

渤海湾盆地南堡凹陷演化 的热动力学和成藏动力学

王 华 王方正 周海民 董月霞 等著

中国地质大学出版社

中国地质大学“211”工程建设
矿产普查与勘探学科群资助

渤海湾盆地南堡凹陷演化的 热动力学和成藏动力学

王 华 王方正 等著
周海民 董月霞

本书的主要作者:

王 华 王方正 周海民 董月霞 王家豪
曾广策 肖 军 赵忠新 张 俐 马 乾
陈 蕾 刘 晓 翟瑞国 卢桂香 韩晋阳
甘华军 袁彩萍

参加工作的人员:

夏 华 耿小云 叶牧才 陈 亮 田晓雪
KAMAYE T.

中国地质大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

渤海湾盆地南堡凹陷演化的热动力学和成藏动力学/王华,王方正,周海民,董月霞等著.
—武汉:中国地质大学出版社,2002.10
ISBN 7-5625-1719-3

I. 渤…

Ⅰ. ①王…②王…③周…④董…

Ⅱ. 渤海湾盆地-南堡凹陷-演化-热动力学-成藏动力学

Ⅳ. P62

**渤海湾盆地南堡凹陷演化
的热动力学和成藏动力学**

王 华 王方正 周海民 董月霞 等著

责任编辑:赵颖弘

责任校对:胡义珍

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路31号)

邮编:430074

电话:(027)87482760

传真:87481537

E-mail: cbo@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

开本:787 mm×1092 mm 1/16

字数:302千字 印张:11.75

版次:2002年10月第1版

印次:2002年10月第1次印刷

印刷:武汉教文印刷厂

印数:1—1 000册

ISBN 7-5625-1719-3/P·587

定价:35.00元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

序

为了认识油气聚集的规律性,更有效地探明和发现油气资源,含油气系统和成藏动力学研究正成为当今石油地质的重要发展趋势,油藏成藏的基本要素和生、排、运、聚的动态过程又受控于盆地演化的动力体制,因此当代沉积盆地动力学的理论和方法被广大石油地质家深为关注。本专著是中国石油冀东油田勘探开发研究院与中国地质大学(武汉)合作的一项优秀研究成果,其研究思路正是用盆地动力学的理论和方法研究南堡凹陷的成藏条件和动力学背景,并通过多学科研究进行了深入探索。本书内容丰富、资料翔实,重点有下列四个方面:首先应用层序地层学的方法建立了等时地层格架,并在此基础上研究了沉积体系类型和分布;在构造演化上进行了盆地沉降史和热历史研究,揭示裂陷期、裂后期和9Ma以来的加速沉降期等多幕演化的特征和相应的热过程;为了研究盆地深部背景,进行了多项玄武岩岩石-地球化学的精细研究,揭示了盆地演化各阶段岩浆岩的特征及其所反映的地幔深部背景;应用盆地模拟系统研究了古压力演化史,异常超压体的深度和地层关系,并在此基础上研究了流体势和运移方向。上述工作体现了研究者把沉积盆地动力学与成藏动力学结合的研究主线,成果对深入认识南堡凹陷的演化特征和油气成藏条件有重要作用,在研究思路和方法上也值得借鉴。衷心祝贺本书出版,相信以产、学、研密切结合的形式,以发现更多油气资源为目标的科学研究一定能够结出更多硕果。

李思田

2002年3月

目 录

引 言	(1)
前 言	(3)
第一章 研究思路与方法	(5)
第一节 成藏动力学与热动力学研究的意义	(5)
第二节 研究路线与流程	(7)
第二章 渤海湾盆地南堡凹陷区域地质特征概述	(9)
第一节 南堡凹陷概述	(9)
第二节 南堡凹陷构造特征	(9)
第三节 南堡凹陷充填序列特征	(11)
第四节 南堡凹陷油气地质特征	(13)
第三章 渤海湾盆地南堡凹陷第三纪沉积相及沉积体系分析	(15)
第一节 沉积相、沉积体系类型	(15)
第二节 南堡凹陷沉积体系平面分布及垂向演化特征	(36)
第四章 渤海湾盆地南堡凹陷沉降史回剥分析	(56)
第一节 南堡凹陷第三系地层沉降速率分析的原理与方法	(56)
第二节 南堡凹陷第三系地层沉降速率特征	(69)
第三节 南堡凹陷岩石圈拉伸系数与热状态	(94)
第五章 渤海湾盆地南堡凹陷成藏动力学研究	(99)
第一节 成藏动力学及盆地模拟概述	(99)
第二节 盆地模拟软件 Basin 2 简介	(100)
第三节 南堡凹陷温压场及流体势演化模拟地震剖面的选取及其数据采集	(108)
第四节 南堡凹陷温压场及流体势演化特征	(111)
第五节 南堡凹陷温压场及流体势演化模拟结果综合分析	(140)
第六章 渤海湾盆地南堡凹陷新生代火山岩特征及其与盆地演化的关系	(142)
第一节 南堡凹陷火山岩地质概况	(142)
第二节 火山岩岩石学特征	(144)
第三节 岩浆作用与盆地热事件	(154)

