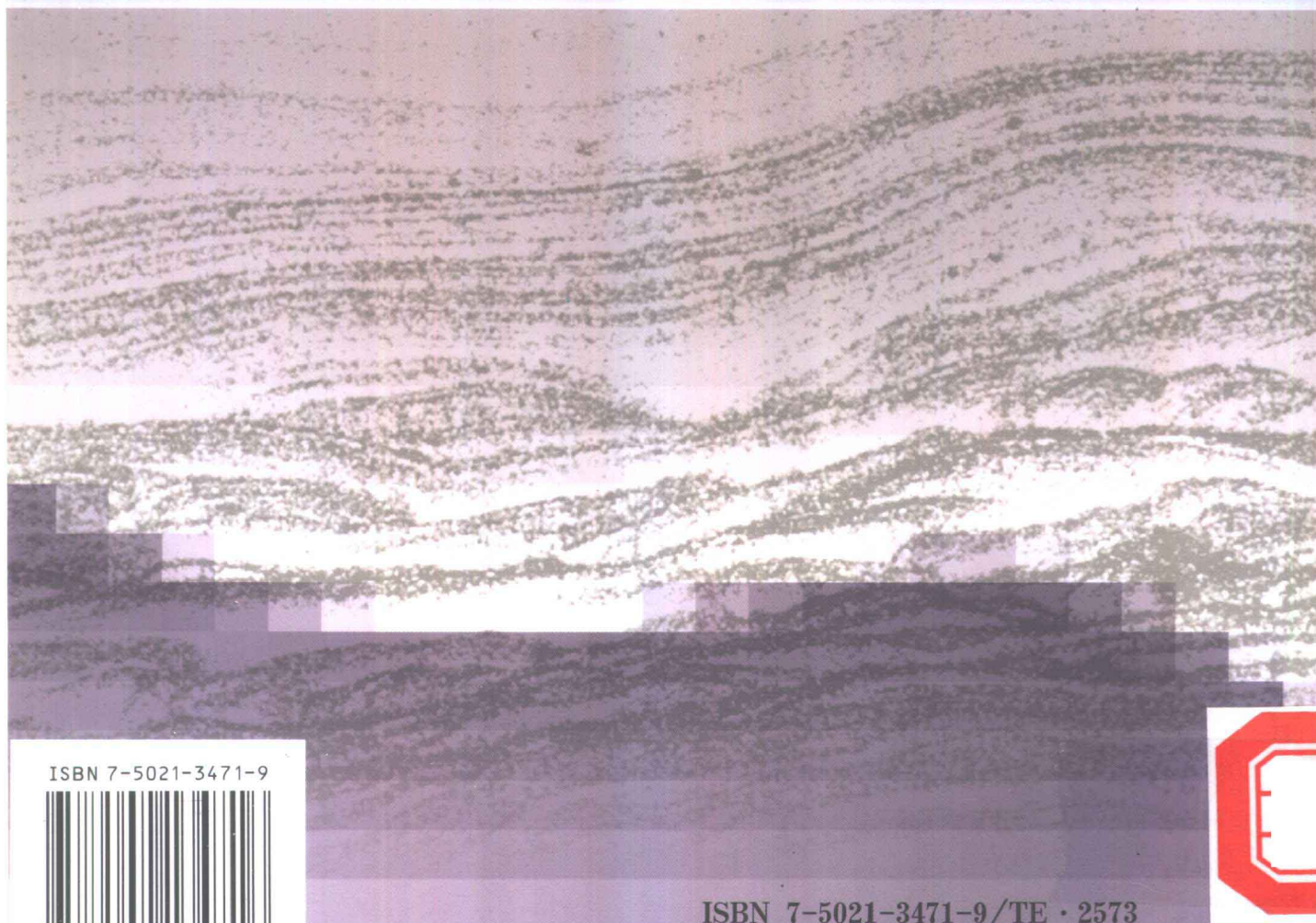
本书的编写之中还存在许多不足和不成熟之处,恳切希望广大读者提出批评和意见。

张玉明

2000.3

松辽盆地南部低渗透油气田勘探技术

责任编辑：林永汉 封面设计：赛维钰 责任校对：黄京萍



ISBN 7-5021-3471-9



9 787502 134716 >

ISBN 7-5021-3471-9/TE · 2573

定价：28.00 元



目 录

第一章 区域地质概况	(1)
第一节 松辽盆地南部地区构造特征	(1)
一、区域构造背景.....	(1)
二、盆地构造演化.....	(3)
三、构造发育特征.....	(10)
第二节 松辽盆地南部沉积特征	(14)
一、地层发育.....	(15)
二、沉积相特征.....	(15)
三、沉积体系.....	(18)
第三节 松辽盆地南部成藏地质条件与油气分布	(21)
一、含油气系统与成藏组合.....	(21)
二、成藏受控因素与成藏规律认识.....	(25)
三、油气分布特征.....	(28)
第二章 油气资源评价技术	(29)
第一节 东南隆起区资源评价	(29)
一、生排烃史模拟评价.....	(29)
二、油气运聚史模拟与聚集资源量计算.....	(48)
三、东南隆起区主要盆地油气资源结构特征研究.....	(52)
四、盆地模拟特征分析方法进行勘探靶区优选.....	(56)
五、哈拉海、榆树断陷油气资源评价.....	(64)
第二节 长岭地区油气资源评价	(65)
一、烃源岩分布及地化特征.....	(65)
二、长岭地区区域生排烃史模拟.....	(67)
三、盆地资源量计算.....	(67)
四、长岭凹陷区资源分布.....	(69)
第三章 松南低渗透油气田测井技术	(70)
第一节 储层物性参数的确定	(70)
一、储层泥质含量的确定.....	(70)
二、储层有效孔隙度的确定.....	(71)
三、含油气饱和度的确定.....	(71)
第二节 储层的“四性”特征	(72)
一、储层的岩性和物性特征.....	(72)
二、各类储层的测井响应特征.....	(72)
第三节 油气水层的综合识别方法	(76)
一、油气水层的定性综合识别方法.....	(76)

二、油气水层的定量识别方法·····	(76)
第四节 松南地区核磁共振成像测井技术应用·····	(78)
一、磁共振 (MRIL) 成像测井的基本原理 ·····	(78)
二、核磁共振成像测井解释原理及模型·····	(80)
三、油气层评价·····	(82)
四、确定油 (气)、水层、干层测井参数界限 ·····	(85)
第五节 等参数高频感应 (VIKIZ) 测井技术应用 ·····	(85)
一、常规测井系列选择及测井曲线特征·····	(85)
二、等参数高频感应测井技术·····	(86)
三、应用实例分析·····	(86)
第四章 薄互层地震勘探技术及储层识别、含油气性预测·····	(89)
第一节 地震资料采集处理技术概述·····	(89)
一、地表及地下地震地质条件·····	(89)
二、本区常用三维地震观测系统·····	(90)
