

渤海湾盆地临邑洼陷复杂岩性 油气藏成藏规律及评价技术

张小莉 查明 著

石油工业出版社

渤海湾盆地临邑洼陷 复杂岩性油气藏成藏规律及评价技术

张小莉 查明 著

石油工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

渤海湾盆地临邑洼陷复杂岩性油气藏成藏规律及评价技术/张小莉,查明著.
北京:石油工业出版社,2007.3

ISBN 978-7-5021-5921-4

I. 渤…

II. ①张… ②查…

III. 渤海湾-复杂地层-岩性油气藏-形成-研究-临邑县

IV. P618.130.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 015442 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) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 河北天普润印刷厂

2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 16 印张: 8

字数: 150 千字 印数: 1—500 册

定价: 25.00 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

前 言

隐蔽油气藏，特别是岩性油气藏不仅是勘探成熟区的主要勘探对象，也是新探区内极具潜力的勘探目标。由于岩性油气藏形成机制和分布规律复杂，勘探难度大、技术要求高，这类油气藏的勘探理论研究和勘探技术，一直是国内外石油地质学家研究和探索的重要内容。因此，系统分析复杂岩性油气藏的主控因素，针对性地建立岩性圈闭识别方法，有效地进行油、水层识别并分析岩性油气藏中油水分布规律及其控制因素，有助于对复杂岩性油气藏的评价。

本书以复杂岩性油气藏勘探理论和方法体系研究为主线，以探讨复杂岩性油气藏的主要控制因素和成藏规律为重点，以应用先进油气勘探理论和地震、测井技术发现岩性油气藏及评价油水分布为目的，把临邑洼陷复杂岩性油气藏研究有机地组织起来，形成其理论体系和方法技术体系。

通过对有代表性的重点油气藏解剖，系统分析了岩性油气藏的主控因素，认为不同类型的岩性油气藏的主控因素有所不同。其中物性圈闭与裂缝圈闭中，往往存在“块状储集体”；在油源供给条件下，物性圈闭与裂缝圈闭成藏的主控因素为物性特征及其非均质性程度，油气藏分布范围一般与地震作用、火山活动、三角洲滑塌作用形成的块状储集体的物性、裂缝三维分布及其变化密切相关。火山岩岩性圈闭中，成藏必要条件为火成岩体与有效烃源岩直接接触，或与断层、砂体、不整合面等输导体系沟通，同时火成岩本身具备储集条件。砂岩透镜体岩性圈闭成藏主要控制因素为储集体岩性物性与成藏动力条件之间的关系，在一定动力条件下，透镜体岩性圈闭成藏具有其储集物性下限和峰点孔隙半径的下限值。砂体上倾尖灭岩性圈闭成藏的主控因素则为与有效烃源岩的接触关系（或与有效输导体系关系）、储层物性与成藏动力条件相对关系。构造—岩性圈闭油气藏的形成不仅受储集体特征的控制，还与油源供给条件及输导体系特征有关。其中，书中提出的关于“块状储集体”的概念，将有助于物性圈闭油气藏和裂缝圈闭油气藏的分析和评价。

在有关火成岩岩心观测、系统分析测试、测井和地震资料综合解释的基础上，综合分析认为，多期火山活动有利于火山岩岩性圈闭形成，并在一定程度上加速烃源岩的演化，改善周围储集体的储集性能，提高产能。

沉积体系与构造部位结合的特定区域控制了临邑洼陷岩性油气藏的分布。三角洲及其前缘滑塌浊积岩发育区、深水浊积岩发育区，多发育砂岩透镜体岩性圈闭油气藏。（扇）三角洲砂体与构造、斜坡配合多形成砂体上倾尖灭型圈

闭、构造—岩性圈闭油气藏。在平面和剖面上，不同层系、不同类型的岩性油气藏成群出现，或叠合连片。

通过油气藏中油水分布规律及其控制因素的探讨，认为岩性油气藏的形成与储层孔隙结构特征、成藏动力条件密切相关。在一定成藏动力条件下，峰点孔喉半径大小决定储层内是否有油气聚集。同一上倾尖灭砂体中，常规油层和相对低电阻率油层共存，从砂体的上部向下部，依次发育“干层/水层 → 含油水层 → 低电阻率油水同层 → 低电阻率油层 → 油层 → 油水同层 → 含油水层 → 水层”，具有油水倒置分布的特点，油主要富集于砂体相对高部位，最高部位主要含水或为干层。进而针对岩性油气藏中普遍存在低电阻率油层的特点，分析了低电阻率油层的成因机理，探讨了低电阻率油层与地质体之间关系，指出临邑洼陷沙三段中有利于低电阻率油层存在的特殊地质背景涉及沉积动力条件、储集特征和地层水系统，并应用核磁共振测井资料结合常规测井资料，形成了一套适合该区低电阻率油层的识别方法。该方法完善了油、水层评价技术。其中，关于上倾尖灭单砂体中油水分布规律的认识，可为油气勘探和开发提供参考。

进一步在储层预测和精细评价基础上，分析了临邑洼陷岩性油气藏分布的有利区域。认为临南洼陷是砂岩透镜体岩性油气藏分布的有利区，夏口断裂带前缘和基山槽两侧是构造—岩性油气藏、砂体上倾尖灭岩性油气藏分布的有利区，营子街断裂带附近是砂岩透镜体油气藏、构造—岩性油气藏分布的有利区。