第四节	岩浆活动与南堡凹陷的裂陷作用·····	(158)
第五节	火山岩与油气藏关系浅析·····	(162)
第七章	渤海湾盆地南堡凹陷演化特征及油气成藏条件综合分析·····	(164)
第一节	南堡凹陷沉积、温压演化特征的综合分析·····	(164)
第二节	厚层泥岩的封盖作用——油气成藏的重要因素·····	(168)
第三节	断裂活动与油气藏的关系·····	(171)
第四节	隐蔽油气藏·····	(176)
主要参考文献 ·····		(178)

引 言

《渤海湾盆地南堡凹陷演化的热动力学和成藏动力学》一书是以渤海湾盆地南堡凹陷为研究区,以第三系为研究对象,应用构造地层分析、沉积学、层序地层学、油气成藏动力学以及盆地动力学为研究的主要方法基础,充分应用已有的地震、地质、分析化验资料,补充部分新资料,以沉积-构造研究为起点和支撑点,以动力学研究为主线,应用了盆地模拟与计算机技术对南堡凹陷在沉积、构造、热演化、油气的生储盖与油气藏分类等方面进行了系统分析。

沉积学研究表明,渤海湾盆地南堡凹陷第三系地层的沉积体系归属于四大类型:扇三角洲、湖泊三角洲等三角洲沉积体系;近岸水下扇、滑塌型水下重力流和深水浊流等重力流体系;湖泊体系;冲积扇、辫状河体系等陆上沉积体系。同时,指出了各种沉积体系的形成与盆缘断裂的陡缓、物源供给、物源区与湖盆的距离,盆地水体的深浅有着明显的因果关系;指出在宽窄不一、高差不一的断阶或断坪上,在有控制性盆缘断裂的下降盘,其沉积体系主要为扇三角洲-近岸水下扇-滑塌型水下重力流-深湖浊流的完整或不完整的组合序列,在非控制性盆缘断裂的下降盘,如北堡地区主要发育湖泊三角洲-滑塌型水下重力流-深湖浊流的组合序列。总体上,沉积物供给继承性强,沉积体系发育部位较稳定。

回剥分析表明,南堡凹陷的沉降曲线具有明显的三段式的特征,在时间上区分为裂陷期(沙河街组和东营组堆积期:42~23.3Ma)、裂后期(坳陷期和馆陶组堆积期:23.3~9Ma)和裂后加速沉降期(9Ma以来,为明化镇组和第四系堆积期)。沉降速率曲线具有陡、缓相间式的变化特征,反应了盆地的沉积充填具有“时快时慢”的变化节奏,呈“幕式”沉降特征。从构造沉降量和总沉降量及其两者在沉降速率上可见:随着时间的变新,构造沉降量所占总沉降量的份额越来越小,尤其是进入坳陷期和裂后加速沉降期时,这种变化更加明显,表明构造沉降盆地发育的早期(主要是裂陷期)构造活动对地层厚度、盆地的沉降量所起的作用或控制作用相对较大,其后逐渐减弱。这与南堡凹陷早期表现为断陷性质,晚期为坳陷的格局恰好相统一。从整体来看,沉降区是从高柳断层和柏各庄断层之间(E_{s3} 、 E_{s2})向南扩展(E_{s1} ~ N_m),沉降中心的位置也由北部向南部转移。沉降的控制因素由断层的独立控制(E_{s3} 、 E_{s2})演化为区域沉降(E_{s1}),直至断层和区域沉降(E_{d1} ~ N_m)的共同控制。区域性的沉降控制的沉降速率等值线基本上呈南北向延伸,而断层控制的沉降速率等值线都是与断层的走向一致的。从明化镇组(N_m)堆积期起,沉降速率得以增大,表明在盆地发育的晚期存在一个沉降作用的“复苏”与加强。

从火成岩入手开展的盆地演化热动力学研究表明:①早期火山岩近东西向分布,说明裂陷初始期时的裂陷位置处于上述转折段边缘,受东西向的燕山隆褶带边缘断裂控制;中、晚期火山岩呈北东向分布,说明黄骅坳陷向北扩张推移,南堡凹陷的初始裂陷部位已成为凹陷的中部、中南部;控制火山岩活动的断裂变为黄骅坳陷NNE向断裂向北延伸的断裂系,由于处于转折部位,方向有所偏转而呈现NE向;同时,火山岩分布范围也是由南而北扩展,这些都表明南堡凹陷是黄骅坳陷向北推移的部分,是它的晚期产物。②本区岩浆活动具有多期、多次、间歇性的特点,岩浆活动的期次性与盆地幕式裂陷的期次、阶段性是相对应的。将扩张速率与计算的沉降速率对比可见总体上是对应的,如盆地第Ⅱ裂陷期,沉降速率最大,扩张速率的年代

