

油气藏地质及开发工程国家重点实验室项目
中国石油天然气总公司大港油田分公司科技项目
国家自然科学基金项目

河流相层序地层学

——以黄骅坳陷新近系为例

李 勇 廖前进 肖敦清 蒲秀刚 等 著



科学出版社

油气藏地质及开发工程国家重点实验室项目
中国石油天然气总公司大港油田分公司科技项目
国家自然科学基金项目

河流相层序地层学

——以黄骅坳陷新近系为例

李 勇 廖前进 肖敦清 蒲秀刚 等 著



科学出版社

内 容 简 介

本书以黄骅拗陷新近系为例,采用高分辨率河流相层序地层学研究的新思路和新方法,对黄骅拗陷新近系河流沉积相类型、河流相层序地层、河流沉积体系空间展布和河道砂体预测等方面展开研究,提出黄骅拗陷新近系河流相层序地层学模式,形成具有拗陷型盆地特色的河流相层序地层和河道砂体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思路与河道砂体预测方法。本书提出的拗陷型河流相层序地层学的研究思路和技术方法,对我国东部新生代大型拗陷型盆地的河流相油气勘探和开发具有重要的借鉴作用。

全书集基础理论、技术方法和实践应用于一体,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、技术管理人员及相关专业的大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

河流相层序地层学:以黄骅拗陷新近系为例/李勇 等著. —北京:科学出版社,2013. 11

ISBN 978-7-03-038841-4

I. ①河… II. ①李… III. ①河流相—层序地层学 IV. ①P588.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 242163 号

责任编辑:杨 岭 冯 铂 / 责任校对:朱光兰

责任印制:邱志强 / 封面设计:墨创文化

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>

成都创新包装印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 1 月第 一 版 开本:787 × 1092 1/16

2014 年 1 月第一次印刷 印张:25 3/4

字数:590 000

定价:198.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

本书作者

李 勇

廖前进

肖敦清

蒲秀刚

袁淑琴

陈 蓉

赵 瞻

孙晓霞

丘东洲

梁 峰

何 川

贾莉红

梁 园

颜照坤

闫 亮

张 威

贺 佩

目 录

第1章 绪言	1
1.1 渤海湾盆地新近系研究现状与油气藏特征	1
1.2 黄骅坳陷新近系研究现状与油气藏特征	2
1.3 河流相层序地层学研究现状	3
1.4 黄骅坳陷河流相层序地层学的研究思路与方法	5
1.5 研究过程与主要成果	6
第2章 黄骅坳陷新近系河流相地层发育的地质背景	7
2.1 渤海湾新生代盆地的构造背景	7
2.2 黄骅坳陷的构造单元划分	9
2.3 黄骅坳陷的构造样式	13
2.4 黄骅坳陷的新构造运动特征	16
2.5 新生代黄骅坳陷的构造演化过程	19
2.6 新生代黄骅坳陷的盆地结构	23
2.7 黄骅坳陷缓坡带的新近系构造样式	28
第3章 黄骅坳陷新近系河流相地层序列	34
3.1 概况	34
3.2 黄骅坳陷的新近系地层空间展布	37
3.3 黄骅坳陷新近系河流相地层序列	42
3.4 黄骅坳陷的新近纪生物组合	45
3.5 黄骅坳陷缓坡带新近系的分布特点	53
3.6 黄骅坳陷新近纪古气候演变	56
第4章 河流相层序地层模式及其控制因素分析	58
4.1 层序地层学的发展与演变	58
4.2 Posamentier 等的河流相层序地层模式	60
4.3 Wright 和 Marriott 的河流相层序地层模式	63
4.4 Shanley 和 McCabe 的河流相层序地层模式	66
4.5 Olsen 等的河流相层序地层模式	69

4.6	基于河流类型的河流相层序地层模式·····	70
4.7	基于基准面变化的河流相层序地层模式·····	72
4.8	基于河流水位变化的河流相层序地层模式·····	74
4.9	基于基准面旋回的河流相层序地层模式·····	76
4.10	基于气候和构造控制的河流相层序地层模式·····	77
4.11	河流相层序地层模式的比较与讨论·····	79
4.12	河流相层序地层形成的控制因素分析·····	82
第5章	黄骅坳陷新近系河流相层序地层分析·····	100
5.1	概述·····	100
5.2	河流相长期旋回层序结构·····	108
5.3	河流相长期旋回层序的划分与洪泛面·····	136
5.4	河流相中、短期旋回层序结构·····	149
5.5	河流相层序地层格架分析·····	155
5.6	黄骅坳陷缓坡带新近系河流相层序地层模式·····	167
5.7	黄骅坳陷新近系河流相层序地层的成因机制分析·····	179
第6章	黄骅坳陷新近系河流沉积体系与充填样式分析·····	188
6.1	黄骅坳陷新近系沉积相分析·····	188
6.2	黄骅坳陷新近系河流相砂体分散体系分析·····	232
6.3	黄骅坳陷新近系沉积体系的空间展布·····	274
6.4	黄骅坳陷缓坡带新近系河道砂体的空间展布·····	287
6.5	黄骅坳陷新近系沉积体系的充填样式与演化特征·····	302
第7章	层序地层格架下的河流相砂体展布与油气成藏特征·····	309
7.1	黄骅坳陷新近系古河道砂体参数定量计算·····	309
7.2	河道砂体空间展布的预测·····	324
7.3	层序地层格架中河流相砂体分布规律分析·····	341
7.4	黄骅坳陷新近系河流相油气成藏特征·····	351
第8章	结论·····	375
	主要参考文献·····	380
	致谢·····	387
	彩图	