本书编写过程中，得到了中国石油大学（华东）地球资源与信息学院、西北大学地质学系、中国石化胜利油田分公司临盘采油厂和中国石油勘探开发研究院等各位老师和专家的关怀、指导和帮助，在此深表感谢。

由于作者水平有限，书中难免有欠妥和不足之处，欢迎批评指正。

作 者

2006年8月

目 录

绪论	(1)
第一章 区域地质背景	(11)
第一节 地层发育特征	(12)
第二节 构造特征及其演化	(14)
第二章 层序地层框架、沉积体系与油气地质特征	(20)
第一节 层序地层框架	(20)
第二节 层序框架下的沉积体系及其展布	(21)
第三节 油气地质特征	(28)
第三章 复杂岩性油气藏成藏规律与成藏模式	(37)
第一节 复杂岩性圈闭成因及控制因素	(39)
第二节 复杂岩性油气藏成藏模式	(60)
第四章 复杂岩性油气藏评价技术	(66)
第一节 岩性识别与储层预测	(66)
第二节 岩性圈闭评价	(89)
第三节 油水层识别及油水分布规律分析	(92)
第四节 砂岩类岩性油气藏特征	(107)
第五节 有利岩性圈闭及岩性油气藏分布区	(108)
结语	(113)
参考文献	(115)

结 论

一、研究目的及意义

近 20 年来,随着石油地质理论和油气勘探技术的发展,大部分含油气盆地勘探程度的提高,新发现的油气藏中隐蔽油气藏占有不可忽视的地位,人们越来越重视寻找隐蔽油气藏(尤其是岩性油气藏、地层油气藏)。隐蔽油气藏不仅是高勘探区主要勘探对象,也是新探区内极具潜力的勘探目标^[1]。中国西部、中部和东部的含油气盆地中,随着勘探难度的逐渐加大,剩余的石油资源主要集中在隐蔽油气藏中,特别是岩性圈闭中。1986 年,哈尔鲍蒂曾指出,随着油气勘探程度提高,隐蔽油气藏数量将会超过构造油气藏数量,在勘探成熟地区,每找到一个构造油气藏,将有可能发现 3~4 个隐蔽油气藏,资源量之比约为 1:1。由此可见,岩性油气藏是一个非常有潜力的勘探领域,寻找岩性圈闭逐步成为各个盆地的勘探主攻方向。在 2005 年 8 月召开的“全国第四届油气层序地层学研讨会”上,有关专业人士指出,我国油气勘探已由寻找构造油气藏向岩性油气藏发展。以前,岩性油气藏在全国的探明储量中所占比例只有 28% 左右,现在已占到了 60%,岩性地层油气藏的勘探前景十分广阔。

中国西部准噶尔盆地 50 年的勘探,主要进行的是构造圈闭勘探。随着勘探难度逐渐加大,剩余石油资源主要集中在岩性圈闭中,寻找岩性圈闭逐步成为新疆油田分公司勘探的主攻方向。2000 年到 2003 年,石南 21 油田大型岩性油气田的发现,以及随后石南 31 井高产油气流的喷出,宣告新疆油田在准噶尔盆地腹部勘探进入了一个新阶段——岩性油气藏勘探阶段。另外,中拐凸起岩性油气藏探明的储量已占到总储量的 50%,展示出该地区岩性油气藏勘探的潜力^①。

中国中部鄂尔多斯盆地上古生界大型气藏和中生界油藏主要为岩性油气藏。自 20 世纪 90 年代以来,南襄盆地泌阳凹陷第三系核桃园组中,尤其是东部深凹区,把岩性油气藏勘探提到了一定的高度,现已成为新增产量和稳产增产支柱之一^[2,3]。

中国东部渤海湾盆地经过近 40 年的勘探,发现了大量的多种类型的复杂隐蔽油气藏,其中复杂岩性油气藏包括:①砂砾岩体油气藏;②浊积岩体油气藏;③特殊岩性体油气藏(火山岩、裂缝板岩、裂缝泥岩、湖相灰岩)等^[4,5]。尤

① 吕锡敏,岩性油气藏勘探理论和方法体系研究,2005,西北大学,博士学位论文。

其是在济阳拗陷,复杂岩性油气藏的探明储量可观,显示了很好的勘探前景^[6]。还有中国东部的松辽盆地,尤其是松南地区的油气藏主要为三角洲沉积砂体中的低渗透率、低电阻率型岩性油气藏^①。

2005年,中国岩性地层油气藏勘探保持良好的发展势头,勘探成果不断扩大。

由于对隐蔽油气藏的概念理解不同,隐蔽油气藏分类差异也较大^[7,8]。按油气层的岩石类型,可分为碎屑岩隐蔽油气藏、碳酸盐岩隐蔽油气藏、火成岩隐蔽油气藏、变质岩隐蔽油气藏及泥岩类隐蔽油气藏等。按圈闭成因类型可分为岩性隐蔽油气藏、地层隐蔽油气藏、裂缝性隐蔽油气藏及复合隐蔽油气藏等。也有人将难找的隐伏构造油气藏、复杂断块油气藏、易伤害的低渗透油气藏归入隐蔽油气藏中。

