

渤海海域油气地质与勘探进展丛书（卷二）

渤海海域古近系层序沉积 演化及储层分布规律

夏庆龙 周心怀 李建平 等著
辛仁臣 徐长贵



石油工业出版社

中国地质大学(北京)地质研究所 地质研究所 地质研究所

渤海海域古近系层序沉积 演化及储层分布规律

王世军 王世军 王世军
王世军 王世军 王世军



地质出版社

渤海海域油气地质与勘探进展丛书（卷二）

渤海海域古近系层序沉积 演化及储层分布规律

夏庆龙 周心怀 李建平 辛仁臣 徐长贵 等著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了渤海海域古近系层序、沉积演化及储层分布规律, 主要内容包括区域地层及地质演化历史、层序地层格架、层序分布特征及主控因素、沉积体系类型及其特征、沉积体系的分布及主控因素、砂岩储层特征及优质储层分布预测, 深化了渤海海域乃至整个渤海湾盆地的地质认识, 对相关区域的油气勘探开发及相关研究工作具有重要的参考价值。

本书可供从事地质研究和油气勘探的科技人员及石油高等院校相关专业师生阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

渤海海域古近系层序沉积演化及储层分布规律/夏庆龙等著.
北京: 石油工业出版社, 2012. 12
(渤海海域油气地质与勘探进展丛书; 2)
ISBN 978-7-5021-9373-7

I. 渤…

II. 夏…

III. ①渤海-海域-油气藏-地层层序-沉积演化-研究

②渤海-海域-油气藏-储集层-分布规律-研究

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 283015 号

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 保定彩虹印刷有限公司

2012 年 12 月第 1 版 2012 年 12 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 11.75

字数: 294 千字 印数: 1—1000 册

定价: 100.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

序

“渤海海域”本为一地理概念，海域面积约7.3万平方千米，为避免与渤海湾盆地混淆，本丛书将渤海湾盆地现今海域部分，冠以“渤海海域”的名称，作为所含地质单元的总称。

渤海海域是整个渤海湾盆地自古近纪以来由周边山前和隆起区逐步剥蚀夷平、伸展裂陷、沉降充填、由水域覆盖变成陆地的变化过程中目前仅存的水域部分。从地质构造单元上分析，渤海海域是渤海湾盆地的组成部分，由北部的下辽河拗陷（辽河油田）向海域延伸的辽西凹陷、辽中凹陷、辽东凹陷、辽西凸起、辽东凸起等单元；西南部的黄骅拗陷（大港油田）向海域延伸的歧口凹陷、北塘凹陷、南堡凹陷等单元；南部的济阳拗陷（胜利油田）向海域延伸的青东凹陷、莱州湾凹陷、黄河口凹陷、莱北隆起等单元和渤中拗陷组成。这些构造单元是随着渤海湾盆地发育、发展起来的，与渤海湾盆地基本上具有同样的发育、发展、充填历史，但是郯庐断裂带的贯穿和长期影响又使其具有自身的特殊性。

从20世纪60年代起，渤海海域油气勘探走过了40多年漫长而曲折的探索之路。20世纪60年代至90年代的30年间，经历了自营探索和对外合作的两大阶段，由于资金投入有限，勘探工作量少，对渤海海域油气地质条件认识肤浅，加上早期海洋勘探技术水平低，因此，渤海海域的油气勘探没有太大进展。至90年代，经过长期探索总结，通过对海、陆油气地质条件和成藏规律的对比分析，终于发现了海域油气成藏条件与周围陆地的差异及其自身的特殊性，开辟了海域油气发现的新领域。在短短几年内，陆续发现了新近系的一系列大油田，使海域石油地质储量迅猛增长，自1995年以后10年发现的油气地质储量是这之前30多年的5倍多。截至2010年，渤海海域已发现各级石油地质储量47.4亿立方米，其中探明储量26.5亿立方米，天然气地质储量2967亿立方米，其中探明储量1845亿立方米；年产油气3005万吨，油气产量名列渤海湾盆地各油区之首，也为中国海洋石油总公司建设“海上大庆”立下了汗马功劳。

2006—2009年，在前石油工业部王涛部长的主持下，中海石油（中国）有限公司天津分公司与中国石油大学（北京）组织联合研究队伍，围绕“渤海湾地区油气形成富集与分布预测”，对渤海海域构造演化、沉积充填、油气形成与富集规律进行了全面系统的研究。研究成果不仅提升了对渤海海域形成演化、油气分布规律整体认识的水平，同时坚定了渤海海域油气勘探进一步上台阶的信心。将这些研究成果整理、集结出版，不仅可以丰富我国陆相盆地石油地质理论，同时对促进渤海海域及邻区的油气勘探具有借鉴意义。

前 言

渤海海域古近系发育许多富烃凹陷。对富烃凹陷而言，储层是决定油气勘探成败的关键因素之一。本书在渤海海域古近系储层研究技术路线、储层发育地质背景讨论的基础上，系统总结了渤海海域古近系层序地层格架、层序分布及主控因素、沉积体系类型及特征、沉积体系的分布及主控因素、砂岩储层的特征及优质储层分布规律。

渤海海域古近系可划分为4个超层序、13个层序。孔店组、沙四段、沙三段、沙二段—东营组相当于4个超层序。孔店组可划分出3个层序，沙四段可划分出2个层序，沙三段可划分出3个层序，沙二段—东营组可划分出5个层序。

