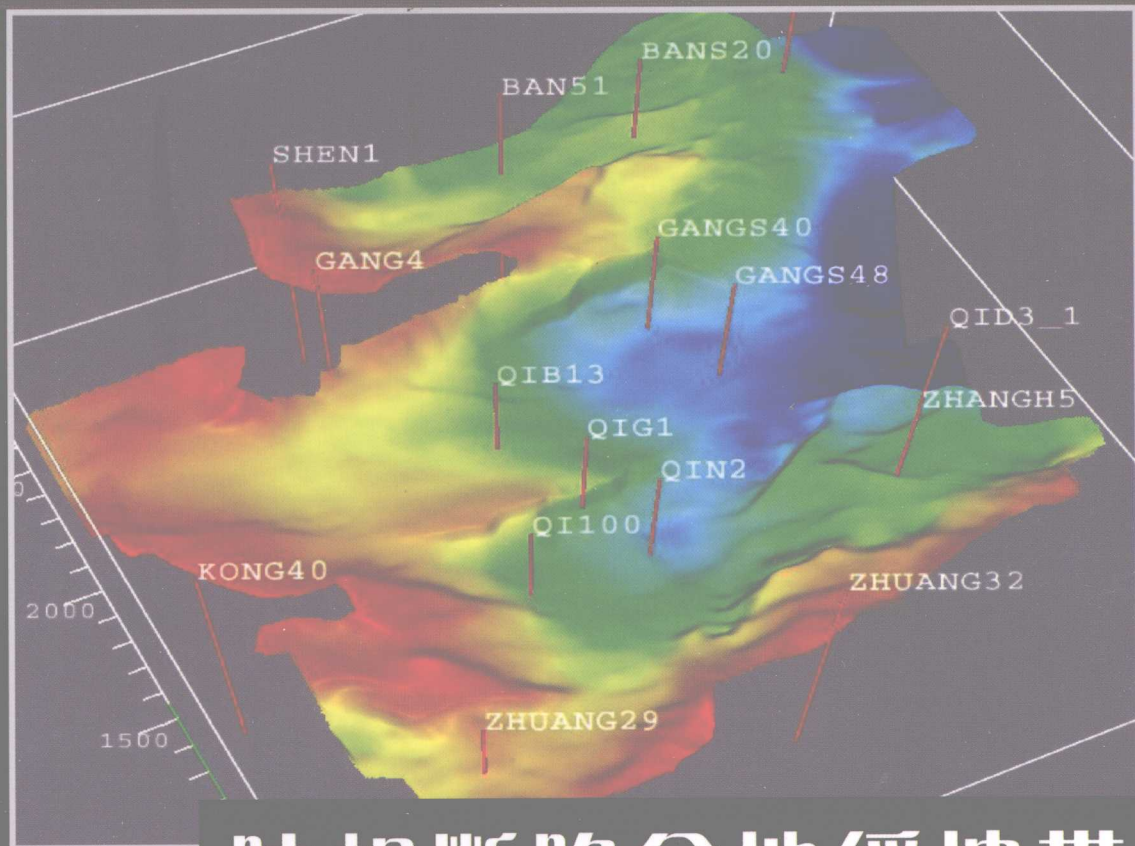




陆相断陷盆地缓坡带 沉积体系与成藏动力学

——以冀东断陷为例

周立宏 李 勇 王振升 肖敦清 等 著



科学出版社
www.sciencepress.com

大港油田分公司科技项目

油气藏地质及开发工程国家重点实验室项目

陆相断陷盆地缓坡带沉积 体系与成藏动力学

——以黄骅拗陷为例

周立宏 李 勇 王振升 肖敦清 等 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书以黄骅拗陷为例,系统总结黄骅拗陷缓坡带层序地层、沉积体系与成藏动力学等方面的成果,提出缓坡带的构造样式、层序地层模式和沉积体系模式,建立黄骅拗陷缓坡带的油气运移输导体系空间格架和油气运、聚模式,形成具有大港油田特色的缓坡型石油地质勘探模式和理论,为该区油气勘探开发提供了一套新的研究与预测方法,提出具有我国东部新生代断陷盆地缓坡带特色的沉积体系和成藏动力学模式,对我国东部新生代断陷盆地缓坡带的油气勘探和开发提供重要的借鉴作用。

全书集基础理论、技术方法、实践应用于一体,具有理论的科学性、技术的先进性和方法的实用性,可供从事油气勘探的科研工作者、技术管理人员以及石油地质类大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

陆相断陷盆地缓坡带沉积体系与成藏动力学:以黄骅拗陷为例/周立宏等著. —北京:科学出版社,2009

ISBN 978-7-03-023022-5

I. 陆… II. 周… III. 陆相-断陷盆地-油气藏-形成-研究-黄骅市 IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 143789 号

责任编辑:王志欣 孙 芳 李久进 / 责任校对:曾 茹
责任印制:赵 博 / 封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 2 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2009 年 2 月第一次印刷 印张:22