一般而言,岩性圈闭是在沉积作用或成岩及其后生作用下,使储集岩体的岩性或物性发生突变,被不渗透层所包围或遮挡而形成的圈闭。按其成因与遮挡条件的差异,可以划分为6类,即储层上倾尖灭、古河道砂岩、透镜状岩性封闭、裂隙或层间缝、物性封闭、生物礁圈闭等^[7];按成因分类,一般分为原生和次生两种;按几何成因,分为透镜体型和上倾尖灭型及不规则型,目前较为常见的岩性油气藏是透镜体型和上倾尖灭型^[9];按储集体类型又可分为砂岩型(包括砾岩型和粉细砂岩型)、石灰岩型(包括生物礁型)。关于复杂岩性油气藏的概念,众多学者在油气勘探科研和生产中有不同程度的应用^[10~12]。本书所提及的“复杂岩性油气藏”,是指除上述提到的岩性油气藏以外,还包括火成岩、变质岩岩石类型的储集体,以及由于特殊原因而形成的岩体(比如震积破裂岩石),在合适的储集条件和盖层、遮挡条件配置下形成的岩性油气藏,同时还包括以岩性特征为主的复合油气藏。其中“复杂”两字的含义,主要指岩性油气藏的储层岩石类型复杂、孔隙结构复杂、非均质性复杂、成藏条件(如岩性圈闭影响因素等)复杂、成藏机理与成藏规律复杂,以及识别评价技术的多样性和复杂性。

岩性油气藏是隐蔽油气藏的主体之一,不同类型的岩石在空间上错综复杂的组合,在为岩性油气藏的形成提供有利条件的同时,也为其储层预测带来了相当的难度,成为隐蔽油气藏勘探实践中的“拦路虎”。一些油气源比较丰富的地区,以及存在区域性盖层和较好圈闭条件的油气田中,复杂岩性储层特征及其精细评价成为油气评价的焦点问题之一。储集体的成因相态特征、宏观分布及岩石类型(骨架颗粒及其填隙物)、孔隙(孔隙度、孔隙类型、孔隙结构)及其演化历史、裂缝、渗透率、饱和度的评价是储层评价的关键问题。近几年来,关于储层非均质性研究、低孔低渗型储层和低电阻率油气层的评价已成为当前

① 引自《中外科技情报》、《石油综合信息》,2002。

油气评价的重点和难点问题。

中国含油气盆地具有比较复杂的地质演化历史。大多数陆相沉积盆地属于中、新生代的叠合盆地，盆地发育具多阶段性及沉积具多物源、近物源沉积的特点，储层的岩相、岩性变化大，形成各类隐蔽圈闭的影响因素复杂多变，使得隐蔽油气藏的勘探难度增大。不少学者针对各个地区的实际情况，曾不同程度地开展了有益的工作，并取得了较好的成果。如在西部准噶尔盆地、吐哈盆地、鄂尔多斯盆地的中生界三叠系、侏罗系煤系地层中，以及南襄盆地泌阳凹陷第三系核桃园组中，成功地开展了岩性油气藏勘探理论、技术和方法研究；尤其是近 10 年来，在渤海湾盆地的中原油田、大港油田、华北油田和胜利油田都开展了大量的工作，形成了一套关于隐蔽油气藏的勘探理论、方法和技术。但是总体上看，目前对于隐蔽油气藏多限于应用层序地层学理论和方法，对层序特征及其框架下的沉积体系分布，以及生、储、盖静态要素配置方面的研究，对于复杂岩性油气藏的形成条件及分布规律缺乏系统认识，尚未形成配套的预测评价技术。

惠民凹陷位于渤海湾盆地济阳拗陷西南部，是济阳拗陷 4 个主要含油气凹陷单元之一。该凹陷中有国内外较为经典的复杂断块油气田。该区的油气勘探经过近 40 年的历史，已找到了多个复式油气藏，取得了辉煌的成就。但是其主要油气藏类型以构造控制为主。隐蔽油气藏，特别是复杂岩性油气藏的研究工作刚刚起步，岩性油气藏在探明储量中所占比例很小，探明储量与实际潜在储量差异大，潜力可观。虽然 2000 年完钻的夏 94 井获得了岩性油气藏勘探的突破，但是在复杂岩性油气藏的分布和发育规律方面缺少系统的认识。同时，由于惠民凹陷临邑洼陷及其周缘地区构造复杂，火山活动频繁，沉积相带变化快，储层类型多样，地质条件十分复杂，造成复杂岩性油气藏的勘探难度较大。

目前，对于惠民凹陷不同构造背景、沉积层序特征及其演化特征下的岩性油气藏的形成特征、分布模式、成藏条件，以及其宏观和微观控制因素、成藏规律认识不清，阻碍了油气的勘探和开发。针对惠民凹陷临邑洼陷实际的地质情况，通过对选取的有针对性、有代表性的重点油气藏进行解剖，结合新理论、新方法、新技术，分析其复杂岩性油气藏形成的地质背景，研究不同类型的复杂岩性油气藏的形成条件（烃源岩、储层、圈闭、油气藏（圈闭）分布的边界条件等）和主要控制因素。本书的宗旨为“针对前缘问题，应用现代油气成藏勘探新理论和新技术，分析岩性油气藏的主要关键问题，解决实际油气勘探需要的问题”。