不同凹陷层序发育具有明显的差异性。南部的青东凹陷、莱州湾凹陷古近系下部的孔店组、沙四段较发育，而古近系上部的东营组相对较薄，且东营组上部剥蚀量较大。中、北部黄河口，渤中，辽东湾凹陷古近系下部的孔店组—沙四段厚度变化大，而东营组相对较厚。秦南凹陷各层序厚度变化大。渤海海域古近系呈隆凹相间的复杂构造—地貌格局，古地貌对层序的特征与分布具有明显的控制作用。

渤海海域古近系发育的沉积体系类型有冲积扇及冲积平原、扇三角洲、辫状河三角洲、曲流河三角洲、网状河三角洲、湖泊、湖底扇体系。

沙三段超层序以扇三角洲和辫状河三角洲为主要富砂沉积体。沙一段层序、沙二段层序扇三角洲减少，辫状河三角洲增多，钙质滩发育。东三段层序继承了沙一段层序、沙二段层序沉积特征，但钙质滩不发育。东二段层序沉积体系以多种类型三角洲发育为特征，有扇三角洲、辫状河三角洲、曲流河三角洲、网状河三角洲。东一段层序以辫状河三角洲和曲流河三角洲共同发育为特征。

渤海探区古近系储集性沉积体系勘探程度低，勘探潜力巨大。多种母岩类型和不同的沉积过程决定了砂岩储层成分—成因类型的多样性，不同层位、不同区域砂岩储层成分—成因类型存在差异。总体上，古近系砂岩储层以富长石砂岩类占优势。

砂岩储层经历了复杂的成岩作用，存在多种成岩相。主要成岩作用类型有压实和压溶作用、胶结作用、交代作用、蚀变作用、溶解作用、黏土矿物转化。不同层位成岩相有明显差异。沙三段超层序砂岩储层成岩相以中强溶解—中强胶结为主，沙一段—沙二段层序砂岩储层成岩相以中强溶解—中胶结为主，东三段层序储层成岩相以中强溶解—中胶结为主、压实—弱胶结为辅，东二段层序砂岩储层为压实—弱胶结和中强溶解—中胶结成岩相并举，东一段层序储层成岩相以压实—弱胶结为主、中强溶解—中弱胶结为辅。同一层位不同部位成岩相有变化。

砂岩储层的储集性能受多因素影响，主要影响因素有成岩相、砂岩结构和成分成熟度、地温梯度、超压以及早期胶结物的类型。根据渗透率和孔隙度，把渤海湾盆地古近系的砂岩储层分为4类，分别为好储层、中等储层、差储层和极差储层。沙三段超层序的中等—好砂岩储层主要分布于各凹陷断坡和缓坡带，沙一段—沙二段层序断坡和缓坡带的中等—好砂岩储层分布区扩大，东三段层序的中等—好砂岩储层分布于缓坡带及断坡带，东二段层序的好

砂岩储层广泛分布，东一段层序的砂岩储层普遍为好砂岩储层。

本书由夏庆龙、周心怀、李建平、辛仁臣、徐长贵、赖维成、滕玉波、杜晓峰、杨波、李慧勇执笔，刘豪编绘了部分图件，刘占红、李春荣、向淑敏、宫海婕、郭涛、张翼、张春卉、张雪辉、邓奇、剧永涛、杨松林、宋大玮、姚哲、袁竞、于圣杰、赵小娇、孙思军、张黎、左小军、刘海涛、李世燕、何虎庄、张梦紫、宋修艳、王钧、刘艺萌、鲁琼芳等参加了基础数据的整理、统计、图件清绘、书稿校对等工作。

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 渤海海域古近系储层分布规律研究的意义	(1)
第二节 相关领域国内外研究现状简述及技术路线	(3)
第三节 主要工作量及主要成果认识	(5)
第二章 区域地层及地质演化历史	(14)
第一节 区域地层特征	(14)
第二节 区域沉积演化	(17)
第三节 区域构造演化	(20)
第三章 古近系层序地层格架	(22)
第一节 渤海海域古近系层序地层划分方案	(22)
第二节 不同层序的古生物学特征	(28)
第三节 层序构成特征	(32)
第四节 层序关键界面特征	(50)
第五节 主要凹陷层序发育特征的差异性	(67)
第四章 古近系层序分布特征及主控因素	(72)
第一节 不同层序厚度平面展布特征	(72)
第二节 渤海古近纪各层序构造—古地貌特征	(80)
第三节 构造—古地貌对层序、沉积的控制	(82)
第五章 古近系沉积体系类型及其特征	(87)
第一节 冲积扇体系和扇三角洲体系	(88)
第二节 辫状河三角洲体系	(91)
第三节 曲流河三角洲体系和网状河三角洲体系	(94)
第四节 湖泊体系	(97)
第五节 湖底扇	(99)
第六章 沉积体系的分布及主控因素	(104)
第一节 渤海湾地区现代水系及古水系	(104)
第二节 各层系沉积体系的分布规律	(107)
第三节 构造—古地貌和物源供应对沉积体系的控制	(117)
第四节 渤海海域古近系沉积体系的演化及沉积模式	(122)
第七章 砂岩储层特征及优质储层分布预测	(129)
第一节 母岩特征及砂岩储层成分—成因类型	(129)
第二节 砂岩储层成岩作用及成岩相	(143)
第三节 砂岩储层的储集性能的影响因素	(159)
第四节 渤海海域古近系优质储层分布	(164)
参考文献	(175)

第一章 绪 论

第一节 渤海海域古近系储层分布规律研究的意义

渤海海域位于渤海湾盆地中东部（图 1-1），面积约 $4.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。大量的勘探和研究表明，渤海湾盆地油气资源极其丰富，多数凹陷为富油气凹陷（文志刚等，2011；贾承造等，2008；牛嘉玉等，2008；李小地，2006；赵政璋等，2005；翟光明、何文渊，2005；潘元林等，2005；赵文智等，2005；赵文智等，2004；帅德福等，2004；李丕龙，2003；袁选俊、谯汉生，2002）。