速度加权值也是最大。

南堡凹陷温压场及流体势演化模拟结果显示,古地温梯度值在时间上是逐渐下降的;各区凸起区和缓坡地带的地温梯度值要比相应的凹陷区高;古超压的发育过程和流体势发育样式同样具有阶段性、波动性和渐进增强性;表现为从沙河街组到东营组地层堆积时,有一次超压的逐渐发育与增大的过程,其后在馆陶组堆积期至明化镇组以及第四系地层堆积末期,发育了又一次超压;超压区在时间上具有侧向迁移性;流体势的指向具有变化性。但从整个演化历史和绝对值来看,该区主体上的超压不够发育,流体势梯度较小。另外,隆起的生油门限深度比凹陷处要略浅些;在时间上,同一套地层在不同的地区,进入生烃门限的时间也有差异,高尚堡地区相应的各套地层进入生烃门限的时间普遍偏晚,而北堡地区的地层进入生烃门限的时间略早些。

前 言

《渤海湾盆地南堡凹陷演化的热动力学和成藏动力学》是以南堡凹陷为研究区,以第三系为研究对象,以沉积-构造研究为起点和支撑点,以动力学研究为主线,对南堡凹陷在沉积、构造、热演化、油气的生储盖与油气藏分类等方面进行了系统的分析与总结。

该专著涉及的内容之一:从火成岩入手解决盆地演化热动力学问题。

(1) 通过对岩芯样品进行岩石化学、矿物化学、全岩分析、稀土分析、微量元素分析、同位素定年及同位素示踪,划分了火山岩组合及序列,建立了盆地形成及演化过程中火成岩事件的时间序列;所开展的地球化学及岩石化学特征分析为确定盆地演化的大地构造背景提供了重要信息,并反演盆地形成时深部过程的特征。

(2) 进行火山岩相分析,找出了沉积过程中火山岩喷发性质及喷发后的沉积间断面,为盆地层序地层中的海平面变化分析提供可资对比的火成岩信息。

(3) 研究沉积盆地火山岩对盆地古地温场的效应,确定火山作用和岩浆作用在盆地演化中时间序次及与沉积作用的耦合关系。

该专著涉及的内容之二:从成藏动力学入手涉及的主要研究内容。

(1) 等时地层格架、主要间断面研究。结合联井地震剖面解释的沉积断面网络、典型测井曲线和岩相柱状及合成地震记录界面的对比,确定各级层序界面和主要间断面(包括地质事件分析和层序地层格架的建立及层序样式的确定)。

(2) 第三系沉积体系及典型砂体预测研究。在重点区块进行主要的沉积体系研究。识别和确定各主要沉积体系和成因鉴别标志,探讨各类砂体的储集条件、物性特征。

(3) 研究不同类型的油气输导体系与油气运、聚、富集的关系。对目的层序进行沉积体系研究,确定古构造对沉积体系的控制关系,理出与油气生成、运移和聚集密切相关的输导体系的格架,并进一步分析其输导条件及流体场的构成样式。以南堡凹陷重点区块的有利地质体(主要间断面、沉积砂体等输导层、特殊地质体等)为重点,研究了生储盖的配置关系、油气的运移、聚集与封堵条件及其时空配置关系,进而探讨油气的成藏条件与分布规律。分析了南堡凹陷的今、古地温场和异常压力的时、空的演化样式,进而探讨压力与油气运移、聚集的关系,确定研究区流体势的分布状态,对油气成藏条件进行了综合分析,并对新的勘探领域或有利区带进行了评价。

该专著是中国地质大学资源学院、地球科学学院与中国石油冀东油田勘探开发研究院密切合作的产物,是集体智慧的结晶。

该专著在资料准备、编写与出版过程中始终得到了中国石油冀东油田周海民副总经理(亦是该专著的主要著者之一)的领导和关切;生产勘探处的常学军处长,勘探开发研究院的周灿灿院长、刘蕴华副院长、董月霞副院长(亦是该专著的主要著者之一)等领导均为该专著的顺利出版提供了热心的支持和帮助;冀东油田勘探开发研究院的各相关研究室或课题组、项目组在提供工作环境、资料查询与使用等方面给予了积极的协助与方便;尤其是专著的合作者董月霞副院长、翟瑞国、刘晓翟、马乾、陈蕾和卢桂香等同志均为该书的出版付出了辛勤的劳动。该书的出版得益于中国地质大学李思田教授所给予的长期的热心支持和学术指导,并在百忙中为

本书作序;解习农教授无私地提供了盆地模拟软件;在资料分析、撰写编排等过程中也得到了中国地质大学杨士恭、夏文臣、陈钟惠、陆永潮、焦养泉、任建业、庄新国等教授的帮助和协助;中国地质大学校领导、资源学院和地球科学学院负责同志也对该书的出版给予了关注与支持。在此,本书的作者们向他们表示衷心的感谢!

