

乐安稠油油田开发技术

郭洪金 著

石油工业出版社

登录号	229482
分类号	
种次号	

TE345
021

乐安稠油油田开发技术

郭洪金 著



石油大学 0226163

石油工业出版社

内 容 提 要

本书基于乐安油田勘探开发历程,记述了乐安油田地质勘探、油藏工程、钻井完井工艺、采油工艺等油田开发的实践过程,揭示了油田开发中暴露出的难点问题。本书的出版对了解稠油油田开发模式具有重要的意义,可作为从事石油地质、油田开发、矿场生产岗位的科研技术人员和石油院校相关专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

乐安稠油油田开发技术/郭洪金著.
北京:石油工业出版社,2003.6
ISBN 7-5021-4258-4

I. 乐…

II. 郭…

III. 粘性原油-油田开发-乐安县

IV. TE345

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 035795 号

石油工业出版社出版
(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)
河北省徐水县印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 11.75 印张 300 千字 印 1—600 册

2003 年 6 月北京第 1 版 2003 年 6 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-5021-4258-4/TE·2988

定价: 30.00 元

前 言

乐安油田位于山东省广饶县城北的草桥村一带，构造位于济阳坳陷东营凹陷的南缘斜坡、草桥鼻状构造带的根部，内部被石村大断层切割，为典型的稠油油田。乐安油田包括砂砾岩特稠油油藏和碳酸盐岩特稠油潜山油藏，其馆陶组稠油主要分布在南区及东区。由于储层岩性复杂，边底水活跃，加之油品的特殊性，使油藏各项主要指标都处于国内外热采油藏筛选标准的下限，开发难度极大。

乐安稠油油田从 1988 年草 20 单井热采试验成功以来，开发已近 15 年。15 年来稠油热采系统广大科技人员努力攻关，在钻井、完井、注汽、采油及计量测试等方面先后研究并推广新技术 30 多项，逐步形成了适合油藏特点的工艺技术系列，取得了一批达到国际国内领先水平的科研成果，为乐安稠油油田持续发展做出了重要贡献。随着开采时间的延长，蒸汽吞吐进入高周期生产，井间汽窜干扰严重，吞吐效果变差，原油产量大幅度递减；其次，由于油藏内部压降大，边底水侵入加剧，井间汽窜以及蒸汽超覆造成的油层动用不均等问题已成为制约油田开发的主要因素，严重影响了乐安油田转驱开发及油田采收率的提高。因此，如何提高注汽利用率、扩大油层加热带、提高纵向和平面波及程度，如何选择后续开发方式及新工艺技术的应用等问题，是乐安油田提高采收率及稳产的关键问题。

当前，乐安稠油油田开发处于重要的转折时期，迫切要求总结多年来的经验，拓宽思路，在新形势下应用新技术，解决新问题。本书从乐安油田的勘探开发历程入手，论述了乐安油田勘探、开发、钻完井工艺、水平井工艺及采油工艺等方面的实践过程，忠实地记录和反映了科技人员对乐安油田进行认识、探索、创新的全过程，集中展示了乐安油田开发的艰辛历程，希望能向国内同行提供有益的借鉴与参考。

谨以此书向参与、支持乐安油田开发的各级领导、广大科技人员及管理人员，表示由衷的敬意和衷心的感谢。

编 者

2003 年 5 月

目 录

第一篇 油田地质特征及勘探开发历程

第一章 乐安馆陶组油藏	(3)
第一节 乐安油田地理位置及构造位置	(3)
第二节 地层及油层	(3)
第三节 构造	(6)
第四节 储层特征	(7)
第五节 油水分布	(11)
第六节 油藏流体性质及其压力系统	(11)
第二章 碳酸盐岩稠油油藏	(13)
第一节 概况	(13)
第二节 地层特征	(13)
第三节 构造特征	(17)
第四节 潜山成藏条件	(18)
第五节 储层特征	(19)
第六节 油藏特征及其控制因素	(26)
第三章 勘探开发历程	(27)
第一节 勘探简况	(27)
第二节 开发历程及各开发阶段指标	(28)