勘探事实业已证明，在渤海湾盆地，与生油凹陷毗邻的正向二级构造带具有多种类型的圈闭，是油气聚集的有利场所。如歧口凹陷北大港构造带位于板桥与歧口凹陷之间，发现 7 个含油层系，形成了背斜、断鼻、断块、岩性、潜山等类型的油气藏，包含了板桥、唐家乡、港东、港西、港中、马西、周清庄等油田或含油构造，形成了古近系自生自储（板桥、港中、白水头等油藏）、新近系下生上储（港东、港西等油田）、前古近系新生古储（港西潜山奥陶系含油断块）油气藏（孙希敬，1999）。东营凹陷陡坡带、缓坡带、中央背斜带、洼陷带都可形成油气富集带，造成无论构造高部位还是构造低部位、凹陷区，无论是中浅层还是中深层都可成藏（李丕龙，2003）。截至 2009 年年底，渤海海域共发现 53 个油气田，获得石油地质储量 $33.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、天然气（含溶解气） $2388 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，其中探明石油储量 $22.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，探明天然气（含溶解气）储量 $1593 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。已发现的 53 个油气田中仅有 2 个为气田，说明渤海油气田以油为主（王应斌等，2010）。在潜山、古近系、新近系，在凸起带、断坡带、斜坡带及凹陷内部均有油气藏发现（王应斌等，2010；邹华耀等，2010；薛永安等，2008，2007，2006）。

由此可见，储层特征与分布是富油气凹陷油气成藏的关键。揭示储层特征与分布的有效途径是进行系统的层序地层学、沉积体系、成岩作用及储层物性研究。

本书主要研究内容如下：

（1）层序地层划分及区域对比研究。

建立渤海湾盆地海域古近系二级—三级层序划分方案，查明主要三级层序的关键界面及层序构成特征，对渤海海域各凹陷古近系进行层序地层分析、对比，编制跨不同构造单元的层序地层对比剖面图、三级层序厚度图。分析层序发育的主控因素，建立不同构造单元、不同构造带层序地层学模式，以指导沉积体系分析和储层、隐蔽圈闭预测。

（2）沉积体系展布及成因模式研究。

研究渤海湾盆地海域古近系发育的沉积体系（沉积相）类型，建立相标志；以三级层序为单元，重建沉积体系的空间分布。编制跨不同构造单元的沉积体系对比剖面图、各三级层序沉积体系平面图。分析沉积体系的主控因素，建立不同构造单元不同构造带沉积模式，以指导储层、隐蔽圈闭预测。