印数:1—1 000 字数:438 000

定价:150.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

目 录

第一章 绪言	1
第二章 区域地质背景	11
第一节 黄骅拗陷构造特征	12
第二节 黄骅拗陷的盆地结构	18
第三节 黄骅拗陷的构造样式	27
第四节 黄骅拗陷充填序列与古气候背景	30
第五节 黄骅拗陷新生代构造演化	38
第三章 缓坡带的构造样式	47
第一节 缓坡带构造单元划分	48
第二节 缓坡带的主要断裂	53
第三节 缓坡带的构造分带	55
第四节 缓坡带的构造样式	58
第五节 缓坡带的古构造与古地貌恢复	69
第六节 缓坡带的构造模式	73
第七节 缓坡带对沉积及油气富集的控制作用	77
第八节 缓坡带构造演化过程	81
第四章 缓坡带沉积体系类型分析	84
第一节 概述	84
第二节 测井相分析	86
第三节 地震相分析	90
第四节 沉积体系类型分析	106
第五章 缓坡带层序地层模式	148
第一节 概述	148
第二节 层序界面分析	150
第三节 层序地层划分	166
第四节 层序地层结构	173
第五节 层序地层格架	184

第六节 缓坡带层序地层模式·····	188
第七节 缓坡带地层模型·····	192
第六章 缓坡带砂体分散体系分析·····	200
第一节 概述·····	200
第二节 重力异常分析·····	201
第三节 砾石成分分析·····	203
第四节 砂岩骨架成分分析·····	204
第五节 重矿物分析·····	211
第六节 砂体分布体系分析·····	215
第七节 缓坡带的沟谷体系分析·····	226
第八节 缓坡带物源体系和水系模式·····	227
第七章 缓坡带沉积体系充填模式·····	233
第一节 概述·····	233
第二节 沉积体系的空间展布特征·····	234
第三节 缓坡带沉积体系充填模式·····	247
第四节 缓坡带沉积体系的充填过程与演化规律·····	251
第八章 缓坡带成藏动力学·····	255
第一节 缓坡带成藏要素与基本条件分析·····	255
第二节 缓坡带含油气系统分析·····	261
第三节 缓坡带输导体系分析·····	282
第四节 缓坡带油气成藏动力学分析·····	324
第九章 结论·····	335
参考文献·····	339

第一章 绪 言

我国东部中、新生代陆相含油气盆地主要为不对称断陷盆地，一般可将其划分为三个带，分别为缓坡带、洼陷带和陡坡带。洼陷带是富油区域，在陡坡带一侧低位扇发育，是油气资源良好的储层和油气勘探的重要领域，前人的研究成果较多，在理论、技术上也相对成熟，而对缓坡带一侧的研究程度则相对较薄弱。近年来，随着我国油气资源的不断需求，在缓坡带一侧也逐渐进行了油气勘探和开发，开始探索缓坡带的构造样式和油气分布规律（周玉琦等，2004；周廷泉，2005），分析了缓坡带的层序地层、沉积模式的特殊性（徐刚等，2004；彭传圣，2005；赵瞻等，2007）。以上研究成果表明缓坡带的沉积物粒度较细、物性较好、沉积类型多样，是油气勘探的有利地区之一。

黄骅拗陷属于新生代的断陷盆地，为渤海湾盆地内的次级拗陷，北界为燕山褶皱系，西界为沧县隆起，东南界为埕宁隆起，东北伸向渤海海域，以海中隆起为界与渤中拗陷分隔，呈 NE—SW 向展布，面积 17 000km²，其中陆地面积 11 300km²。黄骅拗陷古近纪断陷盆地是以沧东断层、滦河断层为边界的西断东超、北断南超的复式半地堑系统，显示该断陷盆地的西北部为陡坡带，东南部为缓坡带，中间为洼陷带。黄骅拗陷的缓坡带位于黄骅拗陷与埕宁隆起之间，是由埕宁隆起向歧口凹陷过渡的断阶带，由埕宁隆起向北依次发育向 NNW 倾斜的断层构成了向北逐级下掉的缓坡带，其中最显著的特征之一就是发育较多的地层不连续，表现为不整合面和上超面，并由北向南上超，形成逐级上超面，地层超覆、尖灭、剥蚀和不整合面等圈闭均特别发育，具有缓坡带的典型构造特征和沉积特征。

一、黄骅拗陷缓坡带油气勘探概况

歧口凹陷、沧东—南皮凹陷为黄骅拗陷的两大富油凹陷，一直是大港油田勘探的重点区域。近年来，黄骅拗陷缓坡带（埕北斜坡区）成为新的油气勘探领域，大港油田开展了黄骅拗陷缓坡带的油气勘探工作，已取得突破，并将黄骅拗陷缓坡带作为大港油田三个有利勘探区块之一和未来油气勘探的基地。