第1章 绪 言

渤海湾盆地新近系是一套以陆相河流沉积为主的地层,由于其埋藏浅,勘探效益好,其油气勘探在国内早已广泛开展。黄骅坳陷是渤海湾新近系重要的分布区,具有代表性。但是对该区新近系明化镇组和馆陶组以河流相为特征的地层,如何采用层序地层的思路开展等时地层格架的对比与划分成为研究的难点,如何从层序地层学角度找寻新近系河流相岩性-地层油气藏成为当前关注的焦点。因此,近年来本项目组以黄骅坳陷新近系明化镇组、馆陶组为研究对象,开展河流相层序地层分析,探索河流相层序地层划分,在等时地层格架的基础上分析河流相的发育状况及其时空配置关系等,进而在等时地层格架中分析河流砂体的时空展布规律,预测河道砂体的规模和分布。因此,本书以黄骅坳陷新近系为基础开展河流相层序地层学研究,旨在提出具有坳陷型盆地特色的河流相层序地层学研究思路、方法和成果,为该区今后同领域或相近领域的研究工作提供方法上的指导与借鉴。

1.1 渤海湾盆地新近系研究现状与油气藏特征

渤海湾盆地是中国东部富含油气资源的大型裂陷盆地,是我国重要的油气生产基地之一。目前,古近系、新近系油气资源的发现率已达46%,而增加地质储量、维持储采平衡的难度越来越大。渤海湾盆地新近纪岩相古地理与已发现的新近系油气资源正在成为关注的焦点,如图1-1所示。

渤海湾盆地是发育在太古界-古元古界结晶基底之上的“克拉通盆地”,北接西伯利亚板块,南临扬子板块,其区域构造背景既包括华北板块本身的特性,也反映了华北板块所处的大地构造位置及其动力学过程。许多知名学者对其开展了不同领域、不同尺度的石油地质研究。尽管渤海湾盆地主力产油气层为古近系,但对新近系的研究和勘探从未间断过。近年来,随着勘探的深入,在渤海湾盆地已发现23个新近系大中型油田,包括济阳坳陷、黄骅坳陷、辽河坳陷、渤中坳陷及南堡凹陷的新近系油气藏(如胜利油田的孤岛、孤东地区,辽河油田的月海地区,大港油田的羊二庄、赵东等油田,渤海油田的蓬莱19-3、曹妃甸11-1、秦皇岛32-6、南堡35-2、渤中25-1等),这些新近系油藏一般埋藏浅(深度为900~1600m)、储层物性好、产量高、易于开发,因此,浅层新近系的工业性油气藏具有很好的经济效益和环境效益,而以浅层新近系为勘探目的层的研究和勘探工作也日益为人们所重视。

渤海湾盆地古近系富生油凹陷是新近系大油田形成的物质基础,馆陶组-明化镇组所发育的区域性盖层和河流相储层是新近系大油田形成的必要条件,因此,新近系具备特有的下生上储构造-沉积条件。此外,渤海湾盆地已发现的新近系大油田大多位于地质构造位置的小凸起上,如孤岛、孤东、港西、蓬莱19-3、秦皇岛32-6、旅大27-2

等油田（图 1-1），这表明构造条件也是控制新近系油气成藏的重要条件。这些油田的油藏类型可分为披覆背斜、后期改造的披覆背斜、逆牵引背斜、张扭背斜和压扭背斜 5 类。不同类型的油藏具有不同的构造位置、成因类型、储量规模及开发效益。前人的研究成果表明，新近系油气藏主要有三种类型，包括位于凸起上的背斜型油藏、位于凸起—凹陷边缘断阶带的滚动背斜型和断块型油气藏，以及位于凹陷中继承性构造和反转构造型油气藏（米立军，2001）。根据油气藏输导体系分布及成藏条件的不同，可将馆陶组油气藏形成模式归结为凸起带成藏模式、断裂带成藏模式、斜坡带成藏模式三类，其中凸起带成藏模式又可分为双断凸起带成藏模式和单断凸起带成藏模式（夏斌，2005）。