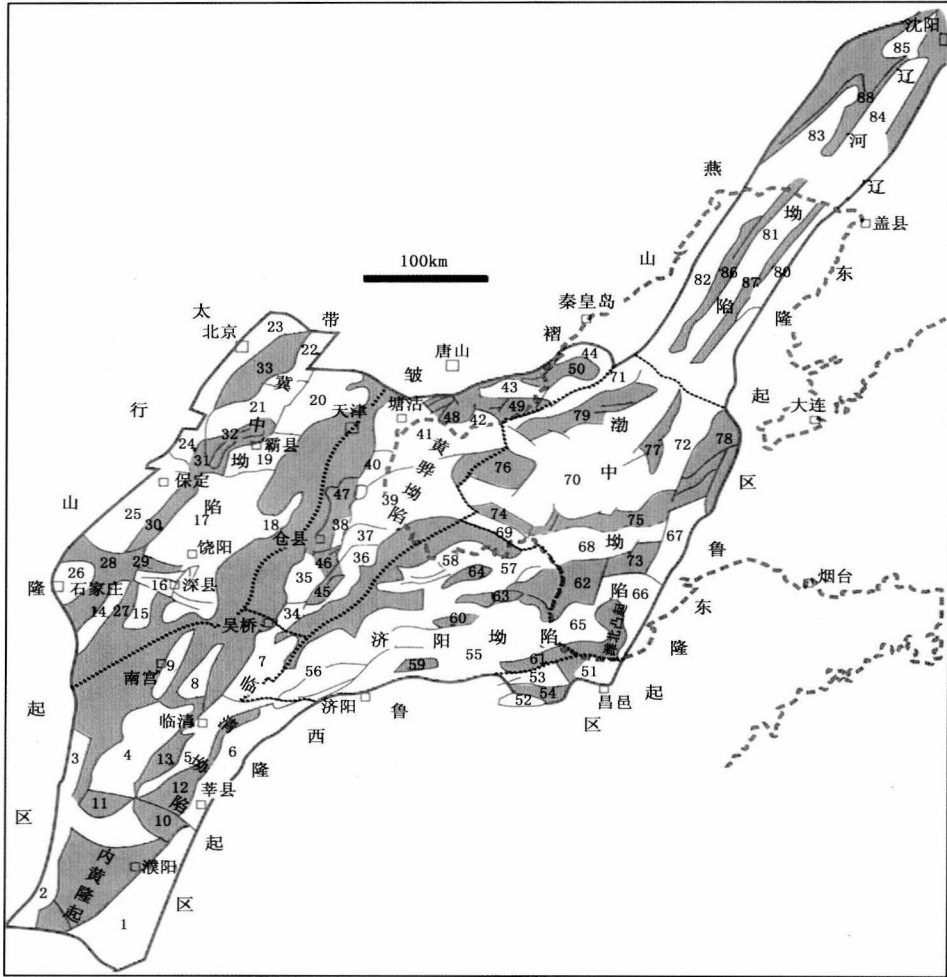


图 1-1 渤海湾盆地构造单元划分及渤海海域的位置

- 临清拗陷：1—东濮凹陷；2—汤阴凹陷；3—邯郸凹陷；4—丘县凹陷；5—冠县凹陷；6—莘县凹陷；
 7—德州凹陷；8—大营镇凹陷；9—南宫凹陷；10—南乐凸起；11—楚旺凸起；12—堂邑凸起；13—馆陶凸起；
 冀中拗陷：14—晋县凹陷；15—束鹿凹陷；16—深县凹陷；17—饶阳凹陷；18—里坦凹陷；19—霸县凹陷；20—武清
 凹陷；21—廊固凹陷；22—大厂凹陷；23—北京凹陷；24—徐水凹陷；25—保定凹陷；26—石家庄凹陷；27—宁晋
 凸起；28—无极凸起；29—深泽低凸起；30—高阳低凸起；31—容城凸起；32—牛坨镇凸起；33—大兴凸起；
 黄骅拗陷：34—吴桥凸起；35—南皮凸起；36—盐山凹陷；37—常庄凸起；38—沧东凹陷；39—歧口凹陷；
 40—板桥凹陷；41—北塘凹陷；42—南堡凹陷；43—乐亭凹陷；44—昌黎凹陷；45—徐扬桥—黑龙村凸起；
 46—孔店凸起；47—港西凸起；48—河西凸起；49—老王庄凸起；50—马头营凸起；
 昌潍拗陷：51—潍北凹陷；52—昌乐凹陷；53—侯镇凹陷；54—寿光凸起；
 济阳拗陷：55—东营凹陷；56—惠民凹陷；57—沾化凹陷；58—车镇凹陷；59—青城凸起；60—滨县凸起；
 61—广饶—潍北凸起；62—垦东—青坨子凸起；63—陈家庄凸起；64—义和庄凸起；
 渤中拗陷：65—青东凹陷；66—莱州湾凹陷；67—庙西凹陷；68—黄河口凹陷；69—埕北凹陷；70—渤中凹陷；
 71—秦南凹陷；72—渤东凹陷；73—莱北低凸起；74—埕北低凸起；75—渤南凸起；
 76—沙垒田凸起；77—渤东低凸起；78—庙西凸起；79—石白坨凸起；
 辽河拗陷：80—辽东凹陷；81—辽中凹陷；82—辽西凹陷；83—西部凹陷；84—东部凹陷；
 85—大民屯凹陷；86—辽西低凸起；87—辽东凸起；88—中央凸起

(3) 优质储层评价及分布预测。

研究研究区古近系母岩特征、不同构造单元重点三级层序砂岩储层的岩类学特征、成岩作用特征和成岩相、孔隙类型、储集物性特征。分析砂岩储层岩类学、成岩作用、孔隙演化、储集物性的主控因素，建立针对性储层评价分类标准。对不同构造单元重点层序砂岩储层进行分类预测，编绘重点层序砂岩储层分类预测图。

第二节 相关领域国内外研究现状简述及技术路线

一、相关领域国内外研究现状

近年来，基于地震地层学、层序地层学的进一步发展、高精度地震资料的采集和处理水平的提高，层序地层学取得了长足的进展（Vail 等，1977；W. E. Galloway，1989；Mitchum 等，1991；H. Posamentier，1999；Ravnas、Steel，1998；Parelic，2001；DeVault，2002；Benvenuti，2003；Fortuin、Krijgsman，2003；Castelltort，2004；Ehrhardt 等，2005；Piedilato、Prosser，2005；Fernando 等，2006；Guerroué、Cobbold，2006；Rohais 等，2007；Win 等，2007；Graveleau、Dominguez，2008；Pochat 等，2009；Bosio 等，2009；Page 等，2009；Duerto 等，2009；Van Leeuwen 等，2010；Herrero 等，2010），已成为油气勘探领域中最重要的发展方向。特别是利用大量的钻井岩心、测井及高精度地震资料，建立高精度的等时层序地层格架，通过沉积体系空间配置、储层预测等的综合研究，从而为预测有效储层和隐蔽油气藏提供了有效的分析方法和研究思路。

层序地层学是石油勘探中十分有效的研究理论和方法体系，国际上大多数石油公司和学者已经把层序地层学当做一种重要的技术，有效地进行盆地含油气潜力评价和有利区带、有利目标的预测（Gregersen 等，2006；A. D. Miall，2006；Christian 等，2007）。层序地层学的关键问题是研究等时地层界面，并以此为基础重建沉积盆地的等时地层格架，成因上相关的一系列沉积体系和体系域构成了这种等时地层格架中不同级别的构成单元。因而这一系统的方法对沉积砂体的分布具有很强的预测功能，是寻找岩性或构造—岩性油气藏的有效方法。近十多年来全球范围的油气勘探无论是在陆上还是海上，层序地层学应用于油气勘探均取得了巨大成功。

综合应用高分辨率的地震资料和精细的测井资料进行层序地层学研究是一项有效的方法。大量勘探和研究成果表明，陆相构造活动型盆地层序和体系域的构成复杂、时空配置变化大，构造活动性强，直接套用层序地层学的方法和模式难以取得有效的预测结果，必须进行针对性研究（林畅松等，2000；蔡希源等，2004；徐长贵，2006；赖维成等，2007）。