由于著者的研究水平与工作经验有限,对南堡凹陷的众多地质问题的认识、分析与总结上定会存在欠妥之处,热诚欢迎读者们指出本书的不足,并予以指正。

第一章 研究思路与方法

第一节 成藏动力学与热动力学研究的意义

“冀东南堡凹陷演化的热动力学和成藏动力学综合研究”系中国石油冀东油田下达的课题。它以冀东南堡凹陷为研究工区,以第三系为研究对象,研究工作充分应用了成藏动力学、热动力学和构造地层学的新理论、新方法与新思路,在充分应用已有的地震、地质、分析化验资料,补充部分新资料的基础上,以热动力学和成藏动力学研究为主线,对南堡凹陷在沉积、构造、热演化、油气的生储盖与油气藏分类等方面进行系统分析。此研究既具有重要的理论意义,也具有对生产与勘探的指导意义。

一、成藏动力学及盆地模拟研究的现实意义

沉积盆地的油气富集实际上是温度、压力和有效受热时间控制的化学动力学过程及由压力、浮力和流体势控制的流体动力学过程的综合结果。油气生成、运移和聚集相互联系并共同受控于盆地发育演化的深部过程、动力学背景及其发展演化的阶段性;盆地形成演化的深部过程和动力学背景决定了盆地演化的阶段性及盆地的构造格架和背景热场,并与全球海平面升降、物源区分布等因素共同决定了源岩、盖层和储层的时空分布;盆地充填岩性、沉降速率决定了压力的演化,而压力不仅为流体的运移提供了动力,而且在一定条件可成为影响有机质热演化和油气生成过程的重要化学动力学因素;流体的运移不仅是压力和有机质成熟的结果,而且是热能的重要载体,因此流体的运移和聚集将引起热场的叠加,从而对有机质热演化和油气生成作用产生重要的影响;在盆地内,输导系统内油气的运聚形成自源油气藏,而盆地的断裂网络及不整合面的发育构成不同输导系统流体的汇聚途径,从而决定了复源油气藏的形成和分布。

成藏动力学是综合利用地质、地球物理、地球化学手段和计算机模拟技术,在盆地演化历史和输导系统中,通过能量场演化及其控制的化学动力学、流体动力学和运动学过程分析,研究沉积盆地油气形成、演化和运移过程和聚集规律的综合学科(Perrodon, 1980; Magoon *et al.*, 1992; 郝芳等, 2000)。其研究的基础是盆地动力学,即盆地演化历史和流体输导系统;其研究的核心是能量场(包括温度场、压力场、应力场)演化及其控制的化学动力学和流体动力学过程;其研究内容包括成藏空间和成藏物质基础、成藏过程和控制因素、成藏流体分析等方面;其研究方法分静态分析和动态模拟两个方面。

成藏条件分析或成藏动力学是当前石油地质领域研究的热点,它以研究油气成藏过程为核心,以解决油气勘探的实际问题,指导油气勘探开发实践为目的。从理论上讲,进行成藏动力学及成藏条件的研究,有助于探求油气生、储、运、聚、保等动力学的过程,有助于揭示油气成藏的各种规律性。同时,该研究涉及了沉积学、地球化学、地球物理学和流体地质学等多学科的内容,且得益于计算机技术的应用,是一个系统工程。在实践中,它促使人们在研究问题的思维上从二维走向三维或四维,从静态研究走向动态过程分析,从单项分析走向综合研究领域,从定性走向定量的同时,更强调动态可视化的再现过程;引导人们在使用现代化研究手段的同时去

进一步开发与完善它们,促进学科的发展和新技术、新手段的不断涌现,因而促进了该领域的不断进步。

盆地模拟是其动态研究盆地油气成藏过程的一种不可缺少的重要方法,作为一种实用的勘探技术,是油气资源评价的有效方法,是地质研究的辅助手段和有利工具,是实现含油气盆地定量分析的重要途径,同时也为石油地质学家认识和再现地质历史中油气成藏的化学动力学和流体动力学过程提供了有效的工具(王明君、吴河勇等,1999)。

由于地质过程(例如,盆地沉降过程、沉积压实过程、油气生成、运移与聚集过程等)难以在实验室条件下进行模拟,所以应用计算机并采取一些数学方法来模拟这些过程就成为一种必然,这正是盆地模拟技术不断发展,并越来越受到广大地质学家重视的原因。盆地模拟是盆地参数的定量化、盆地各种地质过程的动态仿真。其作用不仅是一种动态的描述,而且是地质模型和地质解释的验证或“实验”过程,地质学家可以从中得到启迪,从而具有重要的预测作用。盆地模拟技术是当前石油地质领域内的重大热门课题,盆地模拟是以地质时间为序列,综合考虑地质、地球物理、地球化学、岩石热力学、渗透力学等多种因素,在空间上定量再现盆地的构造发育史、沉积埋藏史、热演化史和油气生成、运移聚集史(Perrodon, 1983; England, 1988; Allan, 1989; 解习农、程守田等,1997;王明君、吴河勇等,1999;吴冲龙等,2000)。

盆地模拟包含着三个模型的建立和转换验证过程,即地质模型、数学模型和计算机模型的建立和转换。三个模型的建立和相互转换,构成了统一的盆地模拟过程,只有建立一个好的、符合实际的地质模型,把它数学模型化,并在计算机上加以实现,而且与实际符合,才算一个完整的盆地模拟过程。