三、本区主要干扰因素及干扰波类型·····	(90)
四、主要干扰波的压制技术·····	(91)
五、本区速度研究·····	(95)
六、构造成像技术·····	(98)
七、常用处理流程及质量监控要点·····	(102)
第二节 主要地震特殊处理方法概述·····	(108)
一、BCI 处理解释技术 ·····	(108)
二、VLOG 处理解释技术应用 ·····	(109)
三、AVO 处理解释技术应用 ·····	(110)
四、DIPOG 技术应用 ·····	(113)
五、叠前深度偏移技术的应用·····	(116)
第三节 八屋气田油气水判别及储层横向预测·····	(118)
一、测井资料的标准化·····	(118)
二、含气层位厘定·····	(121)
三、油气水层的判别·····	(123)
四、储层横向预测·····	(130)
第四节 孤家子气田气层预测·····	(135)
一、地质概况·····	(135)
二、小层对比与地质建模·····	(137)
三、小层地震约束反演·····	(138)
四、含气层预测·····	(138)
五、综合评价·····	(140)
第五章 松辽盆地东南部油气地球化学勘探技术及应用·····	(141)
第一节 油气化探理论探索与应用方法试验·····	(141)
一、油气微渗漏理论及化探异常成因机制探索·····	(141)
二、松辽盆地东南部地表油气化探的主要影响因素·····	(141)

三、油气化探方法序列·····	(142)
第二节 油气化探异常信息提取技术·····	(144)
一、油气地表地球化学场特点·····	(144)
二、油气化探异常信息提取技术·····	(144)
第三节 松辽盆地东南部化探异常评价·····	(146)
一、松辽盆地东南部油气化探工作概况·····	(146)
二、松辽盆地东南部区域化探异常评价·····	(149)
三、松辽盆地东南部主要断陷化探异常评价·····	(152)
第六章 勘探靶区综合评价·····	(154)
第一节 圈闭评价技术·····	(154)
一、圈闭含气性专家系统评价·····	(154)
二、圈闭资源量计算·····	(155)
三、圈闭勘探的地质决策分析·····	(158)
第二节 勘探目标综合评价方法·····	(161)
第三节 东南隆起区勘探目标综合评价·····	(163)
一、十屋断陷·····	(163)
二、德惠断陷·····	(166)
三、伏龙泉断陷·····	(168)
四、社里、柳条、榆树、哈拉海断陷盆地·····	(169)
第四节 中央坳陷南部区域评价及勘探靶区优选·····	(169)
一、有利聚油气区带评价·····	(169)
二、圈闭发育特征·····	(172)
三、圈闭评价·····	(177)
四、长岭地区勘探靶区选择·····	(178)
第五节 通辽—双辽、白城—通榆地区油气勘探前景分析·····	(181)
一、基础地质研究·····	(181)
二、松南西部地区油气成藏规律研究·····	(191)
三、区块评价及油气勘探后备探区选择·····	(194)
主要参考文献·····	(197)