储层质量是影响油气勘探和开发的主要因素之一，深入了解储层质量的主控因素有助于进一步油气勘探和评价所发现油气田的经济潜力（Selley，1997）。碎屑岩储层质量的原始控制因素是沉积相类型决定的沉积物结构（粒度、分选）和沉积构造。但在埋藏成岩过程中，由砂质沉积物转变为砂岩，其原始孔隙、组构，甚至矿物成分均会发生改变（Worden、Burlley，2003）。在勘探中，能够利用各种探测技术和类比研究预测砂岩体，但很难识别高孔隙砂岩。要深入了解砂岩储层的成岩变化，进一步查明储层质量的主控因素，必须对岩心样品进行深入分析，进行系统的成岩作用及成岩相研究（陈彦华等，1994；钟广法、邬宁芬，

1997; Gier 等, 2008; 邹才能等, 2008)。

二、技术路线

本项目研究方法及技术路线的总体指导思想是：地质资料分析与地球物理资料分析相结合，宏观研究与微观研究相结合，定性分析与定量分析相结合，陆相层序地层及构造—地层学、储层地质学等多学科联合攻关，以综合性构造—层序地层格架和重点层段沉积体系研究为基础，以沉积体系研究和储层预测为主线，以优质储层预测为目标。与甲方密切结合，充分依靠和汲取甲方的优势，做到优势互补。建立该区构造—层序地层格架，查明沉积体系类型、时空分布及其主控因素，查明储层特征和孔隙演化规律，预测有利储集相带。求实创新，促进渤海地区古近系油气发现。课题技术流程见图 1-2。

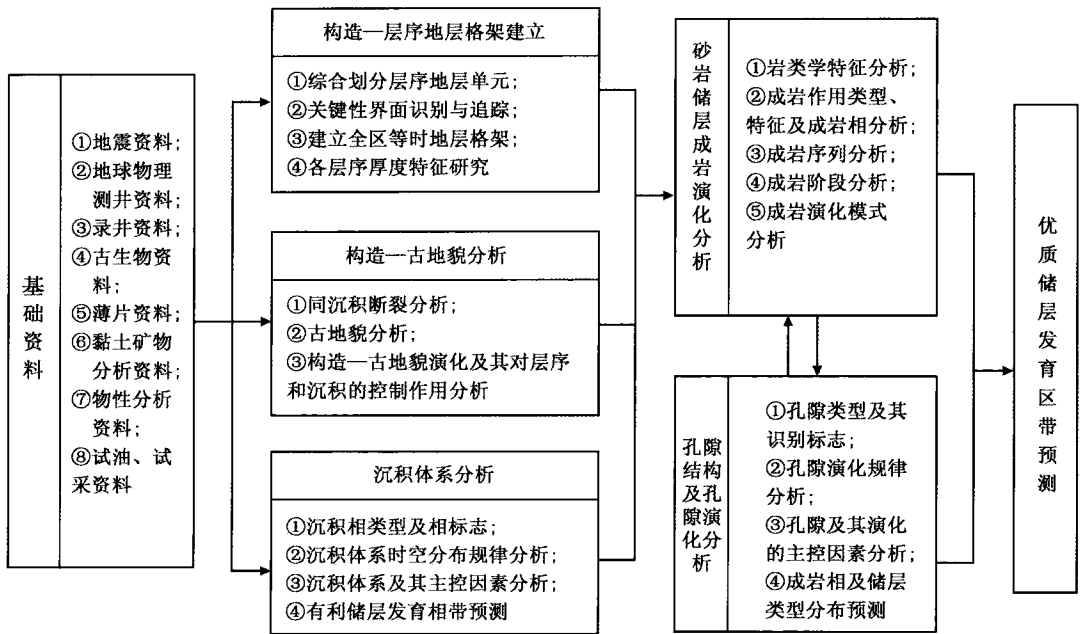


图 1-2 课题流程图

具体技术路线及实施方案如下：

(1) 构造—层序地层格架建立。

通过系统的地震、钻井资料解释，观察描述岩心，综合岩心和分析实验数据等基础资料，识别层序的关键性界面，划分各级层序地层单元，识别和概括与储层相关的各种沉积体系单元。选择骨架网络剖面，进行构造—层序地层学分析、解释和追踪各级层序。建立研究区高精度层序地层格架。

(2) 沉积体系内部构成分析及沉积学系列编图。

对沙三段、沙一段—沙二段、东三段、东二段和东一段进行系统沉积体系及沉积相分析。通过钻井资料标定和地震相分析识别主要沉积体系内部的分构成单元，并总结其内部沉积构成特征。

进行系统的综合编图工作，编制如下系列图件：①重点探井层序地层、沉积体系分析综合柱状图；②骨架剖面（地震剖面和联井剖面）层序地层和沉积体系分析图；③各层序地

层厚度图；④重点三级层序沉积体系平面展布图。

(3) 构造和古地貌对沉积的控制作用研究。

在构造—层序地层格架和沉积体系研究基础上，识别同沉积断裂、断裂坡折和物源区，分析同沉积断裂和物源区对沉积体和沉积体储集物性的影响，编制相应图件。

(4) 储集物性及其影响因素综合分析。

利用薄片及专门性测试成果及测井资料，进行储层岩石学、成岩作用、孔隙成因、孔隙分布、孔隙演化、物性主控因素研究，查明砂（砾）岩体储集物性及其变化规律，预测储层类型。

断陷湖盆条件下，储层物性的巨大变化和储集体内部的非均质性是由多种因素决定的，本研究重点是揭示储层物性变化的特征及其主控因素，为勘探工作提供有利的储集相带。为此需在储层岩石学等研究基础上，结合地质条件解决下列3个主要问题：

①沉积体系与储集条件的关系。以往的研究和勘探工作表明，每种沉积体系都是多种相的三维组合，因此需在正确和精细相分析基础上分别研究其孔渗性差异。

②物源条件与储集性的关系。渤海湾盆地的物源类型多种多样，有花岗岩及片麻岩类、陆源碎屑岩类、火山岩类和碳酸盐岩类，不同的母岩类型对其形成的沉积体的孔渗性有极大的影响。

