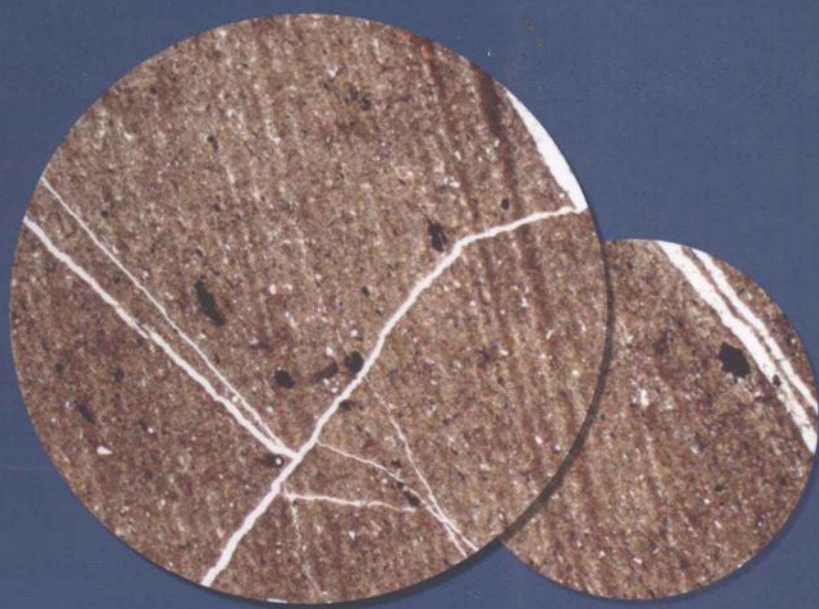


砂岩岩性圈闭 含油性定量评价技术 ——以东营凹陷为例

高永进 著



地质出版社

砂岩岩性圈闭 含油性定量评价技术

——以东营凹陷为例

高永进 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书以东营凹陷为背景、以砂岩岩性油气藏的含油性预测为主线,提出了岩性油气藏的勘探技术流程,分析了岩性油气藏的地质特征、成藏条件、输导体系构成、成藏主控因素,建立了不同油藏类型、不同成藏模式含油性定量预测数学模型,形成了岩性油气藏勘探技术及方法。

本书坚持理论与实践结合、技术与方法并重,以典型实例解剖为主,对断陷盆地岩性油气藏勘探具有指导意义,也可作为在校大学生及研究生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

砂岩岩性圈闭含油性定量评价技术:以东营凹陷为例/高永进著. —北京:地质出版社, 2011.1
ISBN 978-7-116-07105-6

I. ①砂… II. ①高… III. ①砂岩—岩性圈闭—含油气性—定量分析—东营市 IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 000540 号

SHAYAN YANXING QUANBI HANYOUXING DINGLIANG PINGJIA JISHU

责任编辑:刘亚军 夏军宝

责任校对:杜 悦

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话:(010)82324508 (邮购部); (010)82324578 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010)82310759

印 刷:北京天成印务有限责任公司

开 本: 787mm × 1092mm $\frac{1}{16}$

印 张: 12.5

字 数: 310 千字

版 次: 2011 年 1 月第 1 版

印 次: 2011 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 80.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-07105-6

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

前言

胜利油田经过 40 余年的勘探实践和研究,发现了许多岩性油气藏,如东营凹陷的梁家楼油田、牛庄油田、樊家油田、史南油田东辛油田以及沾化凹陷的渤南、五号桩油田等。从东营凹陷“九五”期间上报的探明储量来看,纯构造类油气藏所占的比例已经远远小于隐蔽油气藏,其中岩性油气藏又占隐蔽油气藏的 60% 左右。到目前为止,济阳坳陷岩性油藏已占总储量的 27.5%。其中,“九五”期间比例为 34.2%,“十五”期间高达 47%,呈明显上升势头。据资源测算,其剩余待探明储量在 5 亿吨以上,占有剩余资源潜力的 50% 以上,勘探潜力巨大。

目前,岩性油气藏成藏理论和含油气评价技术的研究正处于迅速发展阶段,对于盆地成藏动力系统的详细解剖和成藏机制的物理模拟等一系列重要研究成果,将为岩性圈闭精确的含油气预测提供更加充分的理论根据与更为有效的技术手段。但目前尚未系统地研究岩性油气藏的形成与分布特点,没有形成一套符合岩性油气藏成藏特点、比较完善的勘探理论体系和技术方法。

笔者多年从事岩性油气藏研究和勘探工作,从砂岩岩性油藏勘探的实际出发,研究岩性油气藏的基本地质特征、分布规律、成藏条件、输导体系构成和输导效能、含油气性预测、成藏主控因素,结合物理模拟试验,建立了不同油气藏类型、不同成藏模式的岩性油气藏含油性定量预测技术,形成了一套完善的岩性油气藏勘探技术流程。取得的主要理论及技术创新成果有:

(1) 提出了沙三段中亚段油气藏存在大量源外成藏新认识,建立了由薄砂体和裂缝组成的隐蔽输导体系概念模型和岩性油气藏成藏模式。

(2) 明确了岩性体宏观上含油性主要受源岩、储层和输导体系等要素控制,微观上主要受排烃强度、砂体物性、与优质源岩距离和围岩压力等因素控制,并厘定了成藏临界地质条件。