另外,从成藏动力学入手,在裂陷盆地中,进行古构造格架和形成机制、同沉积构造演化史及构造对碎屑沉积体系控制研究是找寻新的勘探领域的重要研究内容之一,亦是开展成藏动力学研究的重要基础。地震反射特征研究,不整合界面的性质、追索、对比、剥蚀量分析,构造地层分析,盆地沉降史回剥研究等的综合应用是阐明同沉积构造性质与演化史的有效方法。盆地沉降史与拉伸系数、热特征的盆地定量动力学模拟,可以提供动态过程,并提供一系列与盆地演化有关的定量参数。对断裂性质、配套关系以及对主要间断面的系统研究可以建立盆地的古构造格架。根据火山岩岩石化学常量与微量元素,特别是REE指数、盆地模拟及地球物理成果对盆地深部特征进行分析计算,以确定控制沉降、反转和热体制的深部因素,探讨其与油气的生储盖关系,并进一步服务于成藏动力学分析。

等时地层格架研究仍是该课题的重要基础。在层序界面识别与追索、结合联井地震剖面解释的沉积断面网络以及典型测井曲线和岩相柱状及合成地震记录界面对比的基础上,开展地质事件分析,定量计算各套地层的沉积速率的空间变化,结合构造-地层分析,识别与建立研究区的地层格架的演化格局,并结合沉积充填特征来研究不同类型的油气输导体系(不整合面、主要断裂、输导层等)与油气运、聚、富集关系,建立油气成藏模式。

在对目的层位进行沉积体系、沉积相的研究与编图的同时,确定古构造对沉积体系的控制关系,理出与油气生成、运移和聚集密切相关的输导体系的格架,将无疑对进一步分析其输导条件及流体场的构成样式有重要的帮助。以南堡凹陷重点区块的有利地质体(主要间断面、沉积砂体等输导层、特殊地质体等)为重点,研究生储盖的配置关系、油气的运移、聚集与封堵条件及其时空配置关系,进而探讨油气的成藏条件与分布规律。

分析凹陷的今、古地温场的分布特点,能够探讨异常温、压场的成因机制。例如,利用测井、测试及各种资料计算与模拟异常压力,确定其空间展布特征和在时间上的演化样式,试图总结

不同油气聚集带的压力特点,进而探讨压力与油气运移、聚集的关系,确定研究区流体势的分布状态,目的是服务于油气成藏条件综合分析和对新的勘探领域或有利区带进行预测。

二、热状态及其演化热动力学研究的必要性

含油气盆地热状态及其演化热动力学是当前盆地分析和含油气性评价的重要研究方向,热状态控制着烃源岩成熟过程及油气有机相的性质、分布特征及其储运条件。冀东油田的热状态的研究已经进行了大量的工作,例如该油田积累了大量的有机质成熟度的资料(镜质体反射率)、在南堡凹陷中也进行了井中磷灰石裂变径迹退火的现今地温界线的研究、成岩过程中流体包裹体测温的研究。这些资料为认识该盆地古地温状态打下了坚实的基础。而在盆地热演化动力学方面,例如古地温梯度(水文地质条件、深部热流值、盆地基底埋深和形态)、有机质丰度及类型、流体压力状态等方面也进行了不少工作。

现在对油气盆地研究已经越来越重视盆地形成及演化过程中盆地火成岩的研究,而且已经成为盆地研究的热点。因为盆地火成岩除了可以看成是盆地演化深部过程的探针外,还是盆地沉积过程中重要的构造热事件,是盆地热动力学分析中不可缺少的研究内容。冀东油田各盆地中含有大量的火成岩,在这方面也进行了大量的研究,例如设立专题研究:北堡火成岩储层的分布,其成因机制及其对油气的影响,对南堡凹陷的火成岩储层也进行了大量工作,划分了岩石类型及火山岩相以及储集空间特征和火成岩形成机制的分析,积累了丰富的火山岩岩石地球化学资料,这些都对盆地含油气潜力与资源评价做出了贡献。

上述研究工作与现代盆地热动力学分析的前沿研究相比还缺少:①从盆地时间演化的角度上将盆地沉积充填史与构造热事件的耦合;②在火山岩深部探针研究中对盆地深部过程热状态的演化上也没有进行工作;③虽然,从火山岩储层特点上进行的工作比较系统,但从火山岩构造热演化上的信息开发却较欠缺。

第二节 研究路线与流程

根据该课题的设计内容所采取的研究手段表现在热动力学、构造地层分析和成藏动力学等方面。

一、热动力学研究方法简介

结合课题设计的研究任务,为了建立盆地形成及演化过程中火成岩的时间序列,建立构造岩浆热事件序列,并对盆地中的火成岩进行火山岩相分析;找出沉积过程中火山岩喷发性质及喷发后的沉积间断面,为盆地层序地层中的海平面变化分析提供可资对比的火成岩信息;划分火山岩组合及序列,研究地球化学及岩石化学特征为确定盆地演化的大地构造背景,并反演盆地形成时深部过程的特征;研究沉积盆地火山岩对盆地古地温场的效应,此研究中关键的科学问题是火山岩的相分析及火山作用和岩浆作用在盆地演化中时间序次及与沉积物关系的确定。研究的最终科学目标是:为盆地形成及演化的热动力学通过火山岩岩石学探针的方法提供构造演化深部热状态信息和火成岩对盆地热流场影响的定量分析数据。考虑到该研究工作由于冀东油田各盆地已经积累了丰富的盆地沉积、构造及含油性的资料,并在火成岩的类型分布、成因机制及储层特征研究上已取得了一批非常好的研究成果,这些资料和成果蕴藏着不少与本课题研究内容及拟解决的关键科学问题的信息,因此该研究工作是在对以往研究成果和