第二篇 油藏工程研究

第四章 草 20 断块蒸汽吞吐开发先导试验	(35)
第一节 筛选与评价	(35)
第二节 注蒸汽试采成果评价	(36)
第三节 蒸汽吞吐先导试验油藏工程方案研究	(37)
第五章 草 20 断块蒸汽驱先导试验	(46)
第一节 蒸汽驱可行性研究	(46)
第二节 蒸汽驱试验油藏工程方案研究	(48)
第六章 蒸汽吞吐开采规律和动态特征研究	(55)
第一节 单井周期吞吐特征	(55)
第二节 吞吐效果影响因素分析	(56)
第三节 含水变化特征	(57)
第四节 吞吐开发可采储量	(57)
第五节 吞吐末期极限油汽比及极限产量	(60)
第七章 蒸汽驱开采规律	(62)

第一节	蒸汽驱试验综述	(62)
第二节	蒸汽驱动态特征	(62)
第三节	改善蒸汽驱效果措施	(67)
第四节	蒸汽驱试验初步评价及扩大试验	(69)
第八章	水平井开采稠油油藏	(72)
第一节	可行性分析	(72)
第二节	热采水平井数值模拟研究	(73)
第三节	水平井试验区试验方案设计	(78)
第四节	热采水平井吞吐开采特征	(80)
第五节	热采水平井产能影响因素	(84)
第九章	草古 1 潜山注蒸汽开采规律研究	(86)
第一节	热采可行性研究	(86)
第二节	数值模拟优化研究	(88)
第三节	草古 1 潜山注蒸汽开采油藏工程方案设计	(88)
第四节	草古 1 油田开采动态特征及规律	(91)
第五节	潜山油藏油井含水变化规律	(94)

第三篇 钻井完井工艺

第十章	直井钻井完井工艺技术	(99)
第一节	钻井完井液性能要求与选择	(99)
第二节	屏蔽暂堵技术	(100)
第三节	完井方式及其完井工艺	(100)
第十一章	水平井钻井完井工艺技术	(106)
第一节	水平井钻井液	(106)
第二节	水平井完井工艺	(106)

第四篇 采油工艺及其配套技术

第十二章	注采配套工艺	(113)
第一节	注蒸汽配套工艺	(113)
第二节	采油配套工艺	(115)
第三节	氮气泡沫调剖技术	(116)
第四节	边水整体治理技术	(120)
第五节	井下自生气复合泡沫调剖技术	(123)
第六节	高温粘土防膨技术	(126)
第七节	KW-1 高温驱油助剂	(129)
第八节	综合解堵工艺	(133)
第九节	热化学剂应用	(135)
第十三章	注蒸汽热采动态监测技术	(138)
第一节	注入蒸汽流量监测技术	(138)
第二节	井筒注汽参数监测技术	(140)

第三节	温度场及热前缘监测技术·····	(145)
第四节	应用示踪剂技术确定蒸汽驱井组井间流通关系·····	(148)
第十四章	冷采工艺的应用及发展·····	(152)
第一节	电加热抽稠油工艺·····	(152)
第二节	特种抽稠油泵·····	(154)
第三节	井筒热流体循环降粘抽稠油工艺·····	(158)
第四节	冷采工艺应用·····	(162)
第十五章	油井防砂技术·····	(168)
第一节	高压充填防砂技术·····	(168)
第二节	YS复合防砂工艺技术·····	(175)
第三节	热采复合防砂技术·····	(179)
参考文献	·····	(181)

第一篇

油田地质特征及勘探开发历程

第一章 乐安馆陶组油藏

第一节 乐安油田地理位置及构造位置

乐安油田位于山东省东营市广饶县城之北的草桥村一带，油田东西长 13km，南北长 13.5km，工区面积 260km²，是一个大型的油田。

乐安油田构造位置处于济阳坳陷的南斜坡，东营凹陷的南缘。其西南方向为鲁西隆起，东南为广饶凸起与牛头镇洼陷相间；西、北分别为博兴洼陷和牛庄洼陷；东与王家岗油田相望，是一个三面临洼，近靠隆、凸起，并向盆地内倾没的大型边缘斜坡构造带上形成的鼻状单斜构造（图 1-1）。