(3) 建立了不同油藏类型、不同成藏模式含油性定量预测数学模型,进一步完善了岩性油气藏勘探技术流程,有力地指导了东营凹陷岩性油气藏勘探。

本研究成果对我国东部断陷盆地岩性油气藏的勘探具有重要的指导作用和推广应用价值,丰富和发展了我国陆相石油地质理论。

本书在吸收前人研究成果基础上,结合笔者对砂岩岩性油气藏研究的点滴认识,较为系统地阐述了岩性油气藏的基本理论和研究思路及方法。

全书共分为六章。

第一章介绍了岩性油气藏的基本地质特征、研究现状以及岩性体成因机制。

第二章介绍了岩性油气藏成藏条件，重点论述了油源条件、圈闭条件、成藏动力条件。

第三章介绍了岩性油气藏的输导体系构成和结构样式，提出了岩性油气藏成藏模式。

第四章介绍了岩性油气藏的成藏主控因素及临界地质条件，并利用物理模拟试验模拟了岩性砂体油气充注过程，探讨了岩性砂体成藏的临界地质条件。

第五章介绍了岩性砂体含油性定量预测技术，着重介绍了利用多因子分析方法建立岩性砂体含油性与主控因素间的数学关系，实现了含油性的定量预测。

第六章介绍了岩性油气藏的勘探实践，分析了东营凹陷岩性油气藏的有利勘探区，分类论述了东营凹陷岩性油气藏的勘探实践及成果。

本书是几代石油地质工作者岩性油气藏勘探实践经验的总结，是胜利油田广大科技工作者辛勤劳动的结晶。研究过程中，始终得到了中国石油化工股份公司科技部及中国石化胜利油田分公司有关领导、专家的指导和帮助，得到了中国石化胜利油田分公司科技处、勘探处、勘探项目管理部、地质科学研究院领导、专家的支持，在此一并表示最衷心的感谢！

目 录

第一章 岩性油气藏地质特征	1
第一节 岩性油气藏研究进展及勘探现状	1
一、研究进展	1
二、勘探现状	2
第二节 岩性体成因及分布	2
一、岩性体成因	2
二、岩性体类型	4
三、岩性圈闭发育规律	5
第三节 岩性油气藏地质特征	6
一、岩性油气藏类型	7
二、岩性油气藏含油性特征	8
三、岩性油气藏空间分布	12
第二章 岩性油气藏成藏条件分析	17
第一节 油源条件	17
一、油源分析	17
二、烃源岩分布及生烃潜力评价	28
第二节 圈闭条件	33
一、圈闭类型	33
二、储集条件	35
第三节 成藏动力	48
一、岩性油气藏成藏动力	48
二、岩性油气藏成藏阻力	60
第三章 岩性油气藏输导体系与成藏模式	62
第一节 输导体系构成要素	62
一、断层输导作用	62
二、薄层砂输导作用	65
三、裂缝输导作用	70
四、有机质网络输导作用	76
第二节 输导体系结构样式	77
一、输导体系结构样式	77
二、模拟实验	79
第三节 成藏模式	83

一、成藏期次	83
二、油气成藏模式	87
第四章 岩性油气藏成藏主控因素	89
第一节 典型油气藏实例解剖与物理模拟	89
一、含油岩性砂体解剖	89
二、未钻遇油气岩性砂体解剖	97
第二节 岩性油气藏成藏主控因素物理模拟	101
一、实验原理	101
二、实验模型设计	102
三、实验过程和步骤	103
四、成藏过程物理模拟实验	103
五、成藏主控因素物理模拟结果	108
第三节 岩性油气藏充满度主控因素	111
一、构造条件	112
二、沉积条件	115
三、烃源岩生排烃条件	117
四、储层物性条件	121
五、地层压力条件	124
第四节 岩性油气藏成藏临界地质条件	125
一、烃源岩条件	126
二、储层物性条件	127
三、油气运移垂向距离	129
四、地层压力	130
第五章 岩性油气藏含油性定量预测技术	132
第一节 因子分析法概述	132
一、因子分析概念	132
二、因子分析方法	132
第二节 岩性油气藏成藏主控因素因子分析	133
一、东营凹陷岩性油气藏充满度主控因素因子分析	133
二、不同油气成藏体系岩性油气藏充满度主控因素因子分析	137
第三节 岩性油气藏充满度多因素预测模型的建立	144
一、相关性分析的概念及方法	144
二、岩性油气藏成藏要素相关性分析	145
三、岩性油气藏充满度综合预测模型的建立	147
第六章 岩性油气藏勘探实践	174
第一节 岩性油气藏有利勘探区	174
一、沙四段上亚段	174
二、沙三段下亚段	174

三、沙三段中亚段 175

四、沙三段上亚段、沙二段下亚段 177

第二节 岩性油气藏勘探实践及成果 177

一、洼陷带勘探实践 177

二、陡坡带勘探实践 181

三、缓坡带勘探实践 183

参考文献 187

第一章 岩性油气藏地质特征

第一节 岩性油气藏研究进展及勘探现状

一、研究进展

在岩性油气藏勘探开发过程中,岩性圈闭定量描述技术和岩性油气藏的成藏机制、预测评价技术一直是国内外研究的焦点内容(潘元林等,1998;沈守文等,2000;李丕龙等,2003,2004;张善文,2003;冯有良等,2003;曲寿利,2003;贾承造等,2004;庞雄奇等,2004),研究成果具有明显的阶段性。