二、国内外研究现状

隐蔽油气藏勘探历史悠久。中国有百年勘探历史的延长油矿，其勘探一直

以岩性油气藏为主。1930 年, 勘探者 C·M·乔伊纳钻探发现了东得克萨斯油田, 证实其为—典型的地层圈闭油田。1956 年, 莱复生 (A.I. Levorsen) 正式将储油圈闭划分为构造圈闭、地层圈闭和混合圈闭。1962 年, 在渤海湾盆地勘探初期, 东营凹陷营 2 井钻遇了砂岩岩性油气藏, 由此揭开了认识和勘探岩性油气藏的序幕。特别是自 1966 年美国著名石油学家莱复生在 AAPG 上发表并正式提出勘探“隐蔽圈闭” (obscure and subtle traps) 以来^[13,14], 世界各国都加强了地层不整合、岩性及古地貌等圈闭的油气勘探。1972 年, 罗伯特 (E.K. Robert) 主编的《地层油气田》一书, 首次提出了隐蔽圈闭勘探问题。1975 年, 中国在南方上二叠统长兴组中发现生物礁气藏。1975 年, 大庆油田东侧三肇向斜钻了第一口发现井, 后经 99 口探井预测, 基本控制了三肇岩性油气藏的含油范围。1980 年, 美国石油地质家协会和勘探地球物理学家协会在 AAPG 年会上设立了隐蔽油气藏的专题讨论会, 并由美国著名地质家哈尔鲍蒂 (M.T. Halbouty) 主编了《寻找隐蔽油气藏》专著, 其范围包括地层、岩性、不整合和古地貌形成的圈闭。后来哈尔鲍蒂 (1982) 等根据莱复生提出的概念做了进一步阐述, 认为隐蔽圈闭 (油气藏) 其含义主要是泛指在油气勘探上难以识别和难以发现的圈闭 (油气藏)。朱夏院士在 1983 年发表的“对隐蔽油气圈闭的浅见”一文中提出了相似的看法。我国首次出版的隐蔽油气藏之大成——《中国隐蔽油气藏勘探论文集》中总结了 20 世纪 60 年代至 80 年代初期, 我国东部松辽盆地、渤海湾盆地、苏北盆地、江汉盆地等中、新生代沉积盆地隐蔽油气藏的勘探成果与研究成果。这些成果, 无疑对后来在该领域内的进一步勘探与研究, 发挥了重要作用。在世界各国油气勘探中, 老区深化勘探占有非常重要的地位。而老区中以岩性地层、深层圈闭与复杂断裂构造等为主的隐蔽圈闭, 在美国和中国东部老区已占探明石油储量的 30% 左右^[15]。

L.B. Magoon 和 W.G. Dow 在《含油气系统——从源岩到圈闭》一书中, 把 Stratigraphic trap 释义为地层圈闭, 分为原生的或沉积的地层圈闭、与不整合有关的地层圈闭和次生地层圈闭^[16]。这个概念相当于国内油气地质有关研究中岩性油气藏和地层油气藏的总和。中国有关学者认为, 根据中国油气特点, Stratigraphic trap 应译为岩性地层圈闭^[17]。对于砂岩油气藏, 可分为储层上倾尖灭油气藏、古河道砂岩岩性油气藏、透镜状岩性油气藏、裂缝和层间缝岩性油气藏、储层物性封闭油气藏。

岩性油气藏是含油气盆地进入中后期勘探阶段的主要勘探目标, 在世界含油气盆地的勘探中取得了突破性成果, 国内外发现了许多大、中型油气藏 (田)。在中国中东部的盆地, 如南襄盆地、鄂尔多斯盆地, 先后不同程度地发现了大规模的岩性圈闭油气藏。南襄盆地泌阳凹陷深凹区第三系核桃园组岩性圈闭油气藏, 鄂尔多斯盆地上古生界榆林、苏里格庙大型气藏和中生界安塞大

型三角洲沉积砂体岩性油藏, 以及 2001 年发现并于 2002 年建成的陇东西峰长 8 油田, 均属于大型岩性圈闭油气藏。再如松辽盆地和渤海湾盆地, 随着勘探程度的提高, 勘探难度也不断增加, 岩性油气藏的勘探变得日趋重要, 已成为增加油气储量的重要方向。20 世纪 80 年代后期, 济阳坳陷由构造油气藏勘探逐渐转为隐蔽油气藏勘探, 90 年代后期岩性油气藏已成为勘探的重点。目前, 砂岩岩性油气藏累计探明储量为 $6.0244 \times 10^8 \text{t}$, 占济阳坳陷总探明储量的 17%, 胜利油区古近系岩性油气藏勘探出现了可喜局面。

由于岩性油气藏形成机制和分布规律复杂, 勘探难度大, 技术要求高, 以及在勘探上具有高难度和高风险的特点, 这类油气藏的理论研究和勘探技术, 一直是国内外石油地质学家研究和探索的重要内容。

有关岩性油气藏的特征、成藏条件、分布规律、成藏机理、预测方法和技术, 特别是成因机理 (包括地质条件、动力、相态、排驱方向及含油气性等) 方面, 国内外学者做了大量的研究, 取得了创造性进展。我国研究人员经过刻苦攻关, 建立了隐蔽油气藏勘探理论及相应的勘探技术, 使我国在隐蔽油气藏勘探上取得了突破。在这一理论指导下, 我国胜利、苏北、中原等 10 多个探区的隐蔽油气藏勘探频频告捷, 先后发现了亿吨级勘探目标区、6 个 0.5 万吨级目标区、5 个 0.3 万吨级目标区, 探明储量为 $7 \times 10^8 \text{t}$ ^①。