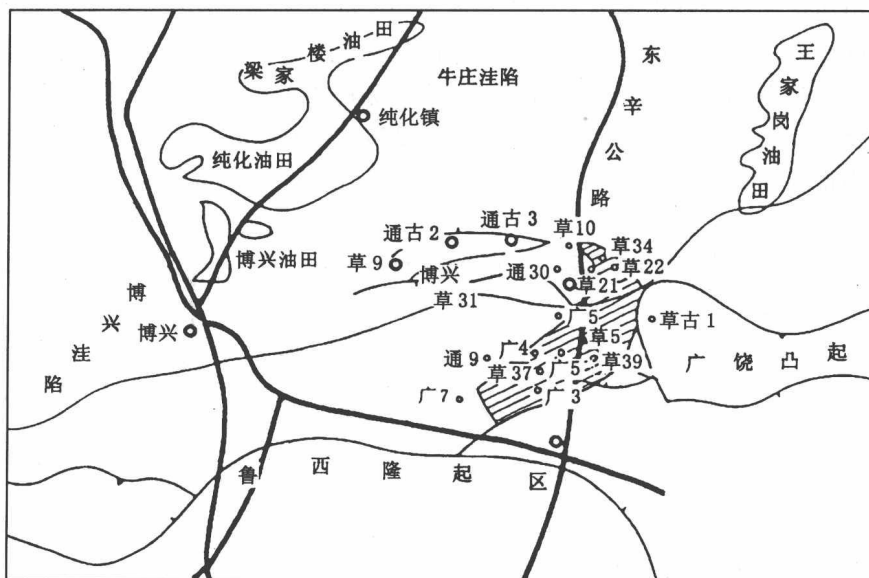


图 1-1 乐安油田位置图

根据断裂系统和含油情况，乐安油田可划分为 3 个区，以断层作为分区界限。石村断层的下降盘为南区，上升盘的东南部为东区，西部为西区，两者以草 13-85 断层为界。由于西区构造位置较低，故馆陶组油层主要分布于东区和南区。本区主要含油层系为馆陶组底部砂砾岩、沙和街组储层及奥陶系潜山稠油油藏。

第二节 地层及油层

一、地层层序

根据本区钻井提示，地层从老至新，分布有古生界寒武系及奥陶系的碳酸盐岩；中生界

石炭二叠系煤系地层，白垩系砂砾岩及砂泥岩；新生界第三系始新统孔店组的红色砂砾岩；渐新统沙河街组的泥页岩夹砂质岩、碳酸盐岩地层，东营组砂泥岩地层；中新统馆陶组砂砾岩以及砂泥岩，明化镇组砂泥岩地层；第四系平原组沙质粘土层。

二、含油层系

据目前探明及开采情况，本油田主要含油层系为馆陶组底部砂砾岩体，主要分布在乐安油田的东区和南区。

三、稠油油层层组划分

馆陶组底部的砂砾岩体，形成于不整合面之上，厚度稳定，平面分布面积广，埋藏较浅，孔隙发育，是本地区的主要含油层系。

馆陶组砂砾岩厚度为 20~40m，纵向上由若干个沉积单层构成，经过对砂体的纵横向对比研究，同时考虑到开发的实用性，将馆陶组底部砂砾岩体东区划分为 Ng₁、Ng₂、Ng₃ 3 个砂体，其中 Ng₂ 砂体又可细分为 Ng₂¹、Ng₂²、Ng₂³ 3 个韵律段，每一个韵律段均为一个正韵律，其间由泥质岩相隔。

四、油层纵向、横向分布特点

乐安油田南区储层岩性以砾岩为主，顶部为一厚度小于 2m 的砂岩，中下部为砂泥质充填砾岩，厚度约占整体厚度的 1/3，中上部一般为砂质充填砾岩，但有少部分井在上部也有砂泥质充填砾岩，下部为砂质充填砾岩分布。内部夹层为泥质岩或砂质泥岩，厚度较小也不连续，很不稳定，厚度小于 3m。油层厚度 3.7~28m，一般大于 14m，有效厚度 3.6~25m，向东部、东南部迅速减薄以至尖灭。净总比为 65%~100%，一般大于 80%（图 1-2、图 1-3）。