在20世纪80年代之前,对于岩性油气藏特殊的成藏机制研究得并不多,当时研究的重点在于油气藏特征和油气分布的静态描述和初步的动态分析(胡见义,1986)。在这一时期,“源控论”的思想和油气成藏的静态分析(胡朝元等,2002;赵孟军等,2005),对宏观规律的描述和大型构造油气田的勘探提供了有力的理论指导和技术支持,但是并没有从机制上或成因上系统地研究岩性油气藏的形成与分布特点,没有形成一套符合岩性油气藏成藏特点、比较完善的勘探理论体系和技术方法。

80年代后期发展成熟起来的“低熟油”、“含油气系统”、“超压体系及压力封存箱”、“幕式排烃”等理论,为岩性油气藏的成藏分析、含油气预测提供了理论依据(王铁冠等,1995;王捷,1999;赵文智等,2001,2004,2005;金之钧等,2002,2005;Hunt,1990;李明诚,2002;康永尚等,1999)。此后,岩性油气藏的地质预测技术、岩性储层地球物理预测描述技术迅速发展并应用于油气勘探工作,取得了较好的勘探效果(王西文,2004;贾承造等,2004;邹才能等,2004)。

90年代以来,随着地球物理技术、实验室分析技术、油气成藏理论和勘探理论的发展,岩性油气藏的成藏研究,特别是含油性评价技术逐渐成为油气勘探技术中的重要组成部分(贾承造等,2004;隋风贵等,2004,2005;邱桂强等,2001,2003;庞雄奇,2003;曾溅辉,2003;姜振学,2003)。对油气生成、排出和进入岩性圈闭的动态过程的研究,已经成为岩性油气藏研究的关键问题,实验室分析技术和物理模拟技术的发展为该项研究工作提供了重要支撑(曾溅辉,2003;陈红汉,2002)。

目前,岩性油气藏成藏理论和含油气评价技术的研究正处于迅速发展阶段,对于盆地成藏动力系统的详细解剖和成藏机制的物理模拟等一系列重要研究成果将为岩性圈闭精确的含油气预测提供更加充分的理论根据与更为有效的技术手段。发展和完善定量或半定量评价岩性圈闭含油气性的技术和方法,是岩性油气藏成藏研究的重要发展方向。

二、勘探现状

世界上许多含油气盆地都发现了大量的岩性油气藏(李丕龙等, 2002; 贾承造, 2004), 如美国得克萨斯索耶尔气田宾夕法尼亚亚系三角洲和浊流透镜体砂岩油气藏、俄罗斯卡尔梅克区纳捷什金油田下白垩统海相潜伏透镜体砂岩油气藏及乌德宾-库尔坦油田透镜体砂岩油气藏等。岩性油气藏的勘探在我国正方兴未艾, 据 2000 年资料统计, 南襄盆地岩性油气藏的储量占探明储量的 36.8%, 江汉盆地潜江组岩性油气藏储量占总储量的 30.2%。

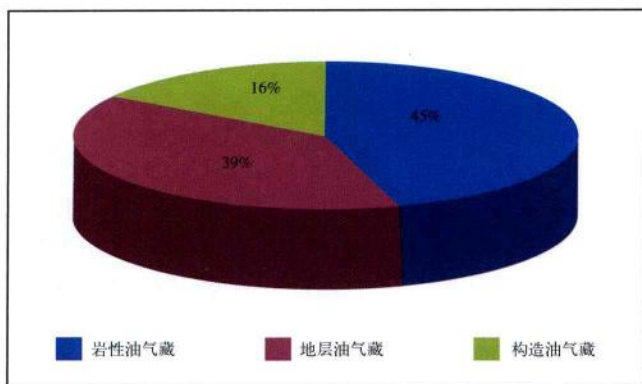


图 1-1 “十五”期间东营凹陷探明储量油气藏类型构成

胜利油田经过 40 余年的勘探实践和研究(张善文, 2003; 李丕龙, 2003; 王永诗, 2003; 邱桂强, 2001, 2003; 张林晔, 2004), 也发现了许多岩性油气藏, 如东营凹陷的梁家楼油田、牛庄油田、樊家油田、史南油田以及东辛油田, 沾化凹陷的渤南、五号桩油田等。从东营凹陷的探明储量来看, 纯构造类油气藏所占的比例已经远远小于隐蔽油气藏。其中岩性油气藏又占隐蔽油气藏的 60% 左右(图 1-1)。

到目前为止, 济阳拗陷岩性油气藏已占总储量的 27.5%。其中, “九五”期间比例为 34.2%, “十五”高达 47%, 呈明显上升势头。据资源测算, 其剩余待探明储量在 5 亿 t 以上, 占有所有剩余资源潜力的 50% 以上, 勘探潜力巨大。