黄骅拗陷缓坡带位于大港歧口凹陷南缘，勘探面积 2300km²。该区为埕宁隆起向歧口凹陷过渡的断阶式斜坡区，自北向南主要发育近 EW 走向的歧东、张东、海 4、赵北、羊二庄、羊二庄南等断层，受断阶式斜坡背景的控制，发育歧东、张东、张东东、赵东、关家堡、堤海等多个局部构造。黄骅拗陷缓坡带成油

条件优越,油气资源丰富,油藏埋藏浅、产量高、储量规模大,是寻求整装效益储量和实现大港油田可持续发展的重要依托。

目前,该区已被三维地震所覆盖,探井成功率为66%,发现了二叠系、中生界、沙三段、沙二段、沙一段、东营组、馆陶组及明化镇组等8套含油气层系,找到了张东、张北、赵东、羊二庄、友谊5个油田及歧东含油构造和关家堡、埕海、张东东等含油气区,在邻区还发现了海4、歧口17-2-1等多个油田。前期的勘探研究已基本明确:黄骅拗陷缓坡带为一具基岩潜山背景、继承性发育的构造带,它被歧口、歧南、沙南凹陷所围限,成藏条件十分优越。目前已在关家堡、张东、张东东、埕海地区发现并落实了一批有利的勘探目标,初步计算探明石油地质储量4274万t,控制石油地质储量3789万t,预测石油地质储量2988万t。但是,目前对黄骅拗陷缓坡带的基础研究工作仍相对薄弱,难以满足建设大油气田的发展需要,这已成为制约该区勘探开发的主要因素。主要表现在:①在地层研究方面,缺乏层序地层格架约束下的系统通层工作(到体系域);②在构造研究上,目前局限于对构造现象的认识和地震构造解释,需要系统地对构造体系、构造样式与油气聚集分布的宏观关系展开工作,提出缓坡带控层、控砂、控藏的新认识;③在沉积体系(depositional system)研究方面,需要在层序地层学指导下的沉积体系研究和储层综合评价及预测技术等攻关;④宏观大型岩性体的发现较少,难于满足勘探的需要;⑤重点地区的层序格架精细解释、沉积相、储层预测等工作有待深入;⑥在输导体系、成藏动力学和勘探方向等方面也很薄弱。

二、黄骅拗陷缓坡带沉积体系与成藏动力学研究现状

针对黄骅拗陷缓坡带石油地质研究的现状和存在的问题,近年来大港油田勘探开发研究院开展了黄骅拗陷缓坡带的沉积体系、层序地层和成藏动力学的研究工作,主要研究工作包括:《埕宁隆起北部断阶区预探目标研究》、《埕北海海区油气富集规律与勘探主攻方向研究》、《南部滩海预探目标评价与勘探》、《埕北断阶区中生界残留盆地分布与沉积特征研究》、《埕北断阶区下第三系精细构造解释与层序地层学研究》、《埕北断阶带油气运聚规律研究与勘探方向》、《南部滩海区带评价与预探目标论证》、《埕北断阶带油气运聚成藏模式与勘探潜力评价》、《埕北断阶区下第三系地层研究》、《埕北断阶区沙一下段碳酸盐岩沉积相及储层特征研究》、《歧口斜坡区沙一段碳酸盐岩储层特征与成藏规律》、《埕北地区下第三系沙河街组沉积体系与成藏动力学研究》、《埕北地区下第三系东营组沉积体系研究》、《埕北地区上第三系河流相层序地层学与沉积体系研究》、《周清庄—张东地区沙一段沉积环境和体系研究》和《埕宁隆起缓坡带古近纪沉积体系模式与成藏动力学研究》。此外,涉及黄骅拗陷缓坡带基础石油地质研究的重要成

果还有《大港探区第三纪盆地结构研究》、《黄骅拗陷古近系沙一段沉积体系研究》、《黄骅拗陷古近系沙二段沉积体系研究》和《黄骅拗陷古近系东营组沉积体系研究》等。

在以上研究成果的基础上,本书对黄骅拗陷缓坡带古近系缓坡型层序地层、沉积体系与成藏动力学进行了总结,明确了黄骅拗陷缓坡带古近系缓坡型层序地层与沉积体系分布特征,提出了缓坡带的构造样式、层序地层模式和沉积体系模式,建立黄骅拗陷缓坡带的油气运移输导体系空间格架和油气运、聚模式,形成具有大港油田特色的缓坡型石油地质勘探模式和理论,为该区油气勘探开发提供一套新的研究与预测方法,凝练出了具有我国东部新生代断陷盆地缓坡带特色的沉积体系和成藏动力学模式。因此,这项研究成果将不仅为黄骅拗陷缓坡带油气勘探和开发提供重要指导作用,而且必将对我国东部新生代断陷盆地缓坡带的油气勘探和开发提供重要的借鉴作用。