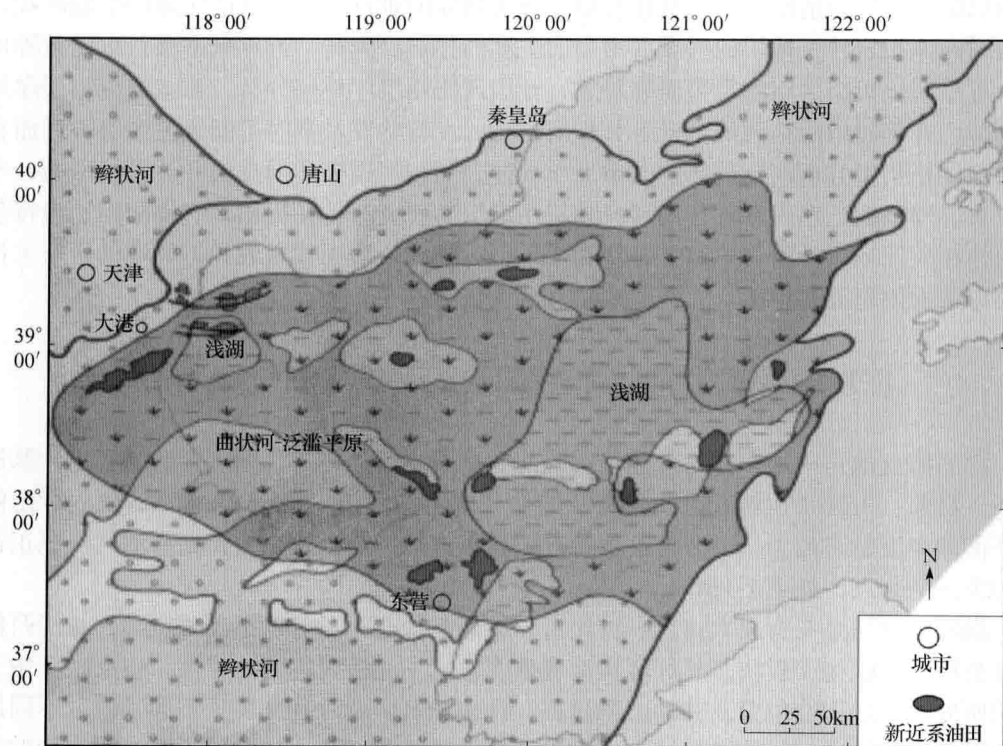


图 1-1 渤海湾盆地新近纪岩相古地理与已发现的新近系油田分布图

1.2 黄骅拗陷新近系研究现状与油气藏特征

黄骅拗陷属于渤海湾盆地的一部分，石油工业部和地质部于 1960 年开始在黄骅拗陷进行油气的普查和勘探工作。在 1961 ~ 1963 年期间，地质部第一普查大队对黄骅拗陷进行了调查，并进行了少量钻探工作。在位于羊三木构造的黄 3 井新近系馆陶组中首次发现了工业性油气流，揭开了黄骅拗陷大规模油气勘探的序幕。黄骅拗陷经过近 40 年的勘探开发后已达到了油田发展的中后期，油气资源的探明程度不断增高，这意味着既有继续开发的余地又隐伏着颠峰过后的危机。当前，能否在新近系获得重要突破的关键是在技术与研究思路上的突破与更新。新一轮黄骅拗陷的资源评价成果表明，新近系

的总资源量为 5.13 亿吨。虽然在明化镇组和馆陶组中已探明了新近系总资源的 44.45%，但是在明化镇组和馆陶组中的潜在资源量仍占新生界总资源的 51.53%。截至目前，累计探明新近系石油地质储量 2.332 亿吨（包括赵东 3754 万吨），占整个黄骅坳陷油田总储量的 26%。黄骅坳陷新近系油气藏主要为构造油气藏类型，进一步分为背斜油气藏、断鼻油气藏和断块油气藏三个亚类，其中背斜油气藏还可细分为披覆背斜油气藏、复合背斜油气藏和逆牵引背斜油气藏（孙喜新，2005）。黄骅坳陷新近系油气藏主要分布于继承性活动大断层下降盘逆牵引构造及邻近凹陷的凸起上，油藏类型主要是披覆背斜和断鼻构造。在中央隆起带，其顶部的古近系往往遭受剥蚀，而新近系拱生圈闭披覆在其顶部，形成了新近系油气藏，如新近系的港西油田、孔店油田、羊三木油田。该圈闭类型含油规模较大，探明的石油地质储量占新近系总探明储量的 61%。在凹陷中，二级断层两侧的圈闭是新近系油气分布的良好场所，如港东油田、联盟、唐家河等含油构造分别分布在港东及唐家河断层两侧，并具有一定的含油规模，其探明的石油地质储量占新近系总探明储量的 29.8%。在黄骅坳陷缓坡带，新近系具有良好的生、储、盖特征和油气显示，也显示该区新近系具有较好的油气勘探前景，砂体规模大、储集条件好。受主干断裂控制，油气在横向上沿构造单元分布，在纵向上相互叠加，具有复式油气聚集特征。在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，以断层、不整合面、砂岩疏导层为主的油气运移通道与斜坡背景发育的各类圈闭相配置，构成缓坡带不同层系、不同类型油气藏叠置、连片含油的油气成藏特点。如羊二庄油田明化镇组和馆陶组储集物性较好，属于 I ~ II 类储层，以构造油气藏为主，其次为岩性油气藏。此外庄海 8D-2、庄 10、庄 8、庄 15 和新庄 7 等井的新近系馆陶组也都已经发现了较好的油气显示。

前人曾在 20 世纪 80 年代中期对该区新近系河流相进行了研究，由武汉地质学院北京研究生院与大港油田石油勘探开发研究院共同完成了《黄骅坳陷第三系沉积相及沉积环境》（王德发等，1987），提出了新近系以河流相沉积为主，划分了两种沉积相类型，分别为辫状河相和曲流河相，通过以岩、电为主的地层对比方法，开展了部分层段的小层砂岩对比，制作了砂岩等厚图。研究成果表明，其物源主要来自北部的燕山褶皱带、西部沧县隆起和南部的埕宁隆起区。以上观点和认识一直沿用到现在，但由于以往人们普遍关注的是构造圈闭，对黄骅坳陷新近系明化镇组、馆陶组内潜在的岩性-地层圈闭的研究尚显不足，而且尚未从层序地层学角度入手开展研究工作，导致对新近系明化镇组、馆陶组的等时地层格架及其沉积体系的空间展布缺乏明确的认识，从而影响了该区的新近系隐蔽油气藏尤其是岩性-地层油气藏的勘探部署。当前能否在新近系获得重要突破的关键是技术与研究思路上的突破与更新。因此，以层序地层学为指导，综合运用现代沉积体系分析和沉积学研究的思路和方法技术开展新近系河流相层序地层和沉积体系研究具有重要的现实意义。