③储层成岩作用与储集性的关系。研究工作中，编制了储层岩石学、成岩作用和物性综合评价相关图表，研究了不同层位、不同成岩相的储层类型，分析了储层物性的主控因素。

(5) 优质储层预测。

在构造—层序格架、沉积体系和储层成岩作用基础上，编绘了储层类型预测平面图，预测了有利储层的分布。

第三节 主要工作量及主要成果认识

一、完成的主要工作量

1. 区域性研究基础工作量

(1) 收集整理了268口探井的测井和岩性资料，150口井的古生物资料、观察描述了123口井的古近系岩心（图1-3），观察岩心总长度约3000m，拍摄岩心照片约18000张，编绘取心井段沉积微相分析综合柱状图，编制了相应井的岩心PPT。在对古生物资料、测井和岩性资料探井初步分析基础上，完成了15口井古近系各层序古生物特征综合图和48口井层序、沉积及储层综合分析柱状图的编图工作，奠定了层序、沉积储层分析基础。

(2) 观察了88余口井约1200个薄片，收集整理了210口井的薄片资料、250口井的实测物性资料和780口探井和开发井的测井解释物性数据、177口井的黏土矿物资料、126口井的镜质组反射率（ R_o ）资料、160口井的地温资料、121口井的压力资料，73口井的产能资料，见图1-4，为储层研究奠定基础。

2. 层序地层划分及区域对比研究工作量

(1) 收集、加载了巨量的2D、3D地震数据，建立了较完整的覆盖渤海海域的2D—3D联合地震工区，加载了204口井的VSP资料和481口井的现有探井井位数据和分层数据（图1-5）。