对于岩性油气藏的成藏条件, 胡见义 (1986) 认为岩性圈闭形成条件取决于岩性尖灭线、地层超覆线、地层不整合面、储集岩体的顶底板面和断层面等。这 6 个因素的有机配合, 可形成多种类型的岩性圈闭^[8]。曾溅辉、郑和荣、王宁 (1998) 认为岩性油气藏的成藏并不完全依赖于构造条件, 油源、储集性能和生储盖组合则显得尤为重要^[18]。高春文、罗群认为传统的生储盖组合划分方案中不包括断层、不整合面, 在油气运聚研究中未强调输导层对油气成藏的作用, 有一定局限性。针对中国复杂叠合型油气盆地断裂发育、不整合面多等特点, 强调断裂、不整合面在生储盖组合划分中的重要地位, 补充和完善了传统的划分方案^[19]。针对透镜体型油气藏, Иванчук (1994) 在研究如何形成贯入式油气藏时, 发现深根通道系统贯穿沉积地层, 形成多层断裂系统, 为含油气流体提供了流动迁移空间, 可以为油气成藏提供条件。李丕龙等 (2000) 分析了断陷湖盆油气聚集模式及其动力学特征, 认为箕状断陷分为缓坡带、陡坡带和深陷带, 每一个带都有其不同的隐蔽油气藏类型。缓坡带内易形成岩性尖灭油气藏, 也有少量的透镜状油气藏分布; 当平行陡坡带发育砂体时, 也有可能形成砂岩上倾尖灭油气藏; 深陷带是砂岩透镜体油气藏发育的有利部位, 其油气藏类型比较单一。坳陷型湖盆中, 低位体系域可形成侧向砂体尖灭的地层油

① 引自中国科技信息网, 2004。

气藏,湖侵体系域可形成砂体向陆方向尖灭的或滩坝砂体侧向尖灭的油气藏;在断陷湖盆陡坡带,湖侵体系域发育的洪水型浊积扇砂体直接沉积在较深水暗色泥岩中,易形成良好的岩性圈闭^[20]。西门诺维奇等(1986)在研究岩性封闭油气藏时,发现古河道、三角洲支流、沿岸沙坝、海滩和近岸—海相堆积体中具有透镜状砂岩天然油储的特征^[21]。

目前,岩性油气藏成藏模式的研究仍是薄弱环节。李丕龙等(2000, 2004)根据断陷湖盆的聚油模式,把岩性油气藏分为陡坡带、缓坡带、中央背斜带及洼陷带聚集模式,认为分别发育上倾尖灭型、透镜体型、古河道砂型或其他类型的岩性油气藏。赵澄林、张善文、袁静等(1999)在建立构造岩相概念时,将济阳坳陷岩性油气藏分布模式划分为陡坡带—扇三角洲岩性油气藏、缓坡带—三角洲及滩坝—湖底扇岩性油气藏、深凹带—远岸及滑塌成因湖底扇岩性油气藏、凹中隆起带—滩坝及滑塌成因湖底扇岩性油气藏^[22]。张云峰、付广等(2000)则提出了源内和源外两种砂岩透镜体成藏模式。

岩性油气藏控制因素以岩性为主,油层物性变化大,非均质性较强,其存在状态既有常温常压也有高温高压系统。岩性圈闭形成主要受沉积相带展布和最大埋深控制。不同沉积类型需要适宜深度才能形成岩性圈闭,一般过深缺少储层,过浅则缺少封堵层。影响岩性油气成藏的因素有:砂岩岩性、砂体几何特征、砂体形态与砂体烃源岩的接触面积大小、砂体内部特征和外部条件等,这些也是影响油气藏充满度的重要因素。贾承造等(2005)认为,不同类型盆地具有不同的岩性地层油气藏勘探对象,以及形成条件和发育规律;断陷盆地岩性地层油气藏的形成与富集受“三面”、“两带”控制,坳陷盆地岩性地层油气藏的形成与分布受大型三角洲前缘砂体、“源、相、面”的综合影响。陈冬霞、庞雄奇等(2004)通过对济阳坳陷岩性油气藏的系统分析,认为岩性油气藏主要受构造环境和沉积环境、油源条件、砂体储集物性等因素的控制,提出了岩性油气藏“三元”成因机制的看法^[23,24]。万晓龙、邱楠生等(2004)以东营凹陷牛35井为例,分析了控制岩性油气藏成藏的微观因素主要为泥质(灰质)含量、孔隙度、渗透率均质性、喉道特征、方解石胶结物等^[25]。

现有的复杂岩性油气藏成藏理论,各家并不统一。地质条件的多样性和油气成藏过程和作用的复杂性,再加上断裂作用和差异聚集作用,使油气聚集变得更复杂。目前,关于复杂岩性油气藏形成条件、形成机理、宏观和微观控制因素、形成阶段和成藏期次的研究还比较薄弱,尚未形成系统的成藏模式,在一定程度上影响了油气资源分布和油气藏预测的准确性,制约着许多盆地(区带)油气勘探开发的进程。