三、研究思路与研究方法

(一) 研究思路

目前层序地层学在陆相地层中已得到广泛应用,很好地解决了地层等时性对比及等时界面内的相变问题,提高了油气分布的预测能力。因此,在前人和我们已有研究工作的基础上,将以陆相层序地层研究为起点,以黄骅拗陷缓坡带为重点,对研究区古近系沉积体系进行系统的研究,开展层序地层划分和对比,建立区域层序地层格架,进而在等时层序地层格架内分析沉积体系、沉积相、亚相、微相类型及其变化,建立黄骅拗陷缓坡带沉积体系模式,明确古近纪缓坡型沉积体系的时空展布规律;进一步明确黄骅拗陷缓坡带构造、沉积演化对油气成藏的控制作用以及油气运聚规律,注重成藏动力学条件、过程的研究和成藏动力学系统特征及油气富集规律的研究,为预测黄骅拗陷缓坡带油藏富集规律和筛选有利目标提供科学依据。

(二) 技术路线

针对黄骅拗陷缓坡带古近系沉积体系的具体特点,本次采用陆相层序地层学理论及其技术方法作为指导思想,在充分利用已有的岩、电、地震资料的基础上,开展地震相、测井相、沉积相三项联合分析。首先以钻井取心资料、测井曲线为基础,识别基准面旋回,建立沉积相、层序-测井相的响应模式,然后进行井-震对比,确定地层层序界面,建立古近系的等时性地层格架。之后,进行全区追踪对比及地震相和地震属性切片的地质解释,进而在时间-地层格架中确定沉积体系的时空展布规律。在此基础上,开展黄骅拗陷缓坡带古近纪沉积体系模

式与成藏动力学研究,系统总结黄骅拗陷缓坡带的构造样式、层序模式、沉积体系模式和成藏动力学模式。

(三) 关键技术

1. 层序地层学技术与方法

层序地层学是 20 世纪 80 年代形成的融地层学、沉积学和地震地质学为一体的综合学科。目前大多数地质学家已接受了层序地层学的原理和研究方法。在理论上,层序地层学特别重视海平面升降周期对地层层序形成的重要影响;在实践上,通过年代地层格架的建立,层序地层学为含油气盆地的地层分析和盆地规模的储层预测提供了坚实的理论基础和油气勘探的有效手段,并有力地推动了石油地质学的发展。

纵观目前国内外层序地层学的研究动态和主流思想,大体上可归为海相学派、陆相学派和高分辨率层序地层学派等三大主流学派,其中海相学派以国外学者为主,陆相学派以国内学者为主,高分辨率层序地层学派以美国科罗拉多矿业学院的 Cross 为主。

1) 海相学派

该学派特别重视海平面升降周期对地层层序形成的重要影响,根据其层序划分方案又可将各家研究者分为三个派别:①以 Exxon 公司为代表的派别,将不整合面或与此不整合面可以对比的整合面作为划分层序的边界;②以 Galloway 为代表的派别,采用最大洪泛面作为层序边界;③Johnson 所强调的层序是以不整合面或海进冲刷不整合面为边界的海进—海退旋回沉积层序。虽然上述划分层序类型的三种方法各不相同,但均强调海平面变化是控制层序成因和相分布的内在机制,可用于全球范围内的地层对比。

2) 陆相学派

由于我国的油气资源主要分布于中、东部和西部地区的中、新生代陆相含油气盆地之中,在引进和应用层序地层学的过程之中,我国学者非常重视陆相层序地层学的研究,重点探索了陆相层序和层序边界的定义、划分和识别标志,以及层序内部的沉积体系域和准层序的构成等问题(李勇等,1994a,1994b,1995;徐怀大,1997;吴因业等,2002)。目前层序地层学已被普遍应用于各种陆相环境中相构型变化的研究及其组合特征的解释,并以此说明在冲积扇、河流、三角洲或扇三角洲、湖泊和湖底扇等沉积体系中各类砂体的时空展布和演化规律(李勇等,1994a,1994b,1995;徐怀大,1997;邓宏文,1995;郑荣才等,2000a,2003;Cross,2000)。按控制层序形成的不同因素,也可以分为 4 个派别:①“类海相”派,认为湖泊和海洋类似,湖平面是陆相沉积的主导控制因素,它不仅控制湖相沉积发展,也控制毗邻的河流及风成沉积,湖平面的变化类似海平

面的变化,控制整个盆地发育;②“单一”成因派,主要是针对河流相地层进行层序地层研究(张周良,1996),提出了低水位体系域主要由辫状河的砂砾质沉积物组成,后期可能出现曲流河沉积物,水进体系域有利于网状河沉积,高位体系域主要是由曲流河沉积物组成,也可能发育网状河沉积物;③“构造”派,认为构造活动在陆相盆地发育及演化历史中占有最重要的支配地位(李思田等,1992;李勇等,1994a,1994b,1995),构造旋回就是层序的基本成因,主张层序分析是把相、沉积体系放在盆地的整体地层格架中进行研究;④综合派,认为陆相地层层序的形成及特征受构造运动、气候变化、沉积物供给和湖平面变化的控制,以前两者为主导因素,后两者为影响因素(纪友亮,1996),并明确指出气候的变化只对闭流湖盆产生影响,而闭流湖盆的湖平面变化不受盆地基底整体构造沉降因素的影响。