第一章 区域地质概况

第一节 松辽盆地南部地区构造特征

一、区域构造背景

1. 大地构造背景

松辽盆地南部地区包括松辽盆地东南隆起区、中央拗陷区南部、西部斜坡区南部和西南隆起区北部(图1-1),西至白城—通辽一线,北至白城—哈尔滨一线,南至四平,东部以松辽盆地边界为界。其构造背景、形成演化及构造特征受松辽盆地整体构造作用及应力场的控制。

松辽盆地的性质属大陆板块内裂谷盆地(据中国石油地质志,第2卷,1987),形成于晚中生代主动板块边缘的裂谷作用。松辽地区自晚元古代至早二叠世末位于北亚陆间区的东部。北部为西伯利亚板块,南部为中朝板块,中间为古亚洲海域。早二叠世末晚海西运动使中朝板块与西伯利亚板块发生碰撞,形成统一的欧亚板块,海水自西向东退出本区。自晚三叠世松辽地区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(图1-2)。在环太平洋构造域发展演化的背景下,松辽地区演化形成松辽盆地。松辽盆地的形成演化、基底构造及莫霍面形态变化都受太平洋板块与欧亚板块间的构造运动的控制。

松辽盆地下部地壳厚度明显减薄,莫霍面隆起与盆地基底呈镜像形态。盆地范围内莫霍面现今埋深29~33km。整个盆地被33km等深线所圈闭(图1-3)。盆地以外地区莫霍面埋深一般为34~38km。盆地热流值高,平均为 1.7×10^{-6} HFU,地温梯度平均为4.2℃/100m,最高达5.5℃/100m(图1-4)。东南隆起区地壳厚度为32~34km,地温梯度2.5~3.5℃/100m。

2. 基底岩性和基底构造特征

松辽盆地基底组成为前震旦系花岗片麻岩和片岩,早古生代绢云母—绿泥石片麻岩、石英片麻岩和千枚岩,晚古生代板岩、结晶灰岩以及分别相当于加里东、海西、燕山构造运动幕的花岗侵入岩。这些基底岩石被认为是形成于克拉通稳定期及生长期。组成松辽盆地基底的岩石类型在盆地周边均有出露,它们在很大程度上控制了盆地内中生代沉积岩的组成。出露岩石以花岗岩为主,盆地西部广布火山岩,西北部以火山岩和晚古生代花岗岩为主,东北部以三叠纪花岗岩为主,东南部则以晚古生代和太古代花岗岩为主。侏罗纪及白垩纪花岗岩于盆地四周均有零星分布,反映环太平洋构造域火山活动的影响。

在松辽盆地南部,以长春—通榆一线为界,基底大体上可分为南北两区。南区主要为早古生界变质程度较深的片麻岩和变质砂岩,这套深变质岩相当于盆地东部四平、辽源、磐石、呼兰一带出露的志留系呼兰群变质岩。北区则为晚古生界变质程度较浅的板岩、蚀变火山岩和千枚岩组成,伴以花岗岩侵入体,这套浅变质岩相当于盆地东部山区出露的石炭、二叠系岩性。松辽盆地南部地区晚中生代沉积岩的组成和成分正是受这些基底岩性及盆地周边剥蚀区出露岩性的控制。