中国中、新生代含油气盆地多为陆相含油气盆地,盆地具有多期成盆、多凹共生、多种构造带类型、多物源、多类型沉积、多层系、多期次运聚、多种

油气成藏组合的特点。在以往的复杂岩性油气藏的勘探中，主要存在以下问题。

第一，以往的研究工作中，对复杂岩性油气藏富集的特点及其演化特征缺乏系统分析，目前还没有形成一套较完整的成熟理论指导体系和勘探技术。

第二，复杂岩性油气藏的储层评价和预测中，现代高分辨率层序地层学理论为砂体预测和生储盖组合的划分提供了有效思路，测井资料约束反演下的三维高分辨率地震资料处理与解释为储层的预测提供了有效的技术手段，现代成像测井、核磁共振测井新技术的应用使储层精细评价成为可能。但是，随着油气勘探开发程度的提高，中等厚度和较薄层的油气层将成为目前和将来油气勘探的主要接替区，地震资料对于这类地质体和深层储集体特征反映较为模糊或者无法反映储层特征。另外，储层特征（类型多样性、孔隙演化史、裂缝等以及其宏观和微观的非均质性）、烃源岩特征及盖层有效性三者的组合样式直接影响油气藏的丰富程度、油气层产量。对于生储盖组合关系及其性能的评价缺乏系统性和整体性。

第三，随着勘探程度提高和勘探理论、新技术的应用，储层特征的多样化问题尚未充分引起人们的广泛关注。勘探中大多注重于对传统的储层特征的评价，对于特殊成因的储层和多种岩石类型的储层共生特点及其控制因素缺乏系统的认识。当前，碎屑岩储层中具有低孔隙度、低渗透率、低含油气饱和度油气层（“三低”油气层）的测井评价是油气藏分析中的难点之一^[26~29]。

一般而言，低渗透油气藏的类型很多，而且大多数是复杂岩性油气藏。不同类型的低渗透油气藏评价的重点和解释方法都不尽相同。低渗透油气藏涉及中—高孔低渗性储层、低孔低渗型砂岩储层、低渗砾岩储层、泥岩裂缝性储层、裂缝型碳酸盐岩和火成岩储层等6种类型。

第四，影响和控制岩性油气藏成藏的因素众多，对不同地质背景下的岩性油气藏的主控因素尚需进一步研究。

第五，岩性油气藏成藏研究基本多是单一的、静态的成藏条件研究，例如沉积、储层、构造特征、烃源岩研究等，缺乏过程和动态研究。

因此，岩性油气藏成藏研究还应结合含油气系统、层序地层学、沉积学理论，应用现代分析测试技术，以及现代的地球物理勘探和油气藏描述等多项技术，应用多学科理论进行多层次、多尺度的储集体预测和油气藏预测。

三、主要研究内容

针对以上存在的问题，该书以岩性油气藏成藏研究为主线，以成藏条件成藏规律研究为重点，以地质、现代测试分析、地球物理资料及精细储层预测为手段，以岩性圈闭预测和油、水分布规律评价为目的，针对惠民凹陷临邑洼陷岩性油气藏特征及形成机理展开研究。

1. 复杂岩性油气藏的生储盖组合特征分析及其评价

1) 储层类型分析及精细解释

惠民凹陷中储层类型复杂多样,如砂砾岩、粉砂岩、碳酸盐岩、火山岩、接触变质岩,以及特殊成因的地质体可能作为储层,如震积破裂岩等。

随着勘探领域由中浅层向中深层发展,由厚层储集体向中等或薄层储集体发展,油气勘探难度越来越大,所以本书中,储层评价注重于地震尺度反映不明显或无法显示的中等厚度和较薄储层或深层储层的类型划分及精细评价。

(1) 碎屑岩储层。

主要注重于储集体成因特征及储集性能评价,尤其是针对于“三低”油气藏储层的评价。

(2) 火山岩储层。

根据火山岩岩相、岩石类型、孔隙类型及其演化、裂缝发育特征,对火山岩储层性能进行评价。测井资料约束反演下的三维地震资料处理与解释,提供了火山岩储层宏观分布预测方面的丰富信息;地质资料、录井、测井,尤其是高分辨率的地层倾角测井以及现代核磁共振技术、成像测井新方法,为火山岩储层岩相识别、岩性分析、孔隙度分析、裂缝识别与评价提供了有力证据。同时,风化淋滤作用也可使火山岩的非均质性增强,成为有效储层。临邑洼陷商741井区、夏38井区、商16井区是火山岩油气藏的典型区域。

(3) 震积岩储集体。

震积岩具有大量与地震活动有关的地裂缝、微同沉积构造、阶梯状正断层、微褶皱纹理以及火焰构造、卷曲变形和砂岩岩脉等构造现象。基山砂体中,由于地震作用形成的震积破裂岩是一种初步被勘探证实了的储层类型。沙三中、上亚段中,多处见到原地扰动的震积岩和震浊积岩的分布。

2) 盖层评价

盖层的宏观分布及其封闭性能的评价是油气藏评价要素之一。盖层的岩性、厚度、孔隙及其演化、裂缝特征是盖层封闭性能评价的基本参数。在上述参数评价基础上,结合宏观分布及生储盖组合关系,评价盖层有效性。

3) 生储盖组合划分思路

在生储盖组合评价一体化思路框架下,根据现代含油气系统理论和中国东部断陷盆地的特点,以储层评价为中心,围绕由烃源岩到圈闭的整体思路,打破传统的生储盖组合划分思路,依据新思路进行厘定划分。不整合面可以沟通横向相隔很远的生、储、盖层,断层则可以沟通将纵向不直接接触的烃源层、储层,构成种类繁多的复杂生储盖组合;同时断层的切割使不同埋深的地层互相沟通,其差异活动使两盘的新老地层通过断层直接接触,断层带和烃源岩、储层、盖层配置形成了生储盖组合;另外,在动力地质作用和成岩作用下;断