东区 Ng 组油层可分 3 个砂层组，隔层稳定分布。其中 Ng₂ 可分为 3 个韵律层，夹层分

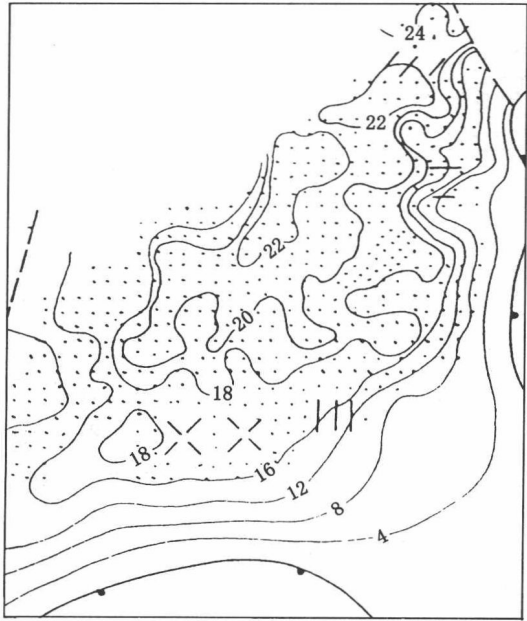


图 1-2 乐安油田南区馆陶组
储层厚度等值图

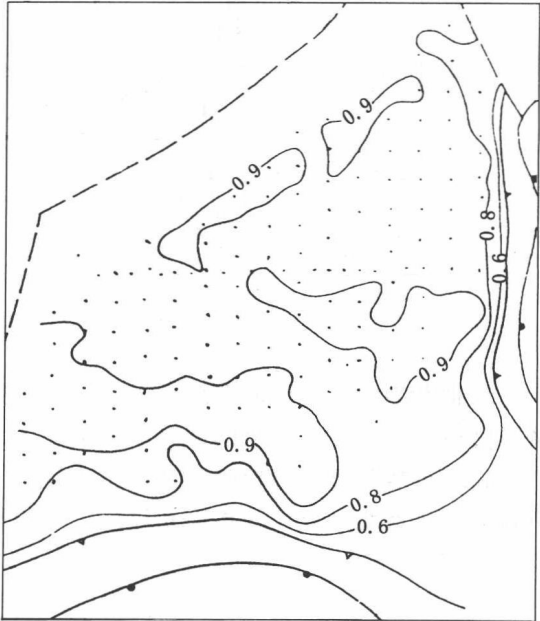


图 1-3 乐安油田南区馆陶组
储层纯总比等值图

布稳定，厚度小于2m，各韵律层的岩性差异较大，平面上岩相变化大，由西向东依次为砾岩、含砾砂岩和砂岩相。其中 Ng_3 呈局部分布，面积较小，厚度较小，一般为2~4m。东区油层厚为5~35m，有效厚度为3~30m，净总比较南区大，大于70%（图1-4、图1-5、图1-6）。