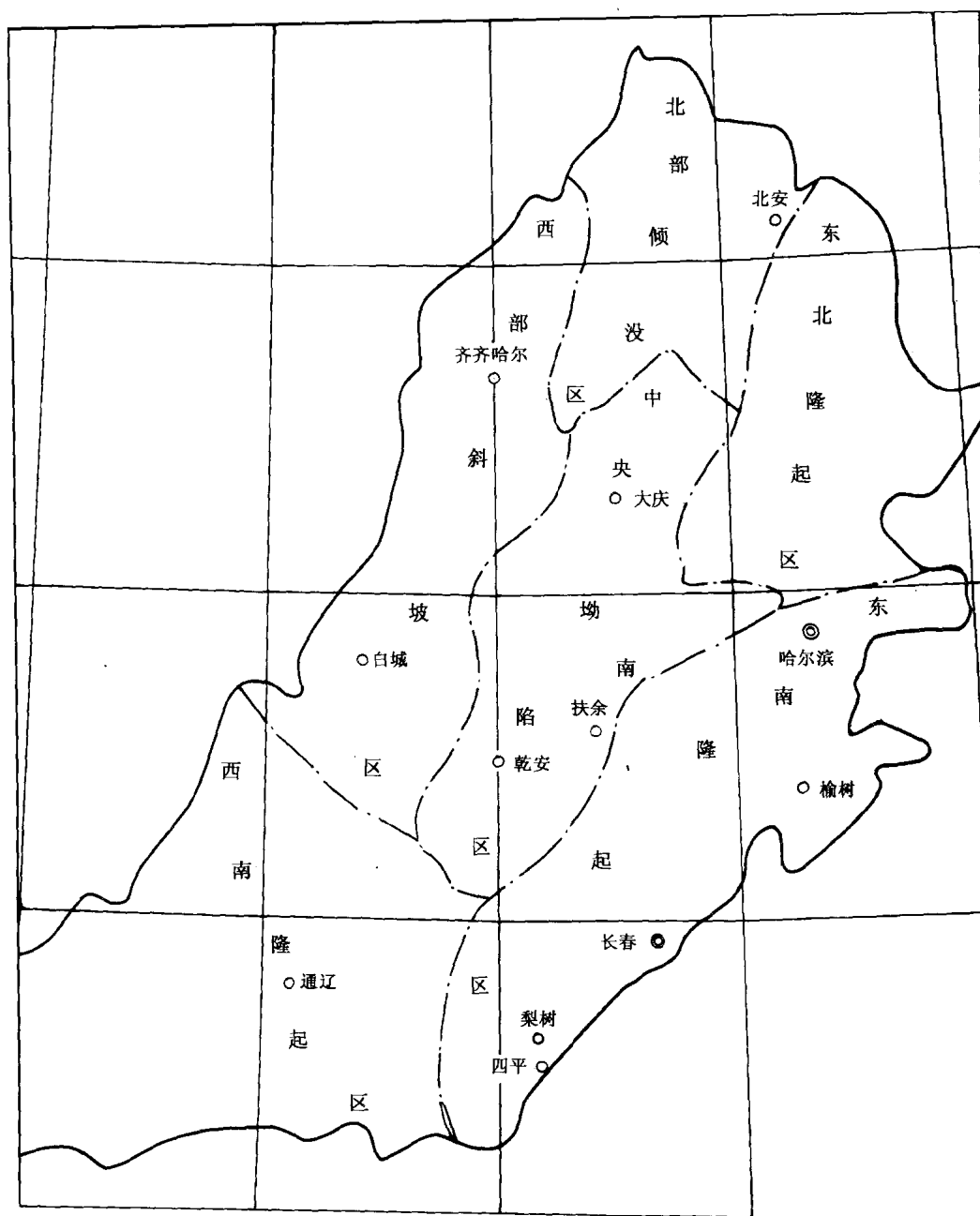


图 1-1 松辽盆地构造区划及研究区位置图

松辽盆地基底构造可划分出 NS—EW 向、NE—NW 向、NNE—NWW 向三组构造（图 1-5）。NS—EW 向构造发育时期较早，以海西期最发育，产生于石炭纪至早二叠世及以前的地层中。EW 向构造以褶皱性构造为主，NS 向构造则以断裂为主，反映西伯利亚板块与华北板块碰撞产生的南北向挤压应力场条件下的构造形迹。NE—NW 向构造主要形成于中晚三叠世晚印支运动，以 NE 向深大断裂构造为主，反映华南华北大陆拼合相连应力状态下的构造形迹。NNE—NWW 向构造形成于侏罗纪白垩纪的燕山运动，以 NNE 向构造较为发育，构造型式以深大壳断裂构造为主，反映太平洋板块向欧亚板块东缘俯冲、松辽地区上地