层和不整合面可能变得致密，在某些地质条件下也可以构成封隔条件，与被它们沟通的储层和烃源岩层构成生储盖组合。因此，生储盖组合划分中必须考虑不整合面与断层的作用。临邑洼陷夏口断裂带附近，油层纵向分布范围广，层位多，油气藏类型多样，油气藏形成反映出多源、多期成藏特征。同时，研究区存在多种成因的油、气来源，分布层位跨度大，烃源岩成熟阶段不一，排烃特征和油气富集方式多样。因此，打破生储盖组合关系划分的原有思路，以含油气系统分析的思路作为指导，针对复杂含油气盆地的特点，依照整体、动态分析思路对生储盖组合关系进行合理划分。

2. 复杂岩性圈闭类型及发育模式

通过重点油气藏解剖，分析岩性尖灭线、地层超覆线、储集岩体的顶底板面和断层面等因素的有机配合，以及油源、储集性能和生储盖组合特征，总结复杂岩性圈闭类型特征，以及相应的发育模式。

3. 复杂岩性油气藏成藏条件分析

隐蔽油气藏的形成与碎屑岩储集体分布、火山岩岩石类型有关，因此应综合考虑沉积微相（火山岩相）→储集体展布（火山岩分布）、生烃中心（有机、无机成因气气源）、输导体系等特征，进而分析油气藏的形成。其中主要分析油气藏形成关键时刻的生储盖组合、输导体系特征等。

4. 探讨隐蔽油气藏中油、水分布规律

根据录井、试油资料和测井资料精细解释，结合构造特征、层序和沉积体系分析结果，通过重点油气藏剖面的解剖和地层水、油、气各项物理参数和地化参数空间分布规律探讨，分析隐蔽油气藏中油水分布规律及控制因素。尤其是注意对异常油、水分布规律的分析，如对上倾尖灭砂体中油水倒置分布规律及其控制因素的分析。

5. 建立复杂岩性油气藏成藏模式

针对不同构造部位、层序地层框架、沉积体系和储层特征及成岩作用，通过典型复杂岩性油气藏解剖，掌握复杂岩性油气藏的地质特点及其与构造、火山活动、地层层序、沉积体及后期成岩作用之间的关系，进而根据烃源岩特征和油气藏形成条件的变化，分析复杂岩性油气藏圈闭类型、成藏要素、主控因素，建立相应的油气藏成藏模式。

四、关键技术及技术路线

在消化和吸收前人大量研究成果及丰富地质资料基础上，根据整体、动态—静态结合、宏观—微观控制因素分析相结合的研究思路，在掌握研究区构造特征及演化历史、火山活动、地层层序、沉积体系特征及其演化、成岩作用特征、烃源岩分析评价成果的基础上，利用先进的分析测试手段和测井新技术，

以地质条件作为约束，建立适合复杂岩性储层参数评价和盖层有效性评价关键参数的计算模型；通过储层的精细评价和盖层有效性预测，寻找研究区生、储、盖分布的优势区域及有利的复杂岩性油气藏的生储盖组合及其样式，找出合理划分生储盖组合的依据。通过重点解剖复杂岩性油气藏，详细分析了复杂岩性油气藏类型、成藏条件、主要生排烃时期成藏要素的时空配置，研究复杂岩性油气藏形成的宏观、微观控制因素和油气水分布规律（正常、异常分布）。最后，针对惠民凹陷中，处于不同构造部位、层序框架以及沉积体系下的岩性油气藏，分析其油气水分布规律，建立相应的复杂岩性油气藏成藏模式。其具体技术流程如图 0-1 所示。