1.3 河流相层序地层学研究现状

河流相沉积学属于沉积学的一个重要分支，近年来受到越来越多的研究者广泛关

注。特别在一些陆相产油国家,对河流沉积学的研究极为重视。在美国已发现并投入开发的河流相砂岩储层很多,包括辫状河道和曲流河点砂坝。在加拿大对陆相油田河流砂岩储层的研究成果尤其引人注目,如艾伯塔的辫状河道砂岩储层和萨斯卡彻温省中西部下白垩统的网状河道砂岩储层的研究成果即是典型的代表。

中国是一个陆相产油大国,其中分布于河流相砂岩及三角洲相砂岩储层中的石油储量约占已探明储量的80%。如鄂尔多斯盆地延安组曲流河砂岩储层、松辽盆地泉头组辫状河及曲流河砂岩储层、吐哈盆地中侏罗统辫状河砂岩、玉门老君庙油田古近系间泉子组辫状河道砂岩等。

尽管早在19世纪人们已对“洪积物”进行过讨论,但对于河流沉积学的研究,真正的起步阶段是在20世纪50年代末和60年代初。在1977年召开了由沉积地质学家、河流工程学家和地貌学家参加的第一届国际河流沉积学学术会议,此后每四年举行一次,目前已经召开了7次。在世界科学家的共同努力下,河流沉积学得到了长足的进步和发展。例如,建立了河流沉积环境的垂向相模式,这种垂向序列模式在以一维钻孔资料和露头剖面资料中得到广泛的应用。结构分析作为一种使复杂的二维或三维野外资料系列合理化的手段也得到了普及。

近年来,科学家特别重视河流层序的控制因素研究,其中特别引人注目的是层序地层学概念在河流层序中的应用,讨论海平面升降、气候、构造活动和沉积物补给等因素对河流层序控制作用及其差别,围绕着河流层序的最大控制因素进行了深入的研究。国外一些学者自20世纪80年代末便开始尝试将层序地层学应用于近海的冲积-河流环境。Posamentier等(1988)对近海冲积河流环境进行了层序地层学的应用研究,提出了冲积层序地层学模式。加拿大陆相层序地层学研究组对近海陆相冲积野外露头与钻井资料进行了分析与研究,Marriott和Wright(1993)提出一个与海平面变化、可容纳空间、冲积建造和土壤或古土壤发育相关联的河流相层序模式,强调冲积体系成因的复杂性。此外,Shanley和McCabe(1991,1993)在对冲积体系露头的研究中,都将近海陆相冲积层的发育演化与海平面的升降联系了起来,建立了陆相冲积-河流地层的层序地层学模式。显然,国外学者对陆相冲积-河流地层的这些研究成果大多还都集中在近海环境中,通过海相夹层来揭示陆相地层的层序地层特征,并没有摆脱经典层序地层学理论中关于海平面升降控制层序(包括陆相层序)发育的思路。但是内陆地区的河流往往与海水或海平面变化没有联系,导致了内陆河流相层序地层学研究的复杂性。在国内,随着层序地层学的发展和勘探程度的提高,特别是由于近年来对于河流相砂体中的油气资源以及河漫物质中煤等资源的开发利用等方面的日益重视,人们对河流相层序地层学进行了深入研究,特别是在我国陆相盆地中的河流相发育得很好,使得我国河流相层序地层学的研究成为一个热点。例如,董春梅(2006)提出了基于河流水位变化的河流相层序地层划分方法,以洪泛面作为等时性对比的标志。邓宏文(1997,2006)提出了将高分辨率层序地层划分与对比技术应用于冲积-河流相层序地层研究。因此,无论是国外的近海环境下冲积-河流相层序地层学研究,还是国内陆相环境中的冲积-河流相层序地层学研究,就目前研究进展及研究程度而言,尚处于起步或者初期阶段,研究的难度较大,主要表现在:①所提出的冲积-河流相层序地层模式呈现出百花齐

放、百家争鸣的局面,尚未形成统一的认识或标准;②对于远离海或大湖的巨厚的河流相沉积地层,如何开展河流相层序地层研究一直是一个难题,其原因在于该类河流的受控因素复杂,常常缺乏明显的划分和对比标志(如海平面、湖平面),导致研究的难度较大;③关于冲积-河流相地层的体系域类型其垂向组合等也有待于进一步的研究和规范;④由于沉积物的物源多且供应充足,砂岩发育,横向上岩性变化快,缺乏广泛分布的湖相泥岩、煤层、古土壤面,导致了对层序内部旋回界面的识别与追踪存在很大困难。

1.4 黄骅拗陷河流相层序地层学的研究思路与方法

黄骅拗陷新近系沉积物以河流相为特点,属于拗陷型冲积盆地,形成于大型断陷湖盆的拗陷发育阶段。该拗陷型盆地的河流相地层记录具有以下特点:①盆地发育于断陷湖盆的晚期拗陷阶段;②构造活动相对较弱,基底沉降速率明显较低;③盆地内地形较为平缓,地形坡降小,在盆地边缘通常不存在明显的地形坡折;④充填地层的底部发育不整合面,并呈披盖状覆盖于下伏地层之上,地层厚度相近;⑤盆地内充填物以河流相粗碎屑岩为主,无湖相碳酸盐岩;⑥盆地内以河流相广泛分布为特征,仅在沉积中心分布有少量湖泊相区;⑦河流相的相带窄、相变迅速,相类型复杂;⑧河流相地层厚度巨大,湖相夹层较少,海(湖)平面升降对河流相层序形成和发育的控制作用很小;⑨冲积河流相地层在地震剖面中多表现为水平或近于平行的强弱振幅交互的反射特征,很难运用地震地层学方法,即依据地震反射几何形态及反射终止类型,进行层序分析和地层解释。