3) 高分辨率层序地层学派

以 Cross 为首的美国科罗拉多矿业学院成因地层研究小组在对浅海环境沉积层序进行分析研究的基础上,首次提出利用基准面旋回和可容纳空间与沉积物供给量比值(A/S)进行层序地层划分的方法,即高分辨率层序地层学(high-resolution sequence stratigraphy)。认为在基准面旋回的升降过程中,由于可容纳空间和沉积物供给量比值的变化,可以导致沉积物的保存程度、地层堆积方式、相序、相类型及岩石结构发生变化,这些变化是基准面旋回过程中所处位置的容纳空间与沉积物供给量比值的函数,因而由基准面所控制的等时地层单元在三维空间中的保存程度、堆积样式、沉积相类型和演化序列不仅是有规律可循,而且是可以预测的。

我们将采用陆相层序地层学理论及其技术方法作为本次研究的基本技术方法,建立黄骅拗陷缓坡带古近系的等时性层序地层格架。通过对单井剖面的岩性、古生物组合、沉积构造、沉积相和沉积序列、界面类型、旋回结构和叠加样式,以及各类砂体的储集物性等方面的研究,识别中、长期旋回层序的划分和叠加样式,标定各类主要界面的性质、位置和等时对比意义,如层序界面、初始湖泛面、最大湖泛面等;在此基础上,建立钻井剖面的中、短期旋回层序的测井相特征、相关地震界面及其与沉积层序和界面的对应关系和沉积相、层序-测井响应模式。

然后进行层序界面的井-震桥式对比,确定地层层序界面,进行全区追踪对比、地震相的地质解释与体系域划分,进而对储层分布及储层类型进行预测。

2. 沉积体系分析法

沉积体系决定着砂体的发育程度和储层质量的好坏,是影响油气富集程度和产能的关键因素之一,因此,沉积体系研究是油气勘探的一项重要基础研究工作。

沉积体系分析方法主要是根据墨西哥湾沿岸地区含油气巨厚沉积物的研究成果而建立和提出的,并已广泛应用于盆地分析和石油地质领域。

这种分析方法的基础是瓦尔特相律和相模式概念在大型沉积区乃至整个盆地中的应用,研究方法基本上是成因地层学,亦即沉积地质学研究中的成因分析法。其中的分析重点集中在解释大型沉积体的相互关系上,亦即沉积盆地的大型充填型式或沉积构型。因此,沉积体系研究除了建立在沉积相及相模式基础上之外,通常借助于地震地层学或地震资料,尤其是将沉积体系分析法应用于新盆地研究时更是如此,因为通过地震资料,可以“看见”大规模的地层几何形态。

沉积体系是指过程相关的沉积相的组合体,或者在沉积环境和沉积作用方面具有成因联系的三维岩相组合体。每一种沉积体系中可以包含有许多种沉积环境,每一种沉积环境以自身特有的沉积物、动物群、植物群以及相关过程为特征。沉积体系的基本建造块体或单元是沉积相,这些建造块体代表了特定的沉积环境,而这些成因相关的建造块体(沉积相)的组合体即构成一个沉积体系。

沉积体系组(depositional system assemblage)系指两个以上反映相关沉积过程或成因联系的沉积体系的成因组合体。

沉积体系和沉积体系组作为沉积盆地生成、发展、演化过程的产物,反映了沉积盆地的构造背景及性质的演变过程。沉积体系的划分继承了沉积相划分的思想,是沉积相划分的继续和发展。根据沉积物组分特征、沉积构型、形成环境、发育过程及其控制因素,可划分为大陆、海陆过渡、海洋三种沉积体系组,每一种沉积体系组又包含若干种沉积体系。如在大陆沉积体系组中包括残积沉积体系、河流(冲积)沉积体系、湖泊沉积体系、风成沉积体系和冰川沉积体系等;在海陆过渡沉积体系组中包括三角洲沉积体系、河口湾沉积体系和滨岸沉积体系等;在海洋沉积体系组中包括浅海沉积体系、陆坡、陆隆沉积体系和深海沉积体系等。

由于我国的油气资源主要分布于中、东部和西部地区的中、新生代陆相含油气盆地之中,在引进和应用沉积体系分析的过程中,我国学者非常重视陆相盆地沉积体系的研究,重点探索了陆相沉积体系的定义、划分和识别标志,以及内部的沉积相的构成等问题。目前沉积体系分析法已被普遍应用于各种陆相盆地分析之中,并与层序地层学有很好的结合,强调在层序地层格架中研究沉积体系的空间展布和相构型变化及其组合特征,并以此预测在冲积扇、河流三角洲或扇三角洲、湖泊和湖底扇等沉积体系中各类砂体的时空展布和演化规律,这种研究思路和研究方法已成为当前盆地分析和岩性油气藏勘探的主流方法。