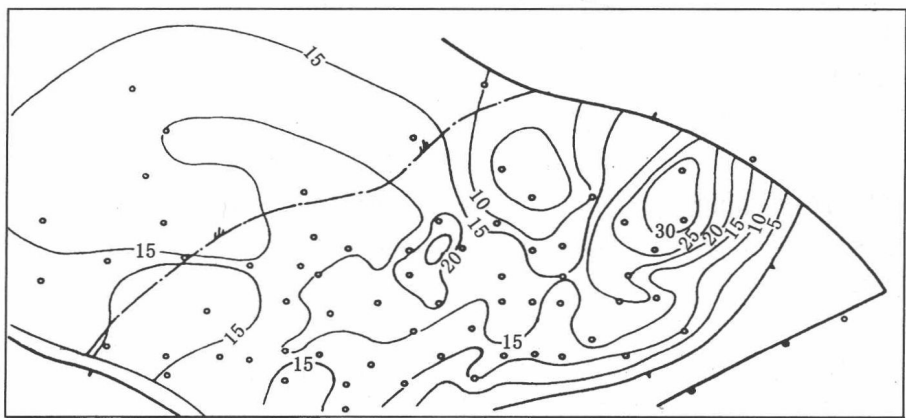


图 1-4 乐安油田东区草 20 断块 Ng_2 砂体等厚图

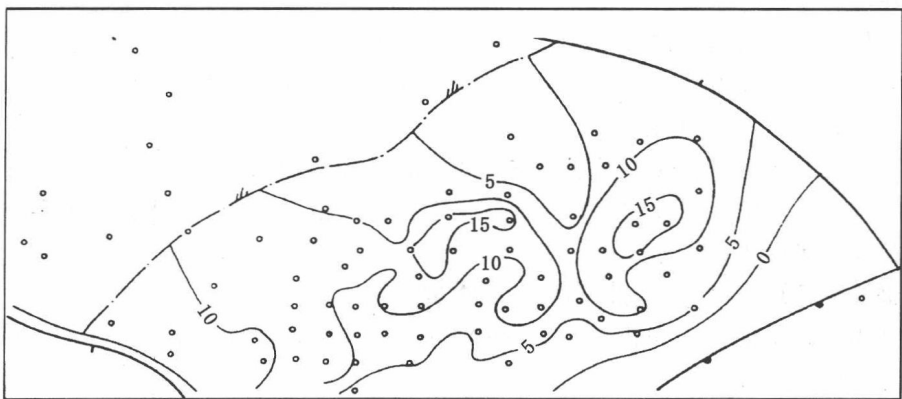


图 1-5 乐安油田东区草 20 断块 Ng_2 油层有效厚度等值图

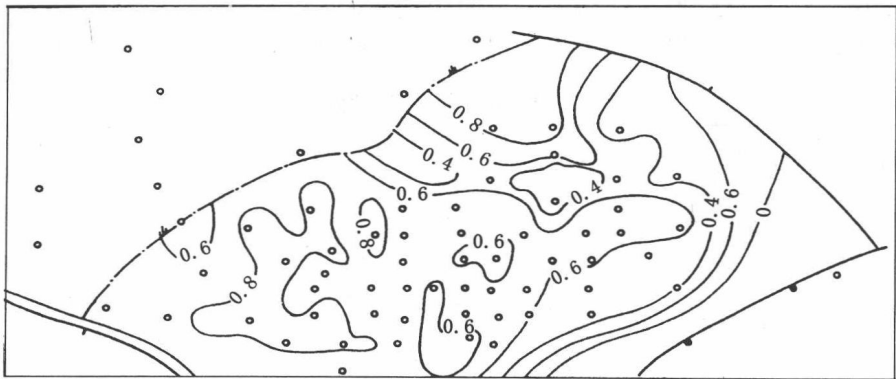


图 1-6 乐安油田东区草 20 断块 Ng_2 油层纯总比分布图

第三节 构造

一、区域构造背景

乐安油田作为济阳坳陷的一个边缘地区，与渤海湾盆地一样，经历了早裂谷、裂谷和晚裂谷 3 个时期。

1. 早裂谷期

在构造位置上，济阳坳陷位于渤海湾盆地南缘，处于中、朝大陆内。印支运动前，区域构造仍然保持地台格局，从而使该部分地壳也随之膨胀、上拱，进一步地壳表层产生拉张，当拉张达到岩石的弹性极限时，就产生了断裂，并伴有深部熔岩的侵入和喷发。地壳产生破裂使得地下能量以释放，然后，地壳发生冷却、收缩。断裂部分开始下限，形成盆地雏形，这就是早期裂谷作用。

2. 裂谷期

继早裂谷期之后，地壳继续冷却，收缩加剧，陷落的幅度增加，导致盆地得以快速充填。从而沉积了几千米厚的孔店组和沙河街组地层。裂谷期是盆地的发育全盛期，速沉降、快速沉积，盆地内部产生次级断裂，形成一系列洼陷和凸起，并伴有多次火山活动。

3. 晚裂谷期

盆地在经历了裂谷期后，地壳的热导常逐渐消失，能量逐渐平衡，盆地进入了区域性的坳陷阶段，使深部能量与沉积负荷达到新的平衡。虽然晚裂谷期的构造作用与前两个时期比较明显减弱，但盆地并没有进入稳定期，构造回春使得次级断裂不断发生，并使深部大断裂再闪活动，伴有强烈的火山喷发。

馆陶组砂砾岩体就是在晚裂谷期形成的。晚裂谷作用使盆地边缘的隆、凸起继续升高，伴随强烈的风化。馆陶组中部的玄武岩层就是晚裂谷期作用的物质表现，其产状和时代与邻庐断裂带昌乐一带的火山岩相近。

二、稠油油藏顶（或底）面构造形态（类型）

乐安油田馆陶组油层顶面构造形态比较简单，呈单斜或鼻状，构造幅度平缓，倾角 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ ，倾向为北—北西向（图 1-7）。

三、断裂系统

乐安油田断层十分发育，发育了 2 组断层。近东西向断层有 4 条，为石村断层、通 30 断层、草 37 断层、草 13-157 断层等；近南北向断 6 条，为广 10 西断层、草 25 断层、草 13-51 断层、草 13-45 断层、通 72 断层、13-85 断层等。其断层要素见断层数据表（表 1-1）。

表 1-1 乐安断层数据

断层名称	落差 m	走向	倾角 (°)	倾向 (°)	落实程度
石村	100 左右	东西	45	189	落实
草 13-157	40	东西	50	0	落实
通 30	30	东西	45	5	落实
草 37		东西		175	未落实
广 10 西		南北			未落实