第二节 岩性体成因及分布

济阳拗陷岩性圈闭的形成主要受构造活动及沉积充填的控制, 构造活动决定沉积盆地的沉积序列和圈闭发育, 沉积充填制约储盖组合和圈闭类型。

一、岩性体成因

济阳拗陷构造演化历史复杂, 古近纪是裂谷盆地发育的主要时期, 此时的济阳拗陷具有多个构造及沉积旋回。济阳运动早期, 基底断裂继续活动, 使原有的块体进一步破碎, 块断运动使拗陷下降、山体抬升, 起落幅度巨大, 其相对高差达 1000m 以上; 济阳拗陷形成 4 排凸起及 3 排凹陷错列的构造格架, 为多种圈闭类型造就了基底隆起的背景, 为古近系多套生储盖组合造就了古地理环境, 并为古近系、新近系成油体系奠定了发展基础。济阳运动晚期, 即 E_{s4}^+ — E_{s2}^+ 沉积时期, 特别是 E_{s3} 沉积时期, 为盆地裂陷鼎盛期, 湖水较深, 湖盆周边山体抬升, 虽然与运动早期相比湖盆与山体相对高差较小, 构造运动不如早期强烈, 但

水体范围广泛，形成了区内广泛发育的巨厚层烃源岩，是岩性圈闭形成的主要时期（图 1-2），构成了济阳拗陷主要的生储盖组合。

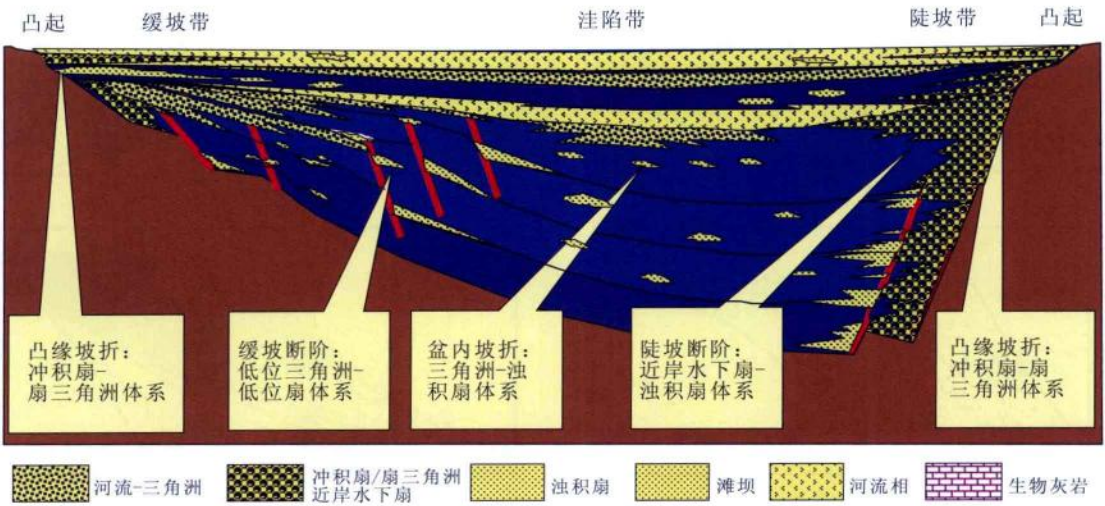


图 1-2 断陷盆地构造-沉积模式图

济阳拗陷因为右旋压扭产生大量新断层，这些同生断层的活动，形成了广泛发育的断裂伴生构造。因此，盆地构造形态、沉积可容空间的增大、同生断裂的活动和古地形的相对高差形成了各种断坡，为岩性圈闭的发育提供了地质背景。

按照断陷盆地断裂活动与坡折的组合关系及其对沉积的控制作用，将断坡划分为两类 4 种基本类型：即同沉积断坡和前沉积断坡，前者主要为陡坡断阶和缓坡断阶，后者主要为凸缘坡折和盆内坡折。陡坡断阶是由于同沉积断裂持续活动产生明显差异升降和沉积地貌突变的古构造枢纽而形成的断阶，呈带状分布于断陷盆地陡坡带，构成盆内沉积区域的边界（图 1-3a）；缓坡断阶是由于缓坡带调节断层间歇活动期产生的差异升降和沉积古地貌突变而形成的断阶，呈带状分布于断陷盆地缓坡带（图 1-3b）。前沉积断坡是在早期活动断层形成的古地貌背景上，由于风化侵蚀作用造成地形坡度突变而形成的，按其发育部位可进一步划分为如下两种：凸缘坡折是在早期活动断层形成的古地貌背景上，由于风化侵蚀作用造成地形坡度突变而形成的坡折，呈带状分布于凸起边缘部位（图 1-3c）；盆内坡折是在早期活动断层形成的古地貌背景上，由于不同时期沉积速率差异而造成地形坡度突变而形成的坡折，呈带状分布于盆内三角洲平原与三角洲前缘的结合部（图 1-3d）。

坡折带的发育对层序、沉积以及层序中的叠置单元的发育都会有所影响，甚至在某种程度上会对它们的发育起到一定的控制作用。断陷盆地不同时期，在不同构造部位发育的不同成因机制的断坡类型控制了不同的沉积体系，形成不同的断坡控砂模式（图 1-4），对隐蔽圈闭特别是岩性圈闭的形成发育具有控制作用。

凸起地形坡折带控制冲积扇、扇三角洲砂砾岩体，缓坡断阶同沉积坡折带控制低位三角洲、低位扇砂体，陡坡断阶同沉积坡折控制近岸水下扇及其浊积砂体，洼陷区沉积型坡折带控制着深水浊积扇和高位滑塌浊积砂体。