在层序地层格架中,沉积体系是组成层序单元的基本建造块。层序地层学通过年代地层格架的建立,对地层分布模式做出的解释和对同时代成因地层内沉积体系的划分,为含油气盆地地层分析和盆地规模的储层预测提供了坚实的理论基

础和油气勘探的有效手段。本次在层序地层格架的基础上,结合区域地质资料、岩矿分析和重力资料等,在等时性地层单元内建立沉积体系的划分和对比关系,结合测井、地震资料和在钻井岩心中所观察到的岩石特征、沉积构造、岩相组合、生物相特征等的基础上,重点开展了物源分析、砂体分散体系分析和地震相分析,以层序(长期旋回)中具等时对比意义的沉积体系时空展布规律为重点,在较大范围内可将单个钻井的一维信息有效地转换为多个钻井和地震剖面中的二维信息,以此作为编制高精度地层格架图和沉积体系平面分布图的基础,刻画黄骅拗陷缓坡带古近系各层序内三角洲、湖泊、浊积扇沉积体系分布规律和各类砂体的时空展布和演化规律,为有利储层预测提供科学依据。在具体的研究过程中,我们将特别重视地震相与沉积相的转换工作,具体技术为:以钻井为桥梁,通过对过井地震剖面与录井资料的相互标定,结合不同沉积体的外部形态及内部结构特征,确定研究区不同地震相所代表的沉积相。在转换时,我们充分考虑以下问题:①地震、测井、岩性等所显示的多种信息的综合解释;②盆地构造性质与地震相、沉积体系和沉积相分布之间的关系;③钻井、地震剖面与录井资料在识别尺度和精度上的差别及其对相互之间标定的影响。

3. 成藏动力学研究方法

随着高科技不断引入石油勘探与开发,油藏地质研究也已改变过去定性推理的方法,建立了全新的定量、机理性的研究方法,即成藏动力学研究方法。目前已从揭示油气藏在沉积盆地中所受到的各种营力作用及其在多种营力作用下的形成、演化或消亡全过程及油气水分布模式等出发,提出了建立油气藏成藏动力学和油藏地质模型的研究思路;以研究油藏构造及应力场演化史、储集空间发育史、渗流物理演变史和油气运移聚集史为基础,以物理和数学模拟相结合为基本方法,探讨油藏形成的控制因素,建立油藏形成机理和成藏模式,为油气勘探开发提供了一套新的研究与预测方法。

虽然,目前在国内外均没有成藏动力学明确、统一的定义,但一般认为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,在盆地演化历史中和输导格架下,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、运移过程和聚集规律的综合性学科。成藏动力学研究的基础是盆地演化历史和流体输导格架,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。20世纪90年代以来,成藏动力学研究的进展表现在:①流体输导系统预测能力的提高;②能量场演化机制及其控制的化学动力学过程和流体流动样式研究的深入;③油气成藏机理研究的深化;④计算机模拟技术的改进。在进一步认识与油气成藏密切相关的化学动力学和流体动力学过程和机理的基础上,实现盆地温度场、压力场、应力场的耦合和流体流动、能量传递和物质搬运的三维模

拟,是成藏动力学的重要发展方向。近年来,由于油气勘探的深入和多学科联合研究的开展,成藏动力学在流体输导系统、盆地能量场演化与流体流动样式、油气成藏机理与充注历史分析等各个方面都取得了重要进展。

在黄骅拗陷缓坡带等时性地层格架和沉积体系格架基础上,开展了缓坡带成藏动力学研究,注重成藏动力学条件、过程研究和成藏动力学系统特征及油气富集规律研究,建立了油气运移输导体系空间格架和油气运、聚模式,具体研究内容包括:①应用地球化学手段,落实黄骅拗陷缓坡带各油田、含油区块的油气来源,开展油气源对比,同时运用油藏地球化学分析方法,宏观追溯油气运移的方向和路径。②根据主要生排烃期、主要生油层系古流体势展布特点,结合油气源对比成果,划分黄骅拗陷缓坡带含油气系统。③建立油气运移输导体系空间格架,研究内容包括:一是二、三级断裂的活动史分析,尤其是生排烃高峰期断裂的开启性研究;二是生排烃高峰期各储层发育段的古构造面貌;三是排烃高峰期各储层发育段砂岩体分布特点;四是分析古近系底、沙二段底、馆陶组底三个不整合面上、下地层岩石物性与正常地层岩石物性的差异,明确不整合面的输导能力与平面展布特点。④通过油藏解剖、分层系的沉积体系研究以及油气运移疏导体系与油气运聚模拟分析,探索黄骅拗陷缓坡带不同层系、不同台阶区油气运聚特点,建立黄骅拗陷缓坡带油气运聚模式。