已有火成岩资料的二次利用和开发的基础上,针对要解决的科学问题,施以一定的测试工作量,利用现代盆地分析的原理和方法,与现代火成岩成因研究中的理论和方法相结合,达到盆地热演化动力学的研究目标。具体研究的技术路线见下列框图(图 1-1)。

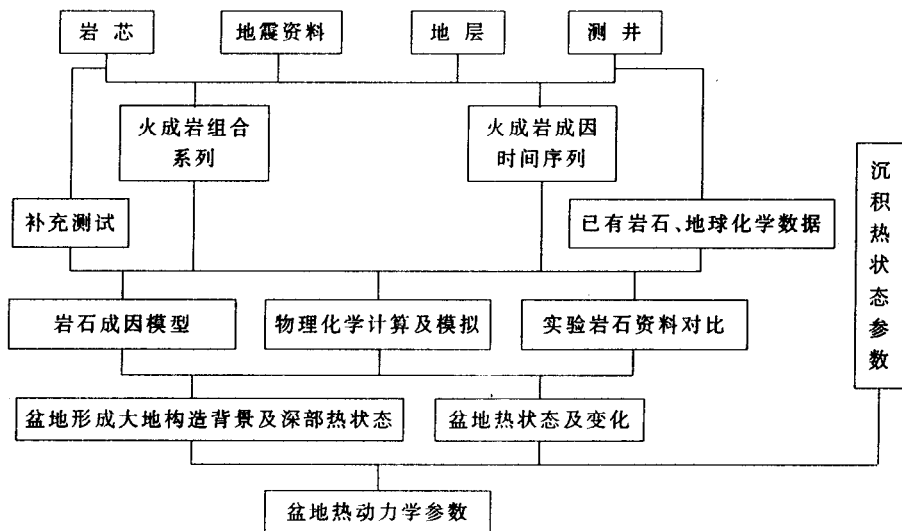


图 1-1 冀东凹陷热演化动力学研究的技术路线框图

二、成藏动力学研究方法简介

成藏动力学的研究方法如下:在研究区进行测井、岩芯和地震的综合研究,识别古间断面,进行追索、对比,建立全区可供对比的层序地层格架;构造研究以同生断裂及其对沉积体系的控制为重点,并进行沉降史回剥法、拉伸系数、热特征等的研究,并用盆模系统进行定量动力学模拟;对南堡凹陷已发现的油气圈闭进行典型解剖,以重点区块的有利地质体(主要间断面、沉积砂体等输导层、特殊地质体等)为重点,研究生储盖的配置关系、油气的运移、聚集与封堵条件及其时空配置关系,进而探讨油气的成藏条件与分布规律;含油气性研究的重点是压力系统。根据地震速度、波阻抗,结合钻井实测常压力与正常压力界面的判别和利用测井、测试及各种资料计算与模拟异常压力,确定其空间展布特征和在时间上的演化样式,试图总结不同油气聚集带的压力特点,进而探讨压力与油气运移、聚集的关系,确定研究区流体势的分布状态,目的是服务于油气成藏条件综合分析、对新的勘探领域和有利区带进行综合评价。

技术关键如下:

(1) 采集代表性钻井岩芯样品,进行岩石化学、矿物化学、全岩分析、稀土分析、微量元素分析、同位素定年及同位素示踪,结合盆地动力学模拟及地球物理成果,建立盆地形成及演化过程中火成岩的时间序列;确定火山作用和岩浆作用在盆地演化中时间序次及与沉积作用的耦合关系。

(2) 在应用层序地层学、油气成藏动力学、盆地动力学及构造地层分析等方法基础上,充分应用已有的地震、地质、分析化验资料,补充部分新资料,以沉积-构造研究为起点和支撑点,以热动力学和成藏动力学研究为主线,对南堡凹陷在沉积、构造、热演化、油气的生储盖与油气藏分类等方面进行系统、全面地分析,目标之一是为找寻新的勘探领域服务。

第二章 渤海湾盆地南堡凹陷区域地质特征概述

第一节 南堡凹陷概述

南堡凹陷区域构造上位于渤海湾盆地黄骅坳陷北部,面积 $1\,932\text{km}^2$ 。它是在华北地台基础上,经中、新生代的块断运动而发育起来的一个中新生界北断南超的箕状凹陷,凹陷北部以西南庄断层为界,与老王庄凸起相隔;东部以柏各庄断裂为界,与柏各庄凸起、马头营凸起相连;南与沙垒田凸起呈断超式接触;西以涧东断层与北塘凹陷相邻。凹陷内部存在 3 个构造层——前第三系(侏罗系、石炭至二叠系和奥陶系)、下第三系沙河街组和东营组以及上第三系馆陶组和明化镇组,沉积岩最大厚度 $8\,000\text{m}$;发育 3 套烃源岩层——东三段、沙一段、沙三段;存在 3 套储层——上第三系明化镇组和馆陶组,下第三系东一段、东三段、沙三三段和沙三五四段,以及前第三系奥陶系储层;具备 4 套主要盖层——明化镇组下段、东二段、沙一段和沙三五四段。目前南堡凹陷已发现明化镇组、馆陶组、东一段、东三段、沙三段和前第三系(奥陶系)6 套主要含油层系。