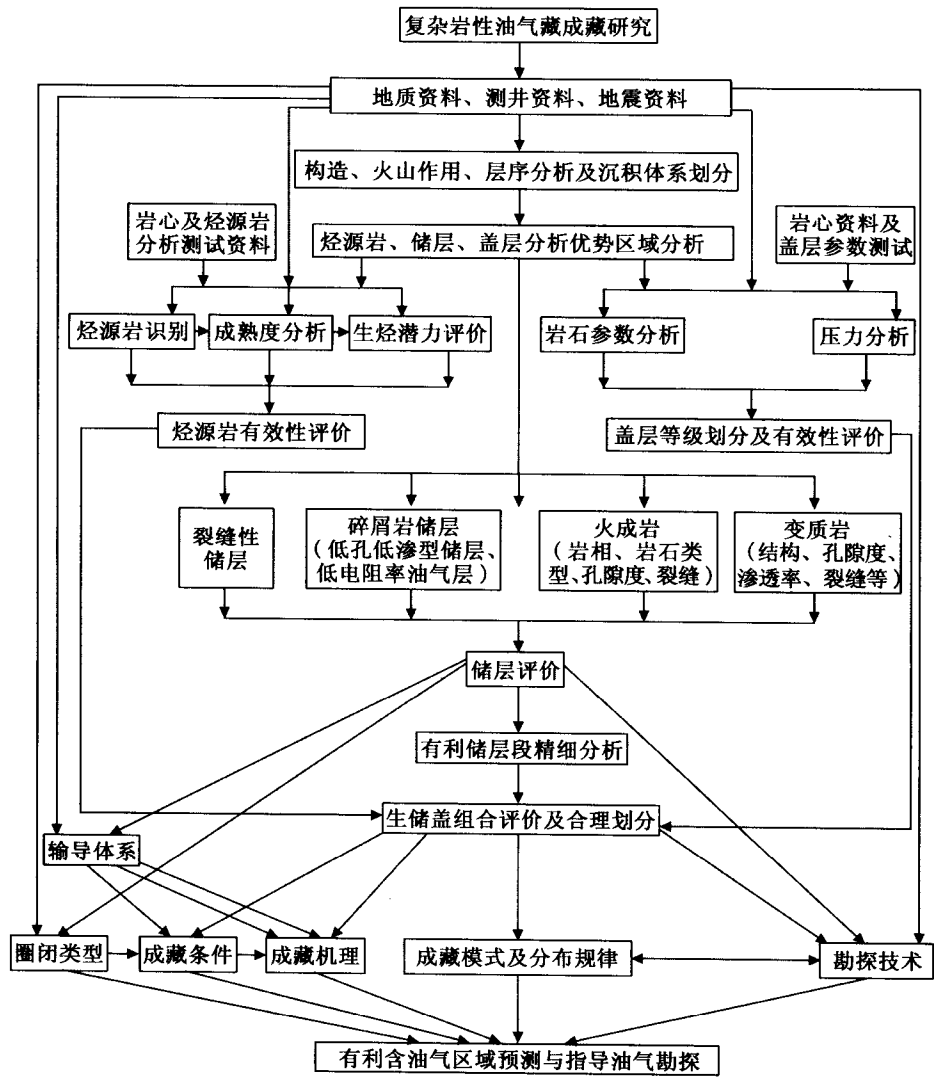


图 0-1 复杂岩性油气藏研究技术路线图

第一章 区域地质背景

惠民凹陷位于渤海湾盆地济阳坳陷西南部，是济阳坳陷 4 个重要的含油气凹陷之一，包括滋镇洼陷、中央隆起带、临南洼陷、惠民南斜坡、里则镇洼陷、阳信洼陷等构造单元。其中，中央隆起带、临南洼陷和临南斜坡合称为临邑洼陷，临南斜坡以夏口断裂与临南洼陷相接，由西向东主要包括西南缓坡带、曲堤地垒等单元（图 1-1、图 1-2）。

临邑洼陷构造活动强烈，断裂发育，扇三角洲、河流、三角洲、湖泊等多种成因砂体纵横分布，其间存在多期沉积间断，间夹频繁火山作用。多种地质因素综合作用，形

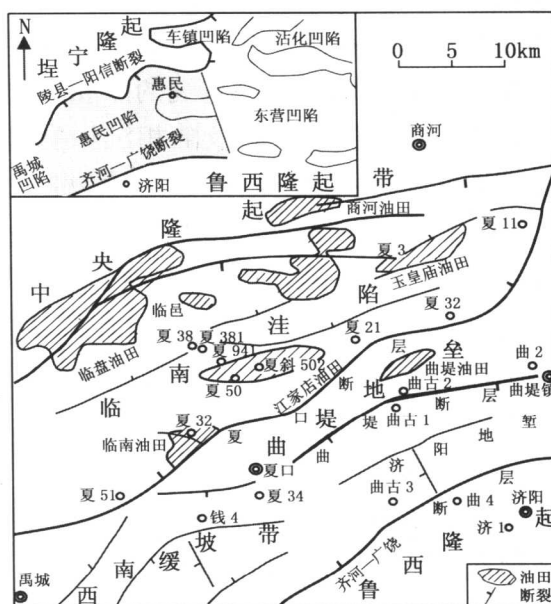


图 1-1 临邑洼陷位置图

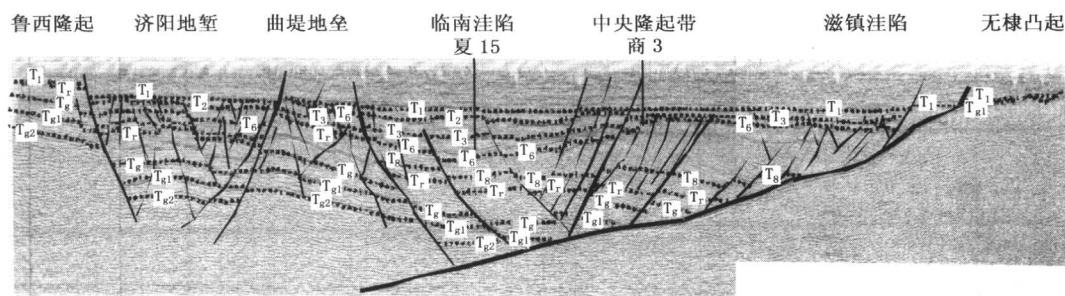


图 1-2 惠民凹陷中部南北向地震剖面(498.5)

T_1 —馆陶组底部含砾砂岩或砾岩的反射层； T_2 —沙一中段生物灰岩、白云岩、灰质泥岩的反射层；

T_3 —沙三上亚段砂层组顶面的反射层； T_6 —一般在洼陷内是沙三中段亚段油页岩集中段的反射层；

T_7 —一般是沙三下亚段厚层页岩或石灰岩的反射层； T_8 —孔二段顶面反射层； T_r —中生界剥蚀面与上覆孔店组砂泥岩层的反射层； T_g —中生界、元古宇、太古宇顶面不整合面的反射层； T_{g1} —中奥陶统顶面(假整合面)的反射层； T_{g2} —寒武系馒头组页岩顶反射层。其中， T_g 、 T_{g1} 、 T_{g2} 反射层的地质含义与济阳坳陷一致

成了惠民凹陷临邑洼陷丰富典型的构造油气藏、地层油气藏、岩性油气藏和复合油气藏类型。