由于黄骅拗陷新近系的以冲积-河流相为主、砂体横向变化大、海(湖)平面升降对层序形成和发育的控制作用很小等特点,层序形成和发育影响因素较多,层序地层研究难度较大。我们认为经典层序地层分析方法在黄骅拗陷型盆地河流冲积相地层中并不一定适用,三级层序的体系域三分构成模式也不一定能够反映河流相地层的发育特征。因此,本次研究的关键问题是如何将以海平面升降为标志的海相层序地层学转化为以湖平面升降为标志的湖相层序地层学,进而转化为洪泛面变化为标志的河流相层序地层学。

虽然高分辨率层序地层学理论及其技术方法已引入中国石油勘探开发领域,但是如何将层序地层学的概念和方法应用到河流相层序地层学和有利储集体的预测之中仍处于探索阶段。本次将采用高分辨率层序地层学理论及其技术方法作为拗陷型盆地河流相层序地层分析的指导思想,该理论的核心是基于基准面旋回原理的层序划分和基于旋回等时对比法则的对比技术,这一技术方法的重点是利用较长期地层旋回中的洪泛面和层序界面的等时性建立等时地层格架,研究等时地层格架内较短期地层旋回中的砂体成因类型、沉积序列、产出位置和几何形态及其控制作用。因此,本次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。首先以钻井取芯资料、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,建立新近系的等时性地层格架。在层序地层格

架的基础上,结合区域地质资料、岩矿分析和重力等资料等,进行全区追踪对比及地震相的地质解释,进而在地层格架中确定和评价河道砂体的时空展布规律和预测标志,在等时性地层单元内建立沉积体系划分和对比关系,结合测井、地震资料和在钻井岩芯观察到的岩石特征、沉积构造和生物相特征等的基础上,重点开展物源分析和砂体分散体系分析,以长期旋回层序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内沉积体系平面分布图的基础,刻画黄骅坳陷新近系各层序内河流沉积体系分布和演化规律,预测河道砂体的时空展布规律,为预测黄骅坳陷新近系油藏富集规律和筛选有利目标提供可靠的科学依据。在此基础上,提出具有黄骅坳陷特色的河流相层序地层与沉积体系研究思路和方法,对黄骅坳陷新近系油气勘探和开发提供重要的指导作用。此外,本项以坳陷型盆地河流相为特色的层序地层学和沉积体系的研究成果可为我国其他河流相层序地层研究工作提供方法上的指导与借鉴。

1.5 研究过程与主要成果

大港油田科技处和地质开发研究院自2005年以来对黄骅坳陷新近系河流相地层开展了持续性的层序地层与沉积体系研究,先后完成了《黄骅坳陷(陆上)新近系沉积体系》(2005)、《大港滩海馆陶-明化镇组沉积体系与沉积相研究》(2005)、《大港滩海馆陶-明化镇组古湖盆存在证据研究》(2005)、《北大港地区明化镇组河道砂体地球物理特征研究与目标评价》(2005)、《关家堡开发区储层精细预测与刻画研究》(2006)、《港西新三维第三系河道砂体识别描述与综合评价》(2007)、《埕北地区新近系河流相层序地层学与沉积体系研究》(2007)、《港西油田西部上第三系地震资料储层反演预测研究》(2008)、《港西油田东部上第三系地震资料储层反演预测研究》(2008)和《港西浅层含气砂岩精细刻画》(2010)等项目。本书正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1章由李勇、廖前进编写;第2章由廖前进、肖敦清、蒲秀刚、袁淑琴编写;第3章由廖前进、肖敦清、蒲秀刚、袁淑琴编写;第4章由李勇、蒲秀刚、陈蓉、赵瞻、贾莉红、梁园编写;第5章由李勇、陈蓉、赵瞻、梁园、张威、颜照坤编写;第6章由廖前进、肖敦清、蒲秀刚、袁淑琴编写;第7章由李勇、陈蓉、赵瞻、梁园、何川、颜照坤编写;第8章由廖前进、李勇编写;全文由李勇、廖前进编纂定稿。

第2章 黄骅拗陷新近系河流相地层发育的地质背景

2.1 渤海湾新生代盆地的构造背景

2.1.1 渤海湾新生代盆地的构造背景

渤海湾盆地是我国油气最富集的新生代盆地，经长期勘探业已积累了丰富的地质资料，一直是我国学者研究盆地动力学的重点地区，形成了多种认识。关于渤海湾地区新生代区域动力学背景，目前存在着两种观点：一种是认为由于西部太行山热流隆升，所引起的均衡作用导致断陷盆地的形成；另一种是认为由于东部太平洋板块的俯冲，对渤海湾盆地以及中国东部盆地产生作用造成断陷盆地的形成。在20世纪80年代以前，研究者提出了断陷盆地的观点，在80~90年代一些研究者又提出了裂谷盆地的观点，随着勘探程度的提高以及新认识的不断发展，有学者又提出了走滑拉分盆地的观点。代表性的观点和认识有：裂谷盆地（李德生，1980；田在艺和韩屏，1991）、弧后断陷-拗陷盆地（陈发景和吴振明，1981）；大陆内裂陷盆地（陈发景，1996）、张扭性盆地（李思田，1995）、拉张与扭张复式盆地（何斌，2001）、走滑-拉张裂陷盆地（刘泽容，1982；池柳英和赵文智，2000）和拉分盆地（宋新民，1995）。