第二节 南堡凹陷构造特征

南堡凹陷内断层十分发育,除边界断层外,断层以东北和北东东向为主,以张性正断层占优势,有部分张扭性断层。在平面和剖面上,不同级别、性质和形式的断层有规律地分布。

依据断层对构造单元的控制作用,盆地发育过程中断层的发育的先后次序和成因联系以及断层的规模,将本区的断层划分为二级、三级和四级断层。二级断层为控制凹陷发育的边界断层,包括西南庄断层、柏各庄断层等,控制下第三系沉积;三级断层是盆地发育过程中形成的调节断层,包括高柳断层、溯河断层、庙南断层、老堡断层等,对二级构造带的形成和发展起控制作用。四级断层主要是在高级别断层的构成中局部的应力调整形成的小断层(图 2-1)。

南堡凹陷主要二级构造带包括:高尚堡构造带、柳赞构造带、老爷庙构造带、北堡构造带、老堡构造带、蛤坨构造带、西南庄及柏各庄断裂带等。目前凹陷内发现了 6 个油田:高尚堡油田、柳赞油田、老爷庙油田、北堡油田、唐海油田及杜林油田,其中唐海油田和杜林油田属于西南庄断裂带。

南堡凹陷高尚堡构造带由高柳断层上升盘翘倾断块构造及其上部地层被覆构造与下降盘逆牵引构造组成。柳赞构造带主体夹持于柏各庄断层、高柳断层和溯河断层之间,由柳北、柳东、溯河断鼻、柳赞背斜、柳南逆牵引背斜组成。老爷庙构造带是发育在西南庄断层下降盘的滚动背斜构造。北堡构造带陆地部分总体为向东、南倾伏的半背斜,向西深入浅海区。老堡构造带主体为一垒块,为潜山被覆构造带。蛤坨构造带为一泥丘底辟构造。西南庄-柏各庄断裂带位于西南庄断层和柏各庄断层的下降盘,浅层主要为逆牵引构造,中深层为断鼻构造。