四、研究过程与主要成果

本项目组自2005年以来对黄骅拗陷缓坡带古近系开展了持续性的缓坡型层序地层与沉积体系研究,其中2006年完成了埕北地区古近系沙河街组沉积体系与成藏动力学研究,2007年完成了埕北地区古近系东营组沉积体系研究和埕北地区新近系河流相层序地层学与沉积体系研究,2008年完成了周清庄—张东地区沙一段沉积环境和体系研究以及埕宁隆起缓坡带古近纪沉积体系模式与成藏动力学研究,并在历年研究基础上提出了具有黄骅拗陷缓坡带特色的缓坡带层序地层与沉积体系研究思路和方法,对黄骅拗陷缓坡带油气勘探和开发提供了重要指导作用。

以上研究成果表明,黄骅拗陷缓坡带古近系是黄骅拗陷油气勘探目的层系和有利区带之一,黄骅拗陷缓坡带在成藏动力学条件、过程和成藏动力学系统特征及油气富集规律等方面均有别于陡坡带,主要表现在:①黄骅拗陷缓坡带介于埕宁隆起与黄骅拗陷之间,显示为由南向北逐级下掉的多级断阶带,由埕宁隆起剥蚀区、缓坡区和深陷区(歧口凹陷)三个区块构成,在缓坡区内部由4条正断层将其分割成外带、中带和内带三个构造地貌单元,古坡度为 $0^{\circ}\sim 10^{\circ}$,总体属于多级低角度缓坡;②黄骅拗陷缓坡带古近系由北向南逐级上超,形成众多的上超面和不整合面,具有层序界面清楚的特点,是利用上超面和不整合面分析湖平面

上升的有利地区；③古近系层序在垂向上和平面上具有分布不连续性的特征，地层厚度也由北向南逐步减薄，层序具有不完整性，一般缺乏低位体系域，发育典型的缓坡型层序；④同时，该地区又具有构造活动较弱、古地形斜率较小、物源区与汇水区的势能差较小等特征，具有近物源、粗碎屑的边缘相带发育和相带较宽等特点，形成了一套沉积物粒度相对较细的以辫状河三角洲、曲流河三角洲及滩坝类为特征的沉积体系类型，该砂体类型粒度细、物性较好，砂体规模大，储集条件好，并由南向北显示为辫状河三角洲沉积体系-滩坝沉积体系-湖泊沉积体系-浊积扇沉积体系的组合模式，未出现在陡坡带普遍发育的扇三角洲和近岸水下扇等沉积体系类型，具有缓坡带沉积体系类型和空间展布的典型特征；⑤堤宁隆起是该缓坡带的主要物源，并将其区分为三个次级物源口和相应的三条古水系，分别为西部物源口、中部物源口和东部物源口，该缓坡带的古物源体系以线状物源为特征，以短轴的横向水系为主，并受多级断阶的控制，同一物源和水系的沉积物类型和沉积相类型在缓坡带的不同构造地貌单元具有显著的变化；⑥长期发育的基岩潜山背景上的斜坡构造，是油气运移的主要指向区，受主干断裂控制，油气在横向上以构造单元分布，纵向上相互叠加，具有复式油气聚集特征；⑦以断层、不整合面、砂岩疏导层为主的油气运移通道与缓坡背景发育的各类圈闭相配置，构成本区的不同层系、不同类型油气藏叠置、连片含油的油气成藏特点。

本书是对以上研究成果的总结和归纳，同时参考和引用其他专家的研究成果。其中第一章由周立宏、李勇、王振升编写；第二章由周立宏、王振升、肖敦清编写，书中引用了漆家福教授的相关研究成果；第三章由周立宏、肖敦清、苏俊青、李洪香、袁淑琴、梁锋、李勇编写，书中引用了刘震教授的相关研究成果；第四章由李勇、蒲秀刚、丘东洲、赵瞻、陈蓉编写；第五章由李勇、丘东洲、袁淑琴、孙小霞、刘子玉编写；第六章由周立宏、李勇、李洪香、丘东洲、袁淑琴、赵瞻、韩冰编写；第七章由李勇、蒲秀刚、丘东洲、陈蓉、韩冰编写；第八章由周立宏、王振升、肖敦清、梁锋、袁淑琴、李勇编写，书中引用了罗晓容教授的相关研究成果；第九章由李勇、周立宏、王振升、肖敦清编写；全书由周立宏、李勇编纂定稿。

致 谢

本项研究成果是由大港油田勘探开发研究院与成都理工大学沉积地质研究院共同完成的，在研究过程中，一直得到中石油大港油田分公司和成都理工大学领导和专家的大力支持和关注，为本项研究的顺利实施提供了相应的技术支持和资料支持。

大港油田分公司吴永平、杨池银、廖前进、周建生、陈善勇、王文革、祝文

亮、杨永昌、石占中、高嘉瑞、于学敏等领导和专家自始至终关注本项目研究，在项目研究过程中给予了热情的指导与支持；大港油田分公司勘探开发研究院相关科室和部门都给予了热心帮助！中国石油东方地球物理公司研究院大港分院常德双、李玉海、高德明等领导为地震资料的收集和现场工作提供了各种方便条件！在此，对所有为本项目顺利完成作出贡献的大港油田领导、专家、同行表示衷心的感谢！