渤海湾盆地是在华北地台背景上发育起来的，是由一系列古近、新近纪楔状拗陷及伴生的隆起组成的大型陆相断陷盆地。渤海湾盆地新生代构造是以相对独立而有关联的伸展构造系统和走滑构造系统的叠加为基本特征。古近系构造层的断裂以NE—NNE向为主，新近系及第四系构造层则沿郯庐断裂带发育大量近EW向断裂。

通常称谓的渤海湾盆地实际上是一个新生代盆地，其内部的拗陷、隆起等构造单元的划分主要是以古近系地层分布为参照。渤海湾新生代盆地充填的沉积地层可以分为两个亚构造层，古近系主要充填在由正断层控制的断陷中，新近系和第四系则覆盖于断陷及断陷之间的凸起上，使整个渤海湾盆地成为一个统一的整体。渤海湾盆地内发育数十条基底大断裂，在新生代均为张性正断层，垂直断距为数百至数千米，最大可达万余米，水平断距可达5~10km，从而将渤海湾盆地分割成大小不一、形状各异、高低不同的基岩断块体，形成渤海湾盆地拗陷与隆起相间的构造格局。

2.1.2 渤海湾新生代盆地的构造单元

渤海湾盆地东与鲁西隆起和胶辽隆起相接，西与太行山隆起毗邻，南与秦岭褶皱带相邻，北与燕山褶皱带接壤（图2-1），面积约 $20 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。盆地的形态不规则，其轮廓形似一个中部膨大的斜歪的“N”型，南、北两端较窄，中部较宽，南侧过渡到南华

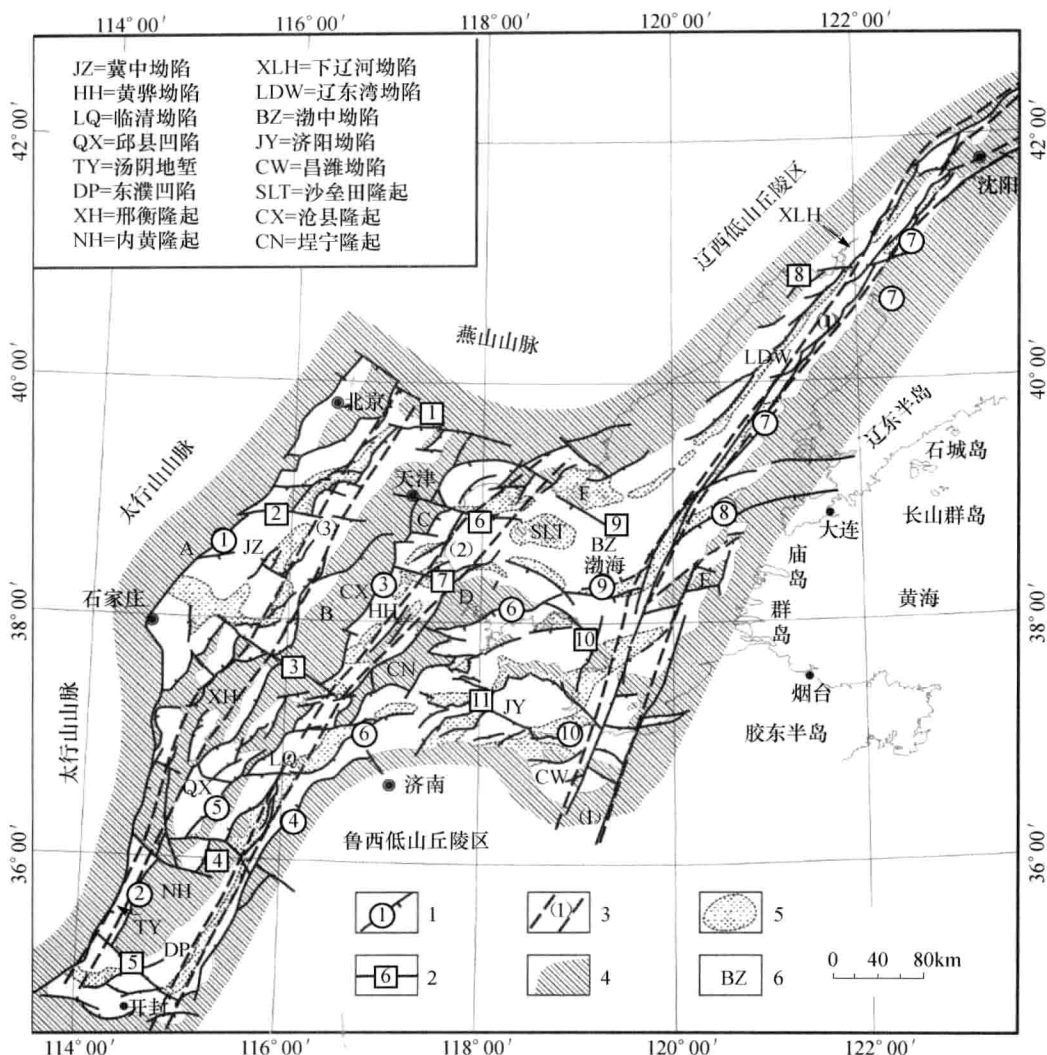


图 2-1 新生代渤海湾盆地构造简图 (漆家福, 2004)