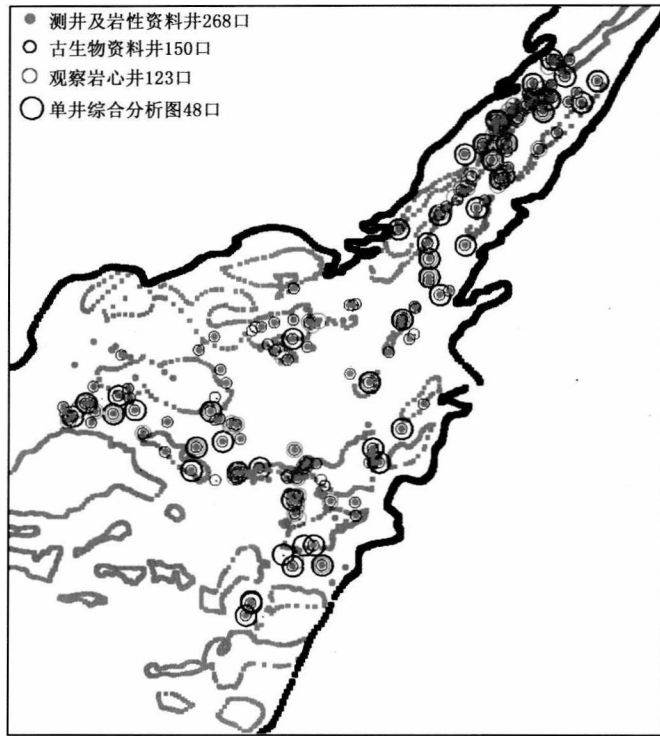


图 1-3 钻井相关资料井平面分布

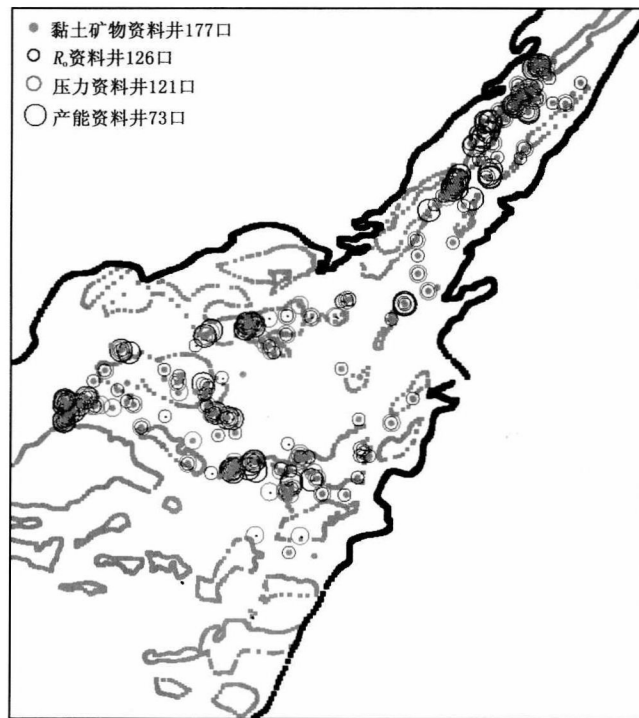


图 1-4 分析测试资料井的井位平面分布

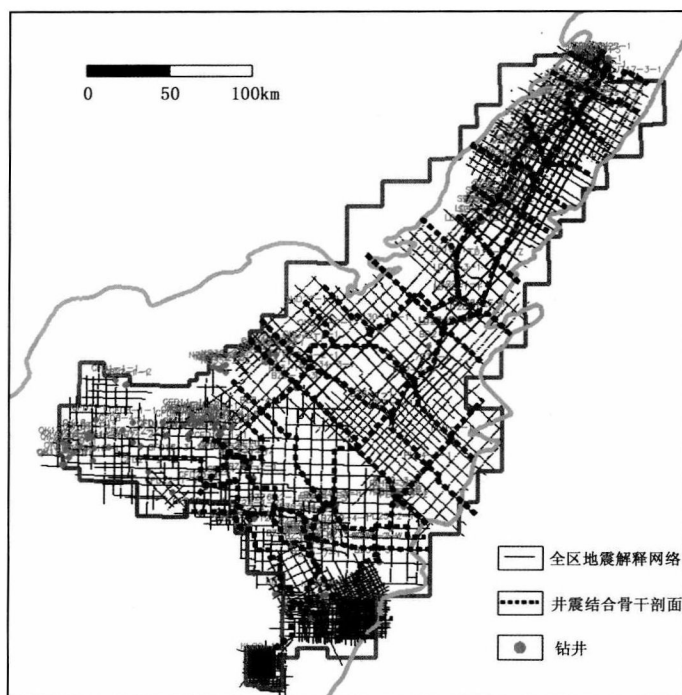


图 1-5 加载的地震工区和探井数据的井位及骨架剖面平面位置

(2) 选定了 3 纵 16 横共计 19 条井—震联合骨架剖面 (图 1-5), 在全区基于剖面精细解释基础上, 进行了加密解释 ($6\text{km} \times 6\text{km}$), 共解释了约 $2.2 \times 10^4 \text{km}^2$ 地震剖面 (图 1-6) 的 SSB2、SB31、SB32、SB33、SSB5、SSB6、SSB8 的 7 个界面, 编绘了井—震联合骨架剖面 13 幅和联井剖面层序、沉积分析剖面图 11 幅。

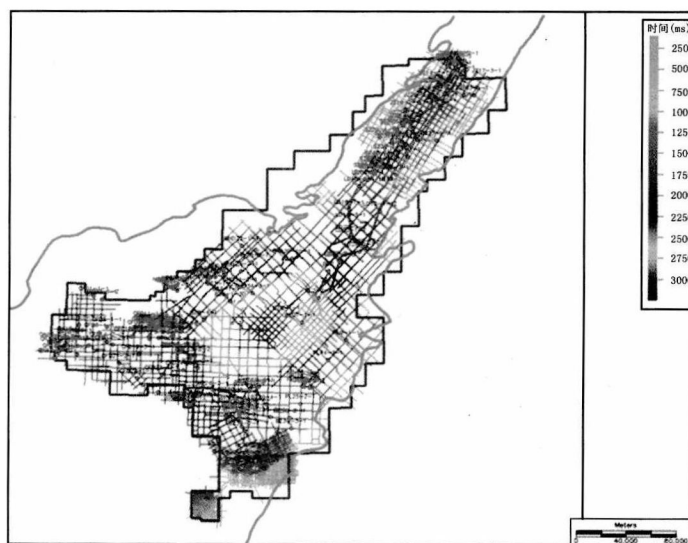


图 1-6 全区地震测线解释密度

(3) 在大量地震资料的解释基础上,用 CPS3 软件编绘了孔店组—沙四段超层序 (SSQk + s4)、沙三段超层序 (SSQs3)、沙一段—沙二段层序 (SQs1 + 2)、东三段层序 (SQd3)、东二段层序 (SQd2)、东一段层序 (SQd1) 的全区底面埋深图、时间厚度图、地层厚度图和古地貌图。

(4) 综合本课题及前人研究成果,结合探井数据,编绘了全区孔店组—沙四段超层序 (SSQk + s4)、沙三段超层序 (SSQs3)、沙一段—沙二段层序 (SQs1 + 2)、东三段层序 (SQd3)、东二段层序 (SQd2)、东一段层序 (SQd1) 地层等厚图 6 幅,比例尺为 1:50 万。

(5) 分析了古近纪的古地貌特征及其对层序和沉积的控制。

3. 沉积体系展布及成因模式研究主要工作量

(1) 收集了环渤海湾各省地质图 (1:50 万), 编绘了环渤海地区地质图 (1:100 万), 开展了全区古近系物源、古水系研究。

(2) 探讨了渤海盆地古近系沉积体系的分类命名, 建立了各种沉积体系的识别标志。

(3) 分析了约 22000km 地震剖面的东一段、东二段、东三段、沙一段—沙二段、沙三段相应地震层序的地震相特征; 分析了约 200 口探井的东一段层序、东二段层序、东三段层序、沙一段—沙二段层序、沙三段层序的沉积相及优势相; 编绘了全区东一段层序、东二段层序、东三段层序、沙一段—沙二段层序、沙三段层序沉积相图 (1:50 万)。

(4) 初步分析了全区古近系沉积体系的主控因素。

(5) 依据古水系, 参考前人成果, 对具储集性沉积体进行了命名, 按深度区间、分层统计了具储集性沉积体的规模, 分析了各层的勘探潜力。

4. 优质储层评价及分布预测研究主要工作量

(1) 依据薄片数据, 分区分层位编绘了砂岩成分—成因分类图。

(2) 依据薄片观察结果和数据、黏土矿物分析数据、 R_o 数据、地温数据及孔隙度数据, 进行了全区古近系砂岩储层成岩作用研究, 编绘了沙三段超层序 (SSQs3)、沙一段—沙二段层序 (SQs1 + 2)、东三段层序 (SQd3)、东二段层序 (SQd2)、东一段层序 (SQd1) 成岩阶段及成岩相平面图。

(3) 依据孔渗、试油、试采数据, 研究了全区古近系砂岩储层物性的主控因素, 初步建立了砂岩储层分类方案, 分析了储层的物性下限和不同性质原油的产能和储层类型的关系。编绘了 SSQs3、SQs1 + 2、SQd3、SQd2、SQd1 储层类型预测平面图。