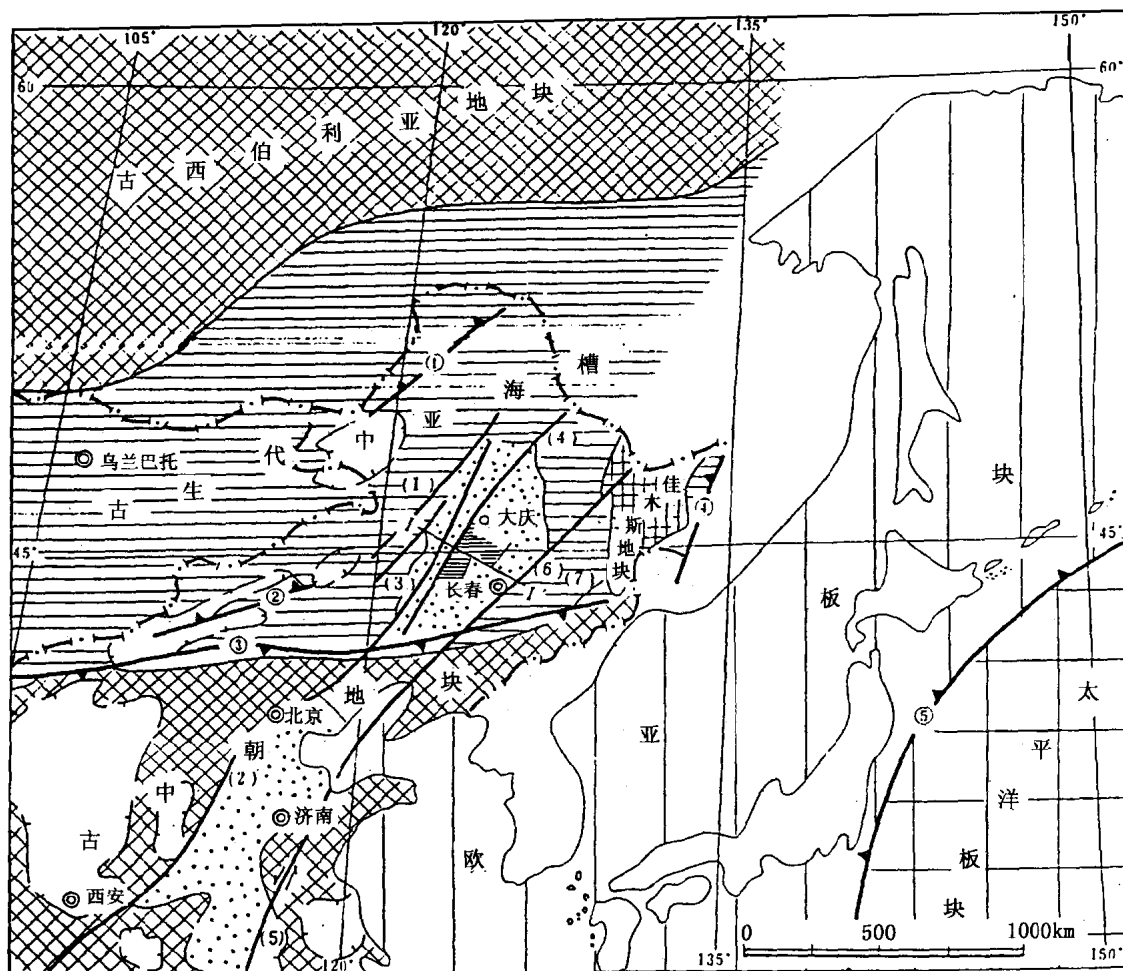


图 1-2 松辽盆地大地构造位置图 (据李学慧等, 1995)

- ①德尔布干深断裂 (早古生代板块俯冲带); ②索伦山—贺根山晚古生代板块缝合线; ③阴山—图门晚古生代板块俯冲带; ④那丹哈达岭早中生代板块俯冲带; ⑤日本深海沟新生代板块俯冲带;
- ⑥中—新生代沉积盆地; ⑦松辽盆地裂谷区
- (1) 内蒙深断裂; (2) 太行深断裂; (3) 嫩江—白城基岩深断裂; (4) 松辽基岩深断裂;
- (5) 郯城—庐江深断裂; (6) 依兰—伊通断裂; (7) 密山—敦化断裂

幔上穹背景下构造应力场形成的构造形迹。晚印支运动形成的 NE—NW 向断裂构造在应力场性质发生转变的燕山运动作用下, 部分构造继承发育并出现扭动而表现为“S”形走向的断裂。这些 NE 向和 NNE 向深大壳断裂在很大程度上控制了松辽盆地发育早期的大地构造格架。

二、盆地构造演化

1. 盆地构造演化的阶段性

自晚三叠世, 松辽地区在环太平洋构造域发展演化的背景下, 开始受到两种动力的影响和控制, 一种为地壳深部地幔物质的热动力变化, 上地幔上穹隆起引起大陆壳初始张裂, 另一种为太平洋板块向欧亚大陆东缘俯冲形成的挤压作用。松辽盆地的形成和早期发育阶段主要受第一种动力的控制, 盆地晚期发育阶段和萎缩阶段主要受第二种动力的控制。由于两种