1. 主要伸展断层: ①太行山前断层, ②汤阴地堑东边界断层, ③沧东断层, ④聊兰断层, ⑤邱县凹陷东边界断层, ⑥济阳坳陷北边界断层, ⑦下辽河—辽东湾坳陷东边界断层带, ⑧渤中凹陷西边界断层, ⑨渤中凹陷东边界断层带, ⑩昌潍坳陷北边界断层; 2. 区域性变换断层: ①冀中坳陷北缘断裂带, ②牛南断层, ③石家庄—衡水断层, ④内黄隆起北缘断裂带, ⑤内黄隆起南缘断裂带, ⑥海河—新港断裂带, ⑦羊三木—羊二庄断裂带, ⑧辽河口近 EW 向断裂带, ⑨秦南断裂带, ⑩埕岛—垦利断裂带, ⑪无棣—石村断裂带; 3. NNE 向右旋走滑构造系统的主位移带: (1) 沈阳—潍坊断裂带, (2) 黄骅—东明断裂带, (3) 霸县—束鹿—邯郸断裂带; 4. 缺失古近系的隆起和高凸起; 5. 坳陷内部的低凸起; 6. 主要构造单元名称, 代码说明见图左上角

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, 盆地

内部则可以依据盆地盖层的厚度分布、分割性区域断裂等要素划分为七八个拗陷和若干分隔拗陷的隆起等二级构造单元。裂陷区的地壳厚度大致为28~32km,盆地内部及周边隆起区的地壳厚度一般为32~36km。在平面上,渤海湾盆地区由三个NNE向的盆地构造带和两个隆起构造带相间排列组成,自西向东依次是:①冀中—汤阴盆地带;②沧县—内黄隆起带;③黄骅—东濮盆地带;④沙垒田(海中)—埕宁隆起带;⑤下辽河—辽东湾—渤中—济阳盆地带。其中,黄骅—东濮盆地带与下辽河—辽东湾—渤中—济阳盆地带呈右阶错列排列,显示了这些盆地带的形成与右行走滑作用相关。其中三个盆地带与三条NNE向大断裂相关,自西向东依次是:太行山山前断裂带、沧东—兰辽断裂和郯庐断裂带。

在此基础上,可进一步将其划分为6个盆地和5个隆起。其中6个盆地分别为冀中盆地、黄骅盆地、临清—东濮盆地、下辽河—辽东湾盆地、渤中盆地和济阳盆地;5个隆起分别为沧县隆起、邢衡隆起、内黄隆起、沙垒田隆起和埕宁隆起。各个盆地可进一步划分出若干凹陷和凸起作为三级构造单元,它们又由不同类型和样式的更次级构造单元组成。

2.2 黄骅拗陷的构造单元划分

2.2.1 黄骅拗陷的构造单元划分

黄骅拗陷属于新生代的断拗盆地,为渤海湾盆地内的次级拗陷,位于天津市东南部和河北省东部的渤海沿岸地区,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。

黄骅拗陷内部发育T型相交的NNE向和近EW向深断裂,深断裂将其分隔成东、西、北3个区域,并具有不同结晶基底和地质演化历史。黄骅拗陷是在T型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。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,在部分地段拗陷内部有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向的宁河断裂和NE—NEE向的滦河断层为界与燕山—秦皇岛隆起分隔;东北角断续与渤中的秦南凹陷过渡;自北向南由宽变窄,南部大致以衡水—德州断裂为界过渡到临清拗陷,二者界线也比较模糊。

黄骅拗陷基本上是以古近系分布区域来确定其范围的,即实际上是指古近系沉积拗陷。《中国石油地质志大港油田分册(卷四)》根据第三系的沉积厚度分布将黄骅拗陷划分为10个“凹陷”和分隔凹陷的25个“构造带”。这一构造单元划分方案一直在大港油田地质勘探中沿用,对油气勘探起到了指导性作用。

黄骅拗陷内部单个古近纪断陷的结构形态主要受5个断裂系统、特别是3个伸展断裂系统的控制，而整个黄骅拗陷古近纪断陷是以沧东断层、滦河断层为边界的西断东超、北断南超的复式半地堑系。位于沧东断层、滦河断层上盘的基底断裂的复杂演化历史和叠置构造变形使古近纪断陷结构复杂化，从而控制沉积凹陷形成和演化过程的复杂化。

黄骅拗陷内部发育的次级凹陷具有东西分界和南北分区的特点（图2-2）。东西分界以徐杨桥、黑龙江—孔店—北大港—老王庄—柏各庄—马头营等中央凸起带为界，分为东侧凹陷和西侧凹陷，西侧自南而北发育吴桥、南皮、沧东、常庄、板桥、北塘和乐昌（乐亭和昌黎）等凹陷，东侧发育有盐山、歧口和南堡等凹陷。南区与中区以羊二庄—黄骅一线为界，南区发育有吴桥、南皮、沧东、常庄和盐山5个次级凹陷。中区与北区以海河断裂为界，发育板桥和歧口2个次级凹陷。北区在海河断裂以北，发育有北塘、乐昌和南堡3个次级凹陷。次级凹陷长轴延伸方向在各个区块也不尽相同，其中南区的延伸方向是NNE向，中区转为NE向，而北区则为近EW向，这说明了次级凹陷的长轴有顺时针转动的趋向。