(4) 综合层序、沉积体系及储层研究成果, 指出了值得重视勘探区带。

二、主要成果和认识

在上述大量实际工作基础上, 课题取得了以下主要成果: 建立全区层序划分方案, 查明了层序特征及空间变化规律; 查明了沉积体系类型及其特征; 查明了沉积体系的分布及主控因素, 揭示了勘探潜力; 查明了储层特征及预测了不同类型储层的分布; 断坡带和缓坡带储层质量好、圈闭类型多, 勘探效果显著。

(1) 建立全区层序划分方案, 查明了层序特征及空间变化规律。

渤海海域古近系可划分为 4 个超层序 13 个层序。孔店组、沙四段、沙三段、沙二段—东营组相当于 4 个超层序。孔店组超层序可划分出 3 个层序, 沙四段超层序可划分出 2 个层序、沙三段超层序可划分出 3 个层序、沙二段—东营组超层序可划分出 5 个层序。

不同凹陷层序发育具有明显的差异性。南部的青东、莱州湾凹陷古近系下部的孔店组、

沙四段较发育，埋藏较浅，地震资料品质较好；而古近系上部的东营组地层相对较薄，且东营组上部剥蚀量较大。中、北部黄河口、渤中、辽东湾凹陷古近系下部的孔店组—沙四段厚度变化大，埋藏深，地震资料品质差；而古近系上部的东营组地层相对较厚。秦南凹陷各层序厚度变化大。

古近纪渤海盆地呈隆凹相间的复杂构造—地貌格局。孔店组—沙四段超层序组的古地貌特征为隆多凹少，凹陷零星，厚度变化大。沙三段超层序古地貌特征为凹陷增多，规模变大，但凹陷分隔性强，厚度变化大。沙一段—沙二段层序古地貌特征为凹陷规模变大，但凹陷分隔性减弱，厚度变化小。东三段层序古地貌特征为凹陷规模进一步变大，凹陷分隔性进一步减弱，在渤中和辽东湾形成深凹。东二段层序古地貌特征为凹陷规模进一步变大，凹陷分隔性进一步减弱，渤中和辽东湾形成深凹进一步扩大并相互贯通。东一段层序古地貌特征为凹陷规模缩小，渤中和辽东湾形成深凹再次分化、萎缩。断坡带和斜坡带分隔了隆凹地貌单元，断坡带和斜坡带的坡折带类型多样，在断坡带有单级断裂坡折带、多级断裂坡折带；在斜坡带有多级同向断裂复杂化的斜坡坡折带、多级反向断裂复杂化的斜坡坡折带、挠曲斜坡坡折带和沉积坡折带。斜坡带又可区分为缓坡带和陡坡带。

构造—古地貌对层序、沉积具有明显的控制作用。盆地边缘断裂坡折带通常为大部分层序界面的终止位置；斜坡带位置常见地层超覆和削蚀不整合；盆内次级断裂坡折带主要控制了不同时期湖侵体系域的分布范围，其中在盆地深洼地区发育的次级断裂坡折带控制了低位域发育；盆地内部的次级凸由于其规模和隆升幅度较小，以水下低凸起的形式存在，可见超覆现象，以上超现象为主。盆缘断坡带控制了扇三角洲；盆缘斜坡陡坡坡折带和沟谷控制了辫状河三角洲的发育；盆缘斜坡缓坡坡折带和沟谷控制了曲流河三角洲的发育；盆内次级断裂坡折带对湖底扇具有明显控制作用。

孔店组—沙四段超层序断陷分隔性强，加上后期抬升剥蚀，造成地层分布局限，地层厚度变化大，最大地层厚度达 3600m。沙三段超层序（SSQs3）断陷扩展，剥蚀区减小，地层分布较广，厚度变化大，平均厚度在 500m 左右，最大达 2500m 左右。沙一段—沙二段层序（SQs1+2）断陷扩展联合，地层分布较广，厚度普遍较薄，平均厚度在 200m 左右。东三段层序（SQd3）沉积区规模进一步扩大，地层分布较广，地层厚度高值区在辽中北洼和渤中凹陷东部，平均厚度在 300m 左右，最大达 1700m。东二段层序（SQd2）沉积区规模进一步扩大，地层分布较广，沉降中心向渤中凹陷转移，厚度变化大，平均厚度在 300m 左右，最大达 1600m 左右。东一段层序（SQd1）沉积区规模明显萎缩，渤中凹陷为沉降中心，厚度变化大，平均厚度在 200m 左右，最大达 800m 左右。

（2）查明了沉积体系类型及其特征。

渤海盆地古近系发育的沉积体系类型有冲积扇及冲积平原、扇三角洲、辫状河三角洲、曲流河三角洲、网状河三角洲、湖泊、湖底扇体系。

冲积扇是由洪水将沉积物从山区带出，在山口的山麓地带因坡降减小堆积而成。在地震相主要表现为变振幅中低连续楔形杂乱反射结构地震相，变振幅中低连续充填型杂乱反射结构地震相。冲积扇由扇根、扇中及扇端 3 部分组成。扇根亚相靠近物源区，主要为洪水期泥石流成因的杂色砾岩、砂砾岩，结构与成分成熟度均极低，测井曲线呈高幅值齿化曲线。扇中以辫状河道沉积的砂砾岩、含砾砂岩为主，夹有红色、灰绿色及杂色泥岩，单层厚度较大，测井曲线上一一般齿化箱形特征明显。扇端粗砂岩，中砂岩，细砂岩夹泥质岩，低角度交错层理，齿状曲线。