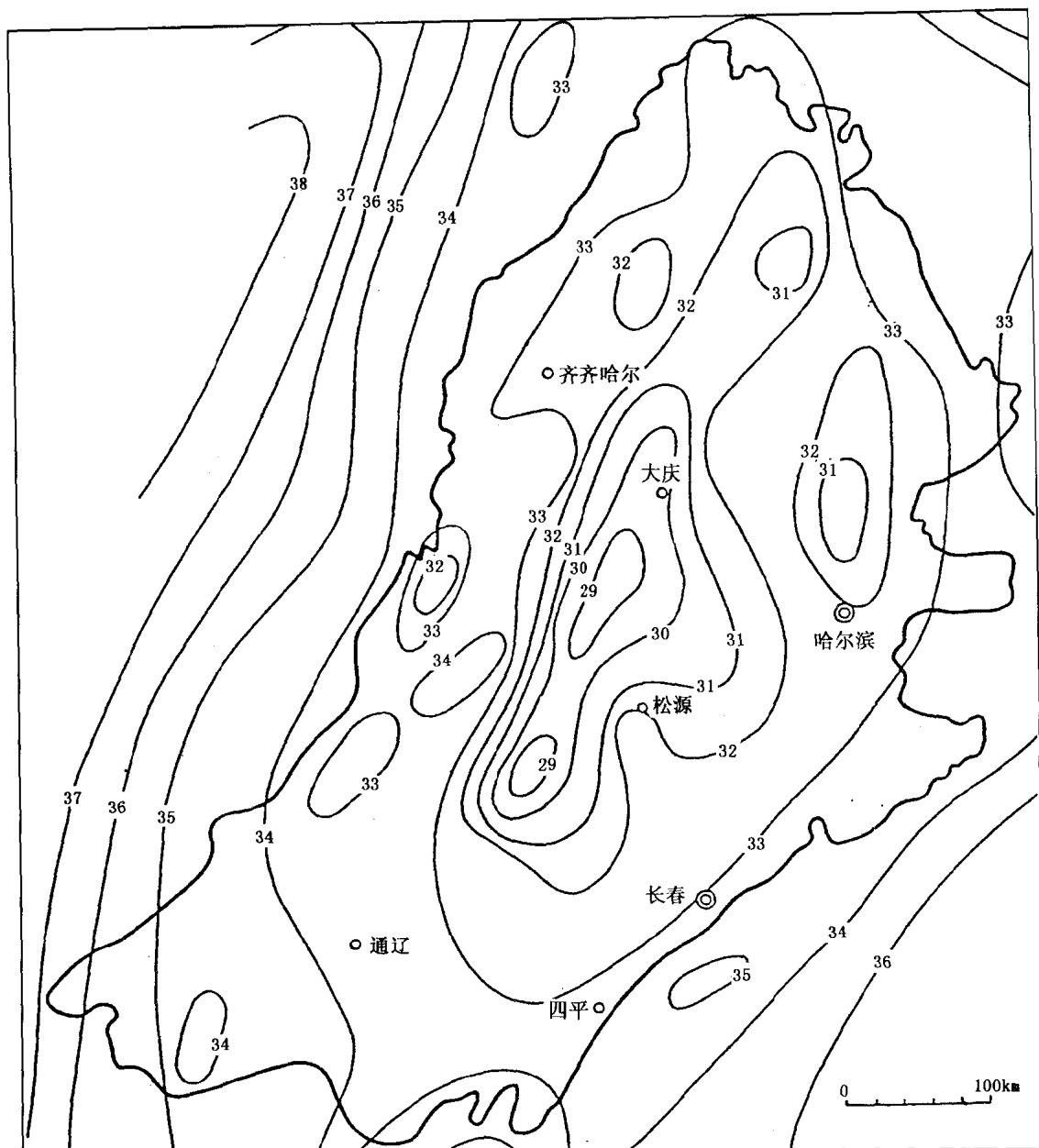


图 1-3 松辽盆地地壳厚度等值线图 (单位: km)

动力性质的转化, 盆地在发展过程中具有张力和压力两重性, 表现为早期裂谷、中期拗陷、晚期褶皱的特点。

松辽盆地构造发展史根据演化阶段可分为四个阶段, 即热隆升、裂(断)陷、拗陷和萎缩褶皱阶段(图 1-6)。

(1) 热隆升和地壳伸展减薄阶段 (T_3-J_{1+2})。

盆地的早期演化是在地壳大范围隆起、强烈岩浆喷发和大规模酸性岩浆岩侵入的背景下开始的。从三叠纪至早、中侏罗世, 随着太平洋板块开始扩张, 整个松辽地区深部的莫霍面拱起, 热对流产生地幔垫, 地壳呈宽缓穹隆状抬起, 发生热穹隆作用。大陆块发生初始张