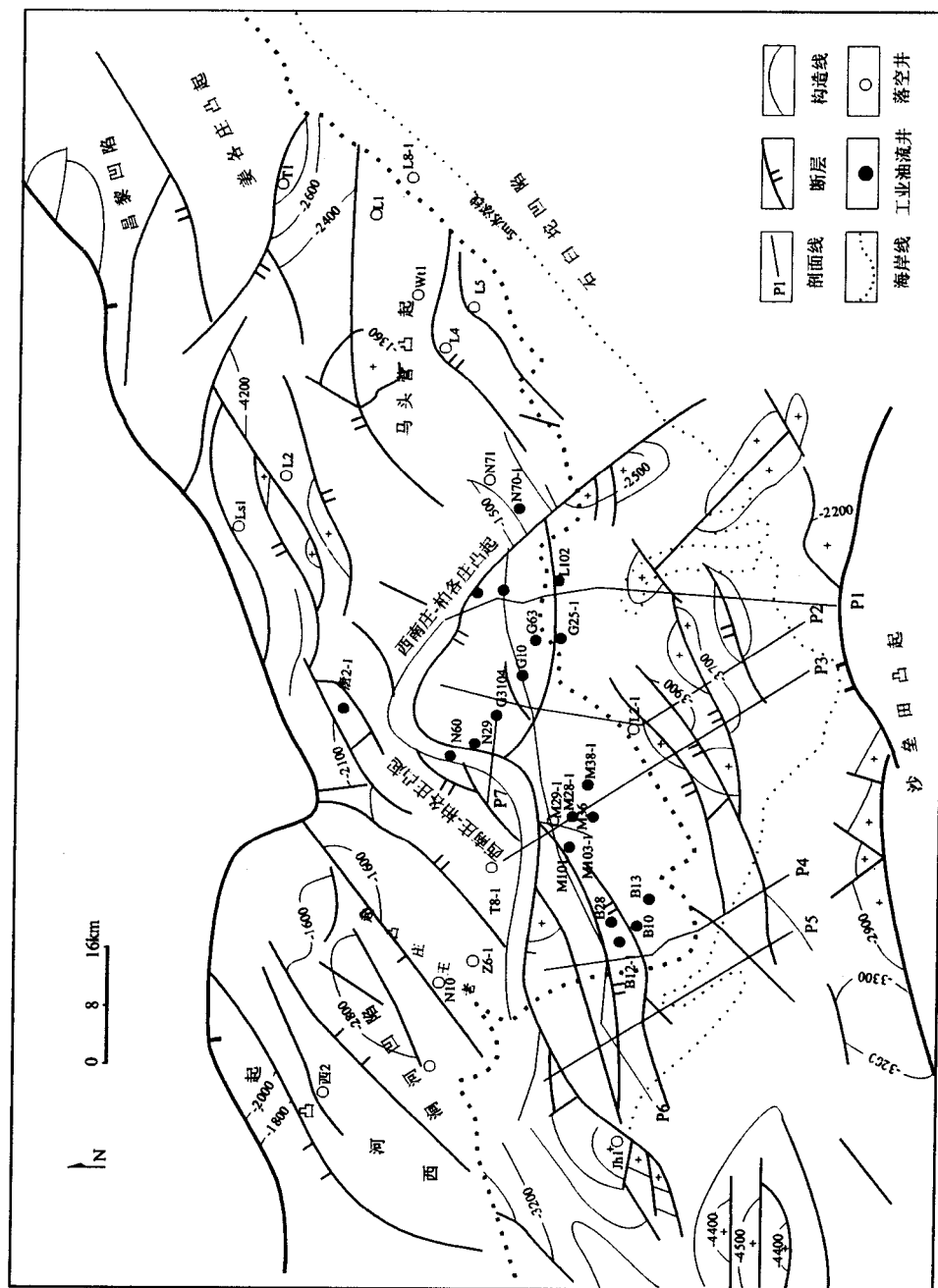


图 2-1 南堡凹陷的构造位置及骨干剖面位置图

第三节 南堡凹陷充填序列特征

南堡凹陷内部充填主要分为三个部分:前第三系(侏罗系、石炭至二叠系和奥陶系)、下第三系沙河街组和东营组以及上第三系馆陶组和明化镇组,沉积岩最大厚度 8 000m(图 2-2)。

南堡凹陷在本区的中生界地层主要由侏罗系和白垩系组成,在此次研究中作为基底对待。

南堡凹陷早第三纪经历了从断陷湖盆初期到断陷湖盆全盛期及断陷湖盆迁移衰亡期的全过程。具体分为三个断陷阶段。第一个断陷阶段:沙三五段(Es_3^5);第二个断陷阶段:沙三四段至沙二段($Es_3^4 \sim Es_2$);第三个断陷阶段:沙一段至东营组($Es_1 \sim Ed$)。总体上沉积了一套以湖相为背景的扇三角洲、水下扇、三角洲碎屑沉积。早第三纪晚期,渤海湾断陷盆地整体抬升遭受剥蚀;晚第三纪整体拗陷构成统一的盆地,主要沉积了一套馆陶组、明化镇组河流相的砂岩、砾岩和泥岩。其中,馆陶组以辫状河沉积为主,明化镇组以曲流河沉积为主。

南堡凹陷下第三系为一个大的沉积旋回,进一步划分为四个次级旋回,即 $Es_3^5 \sim Es_3^4$ 、 $Es_3^3 \sim Es_3^2$ 、 $Es_2 \sim Es_1$ 、 $Ed_3 \sim Ed_1$ 。各旋回的下部或顶部均为较粗的碎屑岩,构成良好的储集岩体;各旋回的中上部均为较厚的暗色泥岩及油页岩集中段,构成了良好的生油岩系,也是良好的盖层。

南堡凹陷早第三纪具有断陷形成期较晚,但沉降幅度大、沉积厚度大的特点。地层的研究结果说明,渤海湾盆地地下第三系底部的孔店组及沙河街组四段在南堡凹陷普遍缺失,该区下第三系主要由沙河街组和东营组两套地层组成。

一、沙河街组

根据地层沉积的旋回性特征,本区沙河街组地层自上而下可分为三段,即沙一段、沙二段及沙三段,这三段地层在凹陷内的沉积厚度及展布特征各有差异。

1. 沙三段

该段地层是本区下第三系沙河街组最下部的沉积单元,在凹陷内埋藏较深。目前该套地层仅于凹陷东北部的高尚堡至柳赞地区揭露程度较高,其它地区很少揭露。从已有研究结果看,南堡沙三段地层主要具有以下特点:

(1) 地层展布范围广、沉积厚度大。从各骨干地震剖面看,沙三段地层在南堡凹陷中分布很广,沉积厚度多在 1 000~1 200m 以上。

(2) 纵向上,该段地层可分为两个层序,下部层序由沙三五段至沙三三段地层构成,上部层序由沙三二段至沙三一段地层构成。下部层序主体由湖泊水进体系域及高水位体系域构成,其底部的低水位体系域在高尚堡至柳赞地区较为发育,其它地区尚未揭露。上部层序主要由水进体系域和高水位体系域构成,低水位体系域不发育。

(3) 受各层序及同一层序内部不同体系域纵向叠置、侧向交叉等因素控制,区内沙三段地层内部发育多套自生自储的生储盖组合。下部层序的水进体系域为区内最有利烃源层之一,目前,高尚堡至柳赞地区已发现油藏的油源主要与该套烃源层有关;上部层序的水进体系域也具有一定的生烃能力,但其生烃能力较下部层序的水进体系域具明显偏差。沙三段内部与烃源层交叉、叠置的各种扇三角洲、水下扇及浊积砂体为本区的良好储集层。

2. 沙二段

对本区沙二段地层的分布,人们曾经历了一定的认识过程。初期的研究工作认为,沙三段