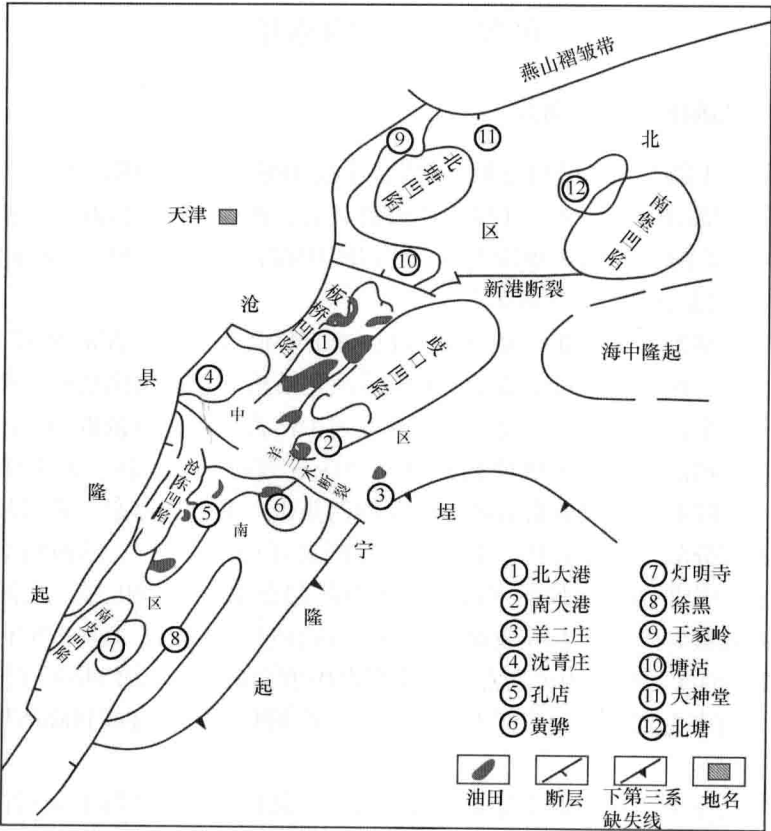


图 2-2 黄骅拗陷构造单元划分图（据大港油田资料编绘）

1. 埕宁隆起

埕宁隆起是渤海湾盆地里最重要的隆起之一(图2-3),它位于燕山褶皱带以南、沧县隆起以东、海中隆起以西、车镇凹陷以北,是一个重要的二级构造单元。分布于黄骅拗陷的东南部,总体构造特征显示为北缓南陡的不对称隆升区,其西北侧与歧口凹陷以缓坡相接,东南侧以陡坡与车镇凹陷相连。其形成于中生代燕山运动,古近纪强烈隆升,剥蚀作用强烈,成为物源区;新近纪构造活动减弱,隆升和剥蚀作用降低,大部分地区被新近系馆陶组、明化镇组覆盖。

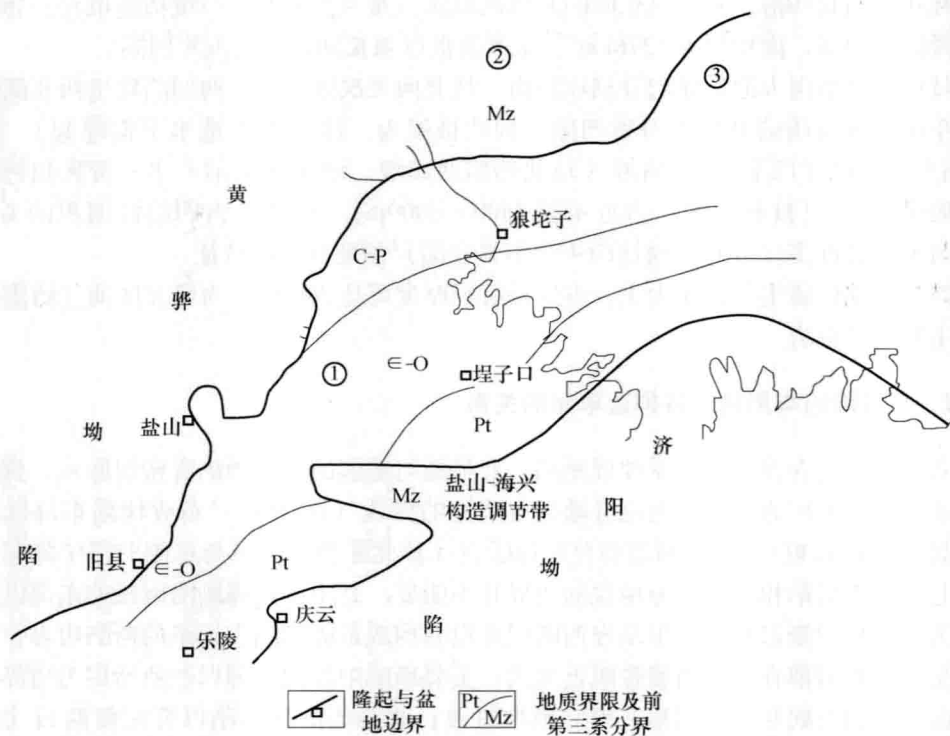


图2-3 埕宁隆起构造单元划分及前第古近系古地质图(引自《第三系石油地质基础》)

①子口断块区;②埕北断块区;③沙垒田—马头营断块区

埕宁隆起位于黄骅拗陷的南部,总体形态为一向北西凸出的弧形隆起带,是黄骅拗陷的主要物源区。埕宁隆起与黄骅盆地间界线由南向北存在一定变化,盐山以南基本上为缓渐变过渡,隆起与歧口凹陷之间无明显控盆断裂;盐山至羊二庄段以陡坡过渡为特点,隆起西界出现陡直的平面式断层,具有一定的落差。而羊二庄—海5井段走向偏转为近东西向,隆起与盆地边界呈现断阶接触关系,埕北断阶带是隆起与盆地的过渡区(大港油田科技丛书编委会,1999)。

埕宁隆起区地震勘探程度低,据重磁资料推测隆起为一SE向抬升的复杂单斜构造。依其内部地质结构差异也可分为三个断块区,即埕子口断块区、埕北断块区及沙垒