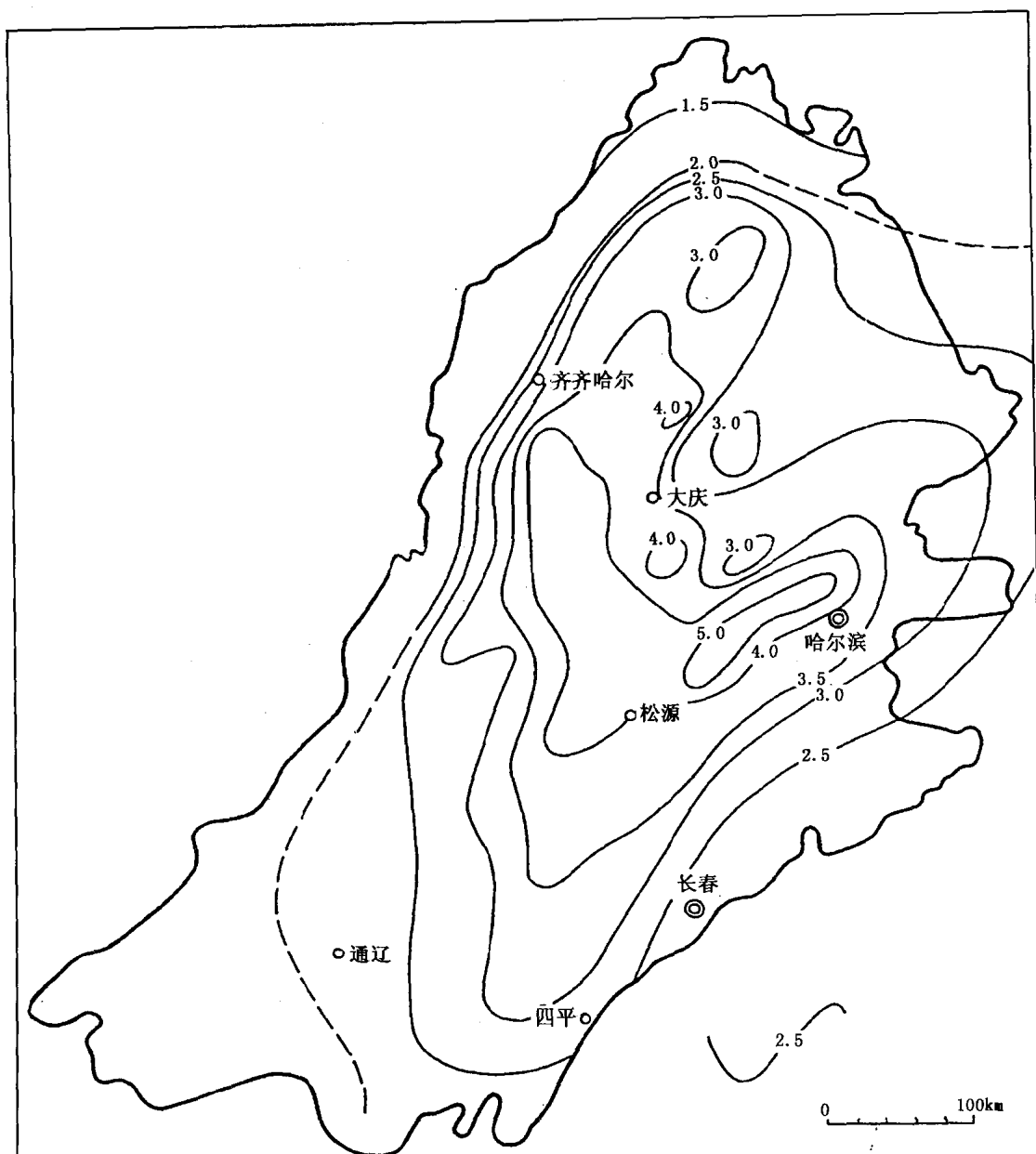


图 1-4 松辽盆地地温梯度等值线图 (单位: $^{\circ}\text{C}/100\text{m}$)

裂, 形成以 NNE 向为主的壳断裂系, 沿断裂发生较强烈的岩浆活动, 松辽地区处于高热流和剥蚀状态。直至侏罗纪晚期才开始形成规模不等、孤立分布的中小型裂陷盆地群。

(2) 裂(断)陷沉降阶段 (J_3-K_1d)。

裂陷沉降阶段从晚侏罗世持续到早白垩世晚期登娄库组 (K_1d) 沉积时期。由于松辽地区莫霍面的拱起及地幔物质的热对流作用, 造成继续拉张。盆地中央孙吴—双辽壳断裂活跃, 中央断块隆起上升, 两侧形成开张裂陷, 形成 NNE 向凹陷相间的松辽大陆裂谷盆地。该阶段于松辽盆地南部形成一系列相互分割的半地堑、地堑式断陷盆地 (图 1-7)。地堑和半地堑的分布主要受断裂控制, 断裂走向以 NNE 向为主, 少部分为 N—S 或 NNW 向, 现