1. 岩性圈闭分布区带

济阳坳陷古近系岩性圈闭主要分布在东营、沾化和车镇凹陷的中央洼陷带部位及临近洼陷的斜坡带部位,这些地方一般以三角洲前缘、三角洲前缘滑塌浊积、深水浊积和滨浅湖滩坝沉积体系较为发育,而北部陡坡带和南部缓坡则为水下扇体、河流、扇三角洲、冲积扇等沉积体发育的区域。

2. 岩性圈闭发育层位

济阳坳陷古近系岩性圈闭分布于1500~4000m范围内,主要分布在2500~3500m之间。从层位看, $Es_3^{\text{下}}$ 、 $Es_3^{\text{中}}$ 、 $Es_3^{\text{上}}$ — $Es_2^{\text{下}}$ 这三个层序岩性圈闭最为发育, Es_4 有少量的分布。

3. 岩性圈闭沉积相带

岩性圈闭主要发育于4个沉积相带,即深水浊积扇、三角洲前缘滑塌浊积扇、近岸水下扇、滨浅湖滩坝,其中以深水浊积扇和三角洲前缘浊积扇为主。深水浊积扇分布广泛,在层位的低位、高位和湖侵体系域沉积时期均有发育。在东营凹陷、沾化凹陷、车镇凹陷的南部洼陷带内较为发育,如梁家楼、史南、牛庄、渤南、孤北地区。在凹陷北部同生断层下降盘也有深水浊积扇的分布,如五号桩浊积扇、东营北带胜北断层下降盘扇体、埕南断裂带浊积体等。三角洲前缘滑塌浊积扇砂体主要分布在盆地南部斜坡带三角洲向前深入水下的地带,特别是在中央洼陷带发育三角洲—滑塌浊积扇体系,如东营三角洲及其前缘滑塌浊积扇砂体、高青三角洲前缘滑塌浊积体、惠民临南洼陷南部三角洲滑塌浊积扇砂体等。滨浅湖滩坝砂体形成于层序发育的湖侵期和高位期,位于坡折带之上,是由于湖岸或岸边的砂体受湖浪侵蚀改造形成的一种沿岸分布的砂体。滩坝砂体常自身尖灭或与断层相结合形成岩性圈闭或构造—岩性圈闭。

4. 不同区带的岩性圈闭分布有差异

陡坡带,在低台阶或靠近湖盆深水部位,主要发育与扇体有关的岩性圈闭;二台阶主要发育与扇体有关的构造—岩性、岩性—构造圈闭。缓坡带,向盆地一侧发育大型低位域的缓坡远岸深水浊积扇,形成砂岩透镜体圈闭。在同沉积断裂坡折带,发育构造—岩性圈闭和一些小型的深水浊积砂体形成的砂岩透镜体圈闭。缓坡带中的斜坡带占据缓坡带面积的大部分。由于古地形的起伏,在两个相邻古地形高地之间的湖湾内或水下古隆起周围常形成滩坝砂体。在湖泊微扩张期,浅湖区面积大,滩坝砂体最发育,大多可以形成岩性圈闭。洼陷带,同沉积断层控制着储层的发育与分布,断裂坡折带的下降盘是浊积体发育的最有利部位。洼陷带岩性圈闭类型相对简单,以远岸深水浊积扇和三角洲前缘滑塌扇为主要成因的砂体形成砂岩透镜体圈闭,但众多砂岩透镜体在空间上叠置连片。

总之,针对岩性圈闭,构造作用为砂体形成时的环境,沉积相带为岩性圈闭形成的物质,两方面同时作用,才能形成岩性圈闭。

第三节 岩性油气藏地质特征

油气在由于岩性变化形成的圈闭中聚集就会形成岩性油气藏。根据岩性圈闭成因和遮挡条件的差异,可分为砂岩岩性油气藏、特殊岩性油气藏两个亚类。其中砂岩岩性油气藏

洲、近岸水下扇、三角洲、浊积扇、冲积扇、河流、滨浅湖砂质滩坝。但并不是每种类型的砂体都适合岩性圈闭的形成，济阳拗陷古近系岩性圈闭主要分布在深水浊积扇砂体、滨浅湖滩坝砂体、三角洲、扇三角洲前缘砂体以及近岸水下扇砂体等储集体内。

1. 深水浊积砂体

深水浊积扇砂体主要由沉积在浅湖区的扇三角洲、三角洲砂体甚至滩坝砂体在重力作用下再次搬运至稳定深水区堆积而成，具有粒度细、分选好的特点，成分成熟度和结构成熟度均较高，具有较好的储集物性。在济阳拗陷寻找湖底扇砂体着眼两个方面：一是断陷扩张期的深洼区；二是断陷扩张期的扇三角洲和三角洲前缘地区，特别是稳定发育的大型三角洲前方的低洼区。这类砂体与生油岩直接接触或被其包围，具有良好的油源条件，且与断层等构造配合，可以构成岩性圈闭或构造-岩性圈闭。

在断陷湖盆的陡坡带，主要发育扇三角洲、近岸水下扇沉积，其前缘砂体受断层及水动力条件的影响，向盆地方向滑塌形成深水浊积扇砂体。在缓坡带，主要发育三角洲和扇三角洲沉积。伴随着湖平面的升降变化，一方面，在浪基面附近，由于波浪和沿岸流等作用，可形成滩坝沉积；另一方面，三角洲和扇三角洲由于重力作用，可形成滑塌浊积岩。在洼陷内部，主要发育半深湖—深湖沉积以及洪水重力流形成的规模较大的远源深水浊积扇体。