成都理工大学刘家铎、黄润秋、倪师军、高卫东、曾允孚、刘宝珺对本项研究工作给予了支持、关心和指导；成都理工大学科技处、油气藏地质及开发工程国家重点实验室、沉积地质研究院等部门对本项研究工作给予了支持，在此对本项目顺利完成做出重要贡献的成都理工大学领导、专家、同行表示衷心的感谢！

本项目研究过程中引用了大量的前人研究成果，除参考文献注明部分之外，还有很多大港油田的内部研究成果未能一一标注。特别需要指出的是，在本书中引用了漆家福教授、刘震教授、罗晓容教授等在黄骅拗陷的相关研究成果，在此向他们表示感谢！

最后，还要感谢大港油田勘探开发研究院和油气藏地质及开发工程国家重点实验室给予的资助。

第二章 区域地质背景

黄骅拗陷属于新生代的断陷盆地，为渤海湾盆地内的次级拗陷，北界为燕山褶皱系，西界以沧县隆起与冀中拗陷相隔，东南界以埕宁隆起与济阳拗陷相隔，东北伸向渤海海域，以海中隆起为界与渤中拗陷分隔，呈 NE—SW 向展布，面积 17 000km²，其中陆地面积 11 300km²（图 2-1）。

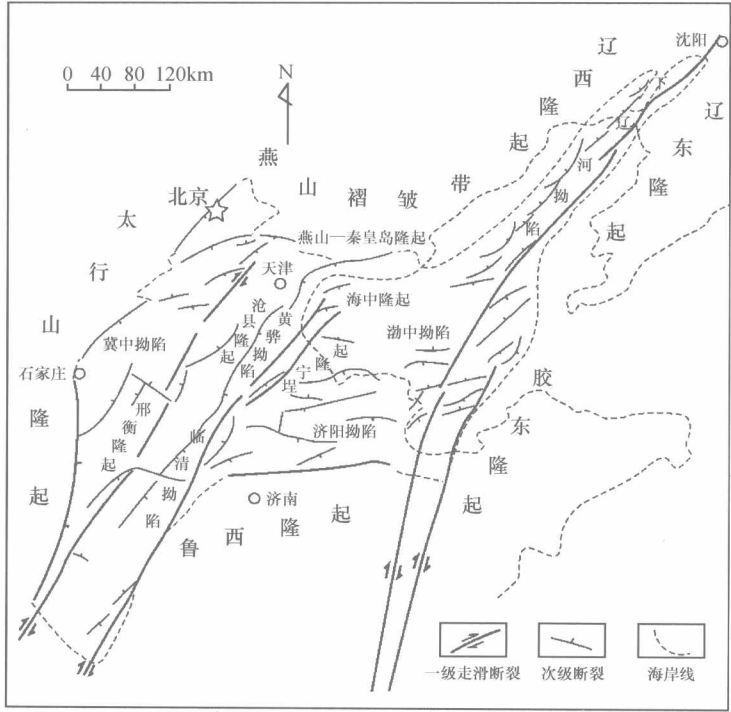


图 2-1 渤海湾盆地构造纲要图（徐守余等，2005）

黄骅拗陷是在“T”形相交的深断裂带上发育的一个古近纪断陷，属于渤海湾盆地中由古近系充填范围勾绘出的一个二级构造单元。在黄骅拗陷周边同级别的构造单元包括东侧的埕宁隆起、海中隆起和渤中拗陷，西侧的沧县隆起，南侧的临清拗陷，北侧的燕山—秦皇岛隆起。黄骅拗陷西与沧县隆起以沧东断层分隔，边界清楚；东以羊二庄断裂（埕西断裂）、沙西断裂、曹妃甸断裂（沙北断裂）为界与东侧的埕宁隆起、海中隆起和渤中拗陷相邻，在拗陷内部有时古近系超覆到隆起区上或边界断层不发育而使边界模糊；北以 NW 向的宁河断裂（？）

[illegible]

图 2-2 黄骅拗陷构造单元划分图

第一节 黄骅拗陷构造特征

在区域大地构造位置上,黄骅拗陷属于华北克拉通(中朝准地台)上发育的渤海湾新生代盆地的一部分。渤海湾盆地东与鲁西隆起和胶辽隆起相接,西与太行山隆起相毗邻,南与南华北盆地相连延展至秦岭褶皱带,北与燕山褶皱带接壤(图 2-1),面积约20万km²。盆地的形态不规则,其轮廓形似一个中部膨大的斜歪“N”字形,南、北两端较窄,中部较宽,南侧过渡到南华北盆地,其他周边为新生代隆升的山地丘陵区,简称为隆起区。包括位于盆地北侧的燕山—辽西隆起区、位于盆地东侧的胶辽隆起区(辽东隆起和胶东隆起)、位于盆地西侧的太行山隆起区、位于盆地东南侧的鲁西隆起区等。如果以盆地为一级构造单元,盆