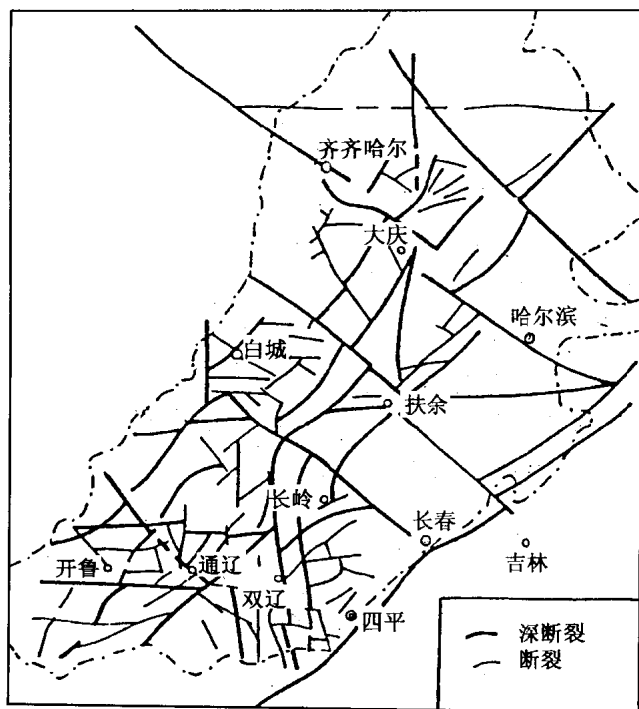


图 1-5 松辽盆地基底断裂系统图 (据何兴华等 1995)

有资料表明从南向北、从西向东地堑的规模和沉积厚度具增大趋势。裂陷期地层在东部 (如十屋断陷) 最厚可达 8000m 以上, 而在西部沉积最厚的钱家店断陷则不超过 2500m。断裂作用伴随着正断层断块的掀斜和中央拗陷半地堑的发育, 沉降速度快, 物源多, 沉积厚度大。松辽盆地南部各断陷盆地内的沉积主体在该阶段形成, 并发育形成了该地区最重要的断陷层烃源岩岩系。该阶段早期与 NE、NNE 向断裂活动相关的火山活动还导致了广泛的岩浆侵入和喷发。早白垩世晚期由于太平洋板块向西俯冲, 使初始张裂的松辽早期裂谷未能进一步继续大规模张开, 盆地由裂陷向拗陷转化。

从地层厚度分布情况看, 松南地区以东南隆起区的十屋断陷最厚, 火

石岭组—营城组地层厚度最大达 7300 余米, J_3 — K_1 地层厚度近万米, 成为松南地区 J_3 — K_1 沉降幅度最大的断陷。其次为伏龙泉断陷、长岭断陷, 火石岭组—营城组地层最大厚度分别达 4000m、3600m, J_3 — K_1 地层厚度分别为 4800m、4500m。其余断陷火石岭组—营城组厚度在 2000~3600m 之间。每个断陷均有自己的沉积、沉降中心, 各断陷构造沉降幅度相差很大, 对沉积充填、油气类型与远景影响很大。

裂陷阶段晚期, 登娄库组沉积时期断裂活动减弱, 沉积范围开始扩大, 沉积逐渐向分割各断陷的凸起区超覆, 在登娄库组沉积末期形成了统一的广阔拗陷。根据这一特点, 有人将登娄库组沉积时期划分为由裂陷阶段向拗陷阶段转化的过渡时期, 即断拗转化阶段。该阶段松辽盆地沉积最厚的地区是古龙—大安—乾安地区和十屋断陷, 这些地区登娄库组厚达 3000~3500m。相比之下, 在三肇地区登娄厚度只有 1500m。登娄库组沉积时期在盆地西部普遍缺失沉积。

该阶段各断陷盆地受其边缘控盆断裂活动强度的影响, 构造和沉积充填型式之间均存在较大差异。十屋、伏龙泉、东岭断陷发育 K_1d 地层, 德惠很薄, 且在德惠中央古隆起区缺失, 榆树、柳条断陷则完全缺失。

(3) 热沉降拗陷阶段 (K_{1q} — K_{2n})。

区域拗陷沉降作用发生于早白垩世末期泉头组 (K_{1q}) 至晚白垩世嫩江组 (K_{2n}) 沉积时期。由于太平洋板块的向西俯冲运动和上地幔热对流的减弱, 松辽地区上穹的上地幔发生逐渐冷缩, 断裂活动减弱, 并且在沉积物负载地壳均衡作用的综合影响下, 松辽盆地发生热沉降拗陷, 沉积范围逐渐扩大, 发育形成一个统一的湖盆。此阶段松辽盆地东南隆起区与松辽盆地的主体中央拗陷区在构造特征上出现差异。中央拗陷区由于裂陷期伸张变形程度高, 热 (均衡) 沉降幅度较大, 表现为较快速的稳定沉降, 并伴有间歇性的波动上升, 沉降速度