2. 滩坝砂体

层序地层学认为，滩坝砂体更容易形成于湖侵期和高水位期，位于坡折断层之上，是一种由于湖浪对沉积在湖岸或浅湖的砂体侵蚀改造而成的平行于湖岸分布的砂体。由于低水位期坡折带之上是不整合层序界面，因此滩坝砂体往往表现为，剖面上向层序上倾方向上超尖灭，平面上侧向尖灭。滩坝砂体可以靠自身的侧向尖灭，或与断层相结合，形成岩性圈闭或构造岩性圈闭。

东营凹陷滩坝砂体主要分布在凹陷南部滨浅湖区，沾化凹陷滨浅湖滩坝砂体多分布于孤南洼陷南部缓坡地带。由于济阳拗陷沉积中心东移，惠民凹陷水体较浅，滨浅湖区范围较大，滩坝砂体较为发育。

3. 近岸水下扇砂体

近岸水下扇多形成于盆地陡坡带或同生断层落差较大的地区，大多发育在断陷扩张沉积期。济阳拗陷的近岸水下扇主要发育于陈南断裂带、阳信洼陷北带深陷区、埕南断裂带、埕东断裂带及义和庄凸起的局部地区。近岸水下扇砂体近物源，砂砾岩百分含量较高，大都与生油岩呈侧变式接触或包围在生油岩中，油源条件优越，可成为有利的油气储集体。这些扇体或者直接伸入到附近洼陷的生油岩之中，或者通过断层与之沟通，是济阳拗陷较为有利的储油砂体。

三、岩性圈闭发育规律

济阳拗陷古近纪的发展演化可分为裂陷初期、裂陷期及拗陷期三个构造演化阶段，其中 $E_{s4}^{上}$ — $E_{s2}^{下}$ 沉积时期是重要的裂陷时期。此时气候温润，发生快速湖进，湖盆分割性强，山高水深，地形变化大，具备各类砂体发育的构造、沉积和古气候条件，地层中发育了大量岩性圈闭。济阳拗陷岩性圈闭分布规律是：

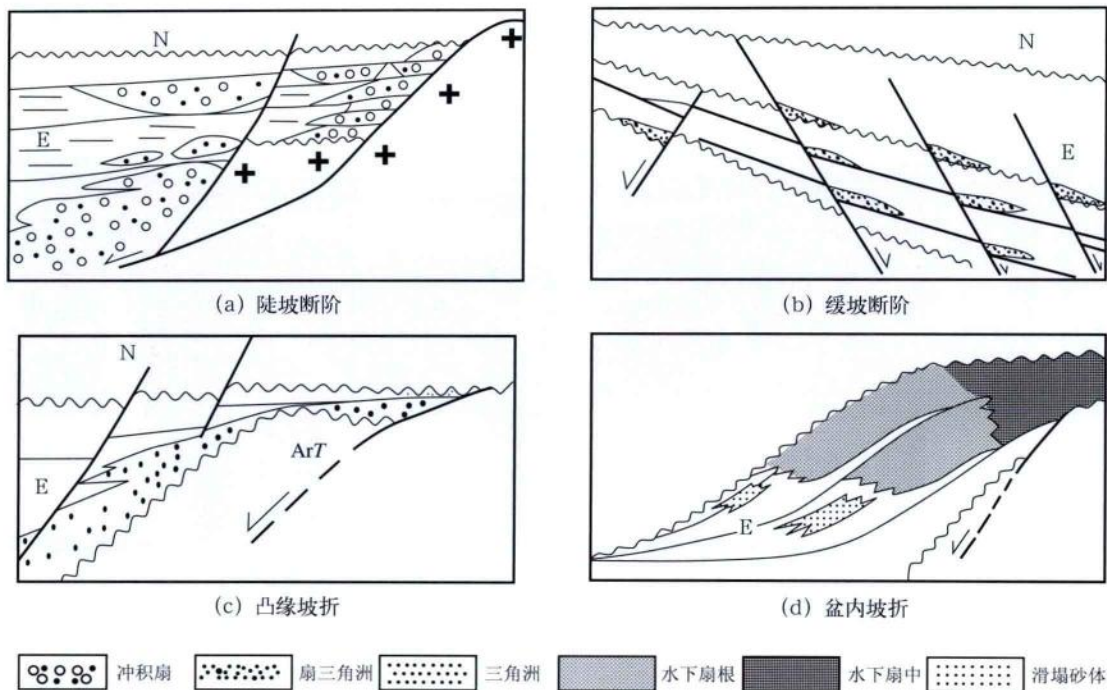


图 1-3 断陷盆地断坡类型模式图

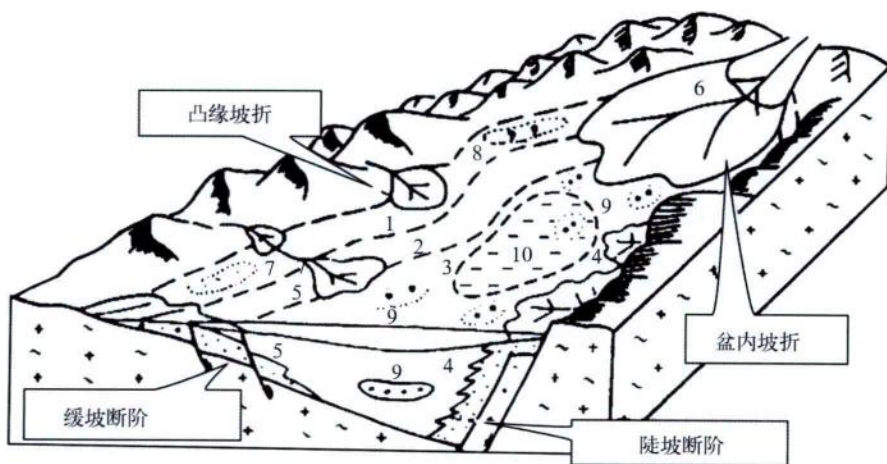


图 1-4 断陷盆地断坡控砂模式图

1 — 冲积平原；2 — 滨浅湖；3 — 半深湖、深湖；4 — 扇三角洲或水下扇；5 — 辫状河三角洲；6 — 轴向三角洲；7 — 浅水碎屑滩坝；8 — 生物碎屑滩；9 — 浊流沉积；10 — 生油中心

二、岩性体类型

沉积环境对岩性圈闭形成发育的控制作用主要表现在控制着不同类型砂体的空间展布及其演化。济阳坳陷古近系发育多种不同成因类型的砂体，归纳起来主要有 7 种，即扇三角

又分为砂岩上倾尖灭岩性油气藏、砂岩透镜体岩性油气藏两种。

岩性油气藏具有以下特征：①储集体往往穿插和尖灭在烃源岩中，生储盖条件优越；②与储集岩体同期形成，圈闭形成期早于油气生排烃期；③岩性油气藏分布与河湖沉积相带有关，具带状分布特征。

一、岩性油气藏类型

东营凹陷内发育的岩性油气藏大致可归纳为砂岩透镜体油气藏、砂岩体上倾尖灭油气藏、生物礁油气藏、物性封闭油气藏及构造-岩性油气藏等类型。砂岩透镜体油气藏中的砂体，又包含浊积砂体和古河道砂体两种类型（见下表）。其中以砂岩透镜体油气藏、上倾尖灭油气藏及构造-岩性油气藏类型居多，占东营凹陷岩性油气藏的95%以上，其平面和剖面形态如图1-5所示。

表 东营凹陷岩性油气藏分类

岩性油气藏	砂岩透镜体油气藏		浊积砂体岩性油气藏 古河道砂体岩性油气藏	
	砂岩上倾尖灭油气藏			
	生物礁油气藏			
	物性封闭油气藏			
	构造-岩性油气藏			

油气藏类型		平面形态	剖面形态	实例
岩性油气藏	砂岩透镜体油气藏			营11
	上倾尖灭油气藏			郝3
复合油气藏	断层-岩性油气藏			王107

剥蚀线断层油水边界线油藏水藏

图1-5 东营凹陷主要岩性油气藏分类示意图

1. 透镜体岩性油气藏

它是指透镜状储集体分布于非渗透性岩层中形成圈闭, 油气聚集其中所形成的油气藏。东营凹陷的沙三段中亚段透镜状浊积岩岩性油气藏分布广泛, 如牛庄洼陷沙三段岩性油气藏, 利津洼陷的营11透镜体岩性油气藏等, 都发育有典型的透镜状岩性油气藏。其特点是: 砂体类型多为浊积砂体; 分布在品质良好的生油岩中, 构成自生、自储、自盖的油气藏类型; 砂体充满系数变化较大, 在2.32%~91%之间; 一般具有低孔渗高压高产的特征(压力系数高达1.2~1.75)。

2. 上倾尖灭岩性油气藏

它是指砂岩上倾方向储集性能变差, 由非渗透层围限形成圈闭被油气充注而形成的油气藏。其围岩一般为沙三段、沙四段生油岩, 通常与单斜构造有关。东营凹陷的现河、滨南、牛庄等油田都发现了大量此类油气藏, 如营5井区沙三段下亚段油气藏、胜坨地区的坨142沙三段中亚段油气藏。

3. 构造-岩性油气藏

这类油气藏属于复合油气藏, 存在于单斜翘倾构造带中。岩性与构造背景都是形成油气藏的因素, 且岩性为主要因素。梁家楼沙三段中亚段油气藏是这类油气藏的典型代表。构造-岩性油气藏是受断层封堵和岩性尖灭共同控制形成圈闭, 如王107沙二段上部砂体, 油气聚集在砂体构造高部位。

二、岩性油气藏含油性特征

(一) 充满度特征

张厚福(1999)等应用充满系数, 即含油高度与圈闭的闭合高度的比值来评价油气藏的含油量大小。武守诚(1994)将油气充满度定义为含油面积占圈闭面积的百分数。曾溅辉(2002)利用油气充满度来评价砂体的含油量, 将砂体油气充满度定义为砂体含油体积与砂体体积之比。

需要注意的是, 砂岩透镜体的体积就是砂岩圈闭的体积。针对透镜体岩性油气藏类型, 计算其充满度时主要考虑透镜体的特殊几何形态, 各参数计算采用算术平均值; 上倾尖灭型岩性圈闭由于其砂体形态的特殊性及东营凹陷实际砂体的具体特征, 单砂体沿构造上倾方向岩性尖灭, 计算充满度时以砂体尖灭线为准; 断层-岩性型油气藏计算充满度时以砂体尖灭线和侧向封闭的断层边界线为准, 分别计算参数值。

1. 充满度总体分布

如图1-6所示, 统计结果表明, 东营凹陷岩性圈闭充满度分布范围较广, 差别大, 在0~91%之间, 平均值为37.6%; 图1-6中对应圈闭编号无数值的为充满度值缺失的圈闭。充满度最大的油气藏坨143砂体, 其充满度达到91%, 充满度为0的砂体是指无油气显示或者纯水层等不含油砂体; 充满度主要分布在25%~55%区间范围内, 充满度>80%的圈闭仅有2.3%(图1-7)。

2. 不同类型油气藏充满度特征

从砂体类型看, 构造-岩性油气藏的平均充满度为42.4%; 砂岩透镜体油气藏的充满度

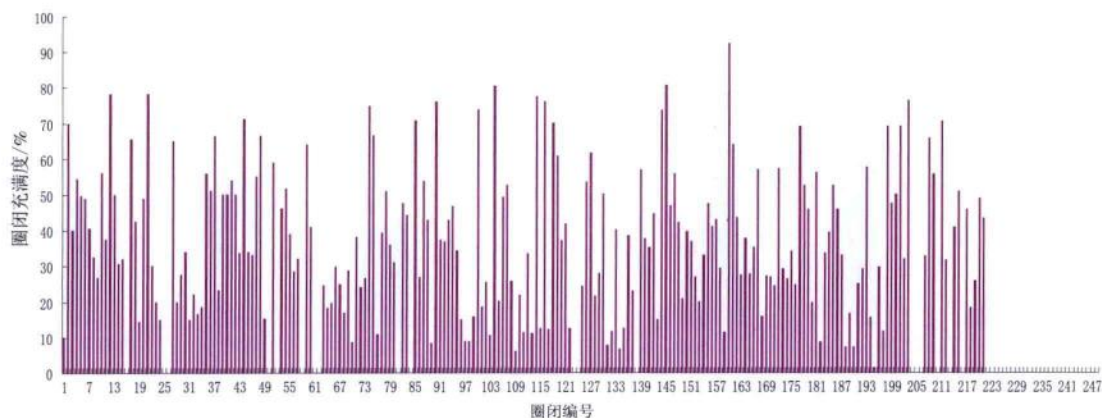


图 1-6 东营凹陷岩性圈闭充满度分布柱状图

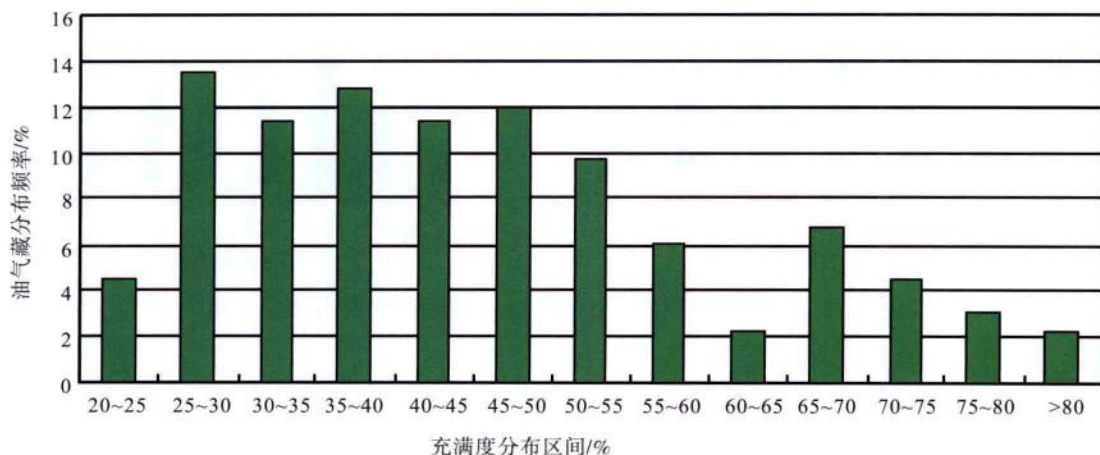


图 1-7 东营凹陷岩性油气藏圈闭充满度分布频率图

集中在 30%~80% 之间，平均值为 48.6% (图 1-8)。

3. 不同埋深及层位圈闭充满度变化特征

在不同埋深条件下圈闭充满度的大小变化有一定的规律，埋深 2000~3700m 之间的圈闭，砂体的分布频率及充满度随埋深的增加，先增大，后减小。充满度最大范围分布在 2600~3400m 埋深，超过 3400m 以后，充满度逐渐减小。岩性砂体的个数在 3000~3200m 埋深之间最多 (图 1-9)。

从岩性油气藏分布的层位来看，东营凹陷沙二段下亚段、沙三段上亚段、沙三段中亚段、沙三段下亚段以及沙四段上亚段均有分布，但主要分布在古近系沙三段中亚段、沙三段下亚段以及沙四段上亚段，占 90% 以上，其中沙三段中亚段圈闭平均充满度为 30.1%，油气藏的平均充满度为 45.6%，沙三段下亚段油气藏充满度为 43%，沙四段上亚段油气藏充满度为 46% (图 1-10)。无论是圈闭充满度还是油气藏充满度，沙四段上亚段的数值都是最高，其次为沙三段下亚段，再次为沙三段中亚段，这种分布特征与烃源岩的分布有直接影响关系。