续表

断层名称	落差 m	走向	倾角 (°)	倾向 (°)	落实程度
草 25	50	南北	45	220	落实
草 13-51	50	南北	45	90	落实
草 13-45	30	南北	45	270	落实
通 72	20	南北	50	90	落实
草 13-85	20	南北	40	272	落实

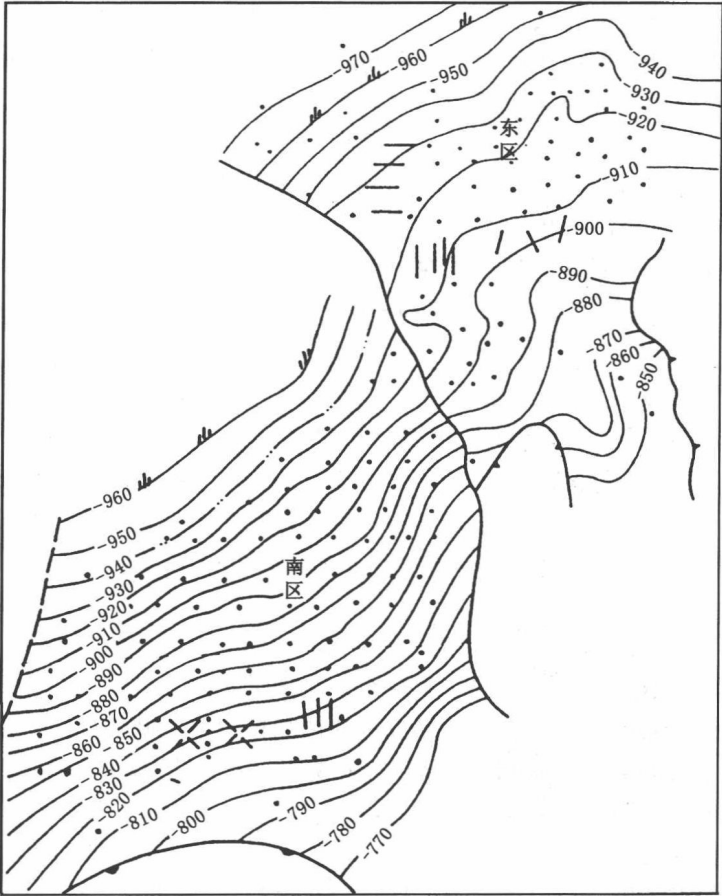


图 1-7 乐安油田构造井位图

第四节 储层特征

一、储层岩性及岩石学特征

馆陶组底部砂砾岩体的岩性可分为砾岩、砂岩、含砾砂岩、泥岩 4 种类型。

1. 砾岩

砾岩是乐安地区馆陶组底部的主要岩性。纵向上，南、西区约占砂体厚度的 70% ~

80%，东区占30%~60%。

砾岩的砾石成分以石灰岩为主，约占总砾石含量的80%，另外还有石英砂岩砾石和玄武岩砾石，各占10%左右。砾石的最大砾径为140mm×110mm，一般砾岩粒径在东、西区为25~45mm，南区较大，一般为35~55mm。砾石的磨圆度高，多为浑圆状，部分为扁圆片状。长短轴比例为4:3~3:2左右。顺水流方向，砾石的含量和粒径都逐渐变小，中砾级以上的砾石磨圆度增加。

砾石经室内鉴定表明：石灰岩砾石的矿物成分为隐晶质方解石和少部分的显晶质白云石，其母岩为古生界中奥陶系的马家沟石灰岩。石英砂岩石为硅质胶结的石英质砂岩，结构致密坚硬，其母岩为上古生界石炭系的石英砂岩。玄武岩石呈斑晶结构，部分具杏仁构造，其质地由斜长石和辉石组成，其母岩为馆陶组之下的中一部生界不同层位。

岩石的砾间充填物主要由小砾石（小于5mm）、砂质和泥质组成，部分为次生钙质。其成分、含量与岩石所处的相位置有关。

2. 砂岩

砂岩的主要矿物成分有石英、长石和岩屑，一般石英含量为25%~55%，长石含量为25%~40%，岩屑为30%~60%。属于近源、低成熟度的硬质砂岩。砾石的结构比较疏松，多为泥质胶结，胶结物含量变化较大，在5%~2%之间。

砂岩的筛析资料表明，粒度中值为0.1~0.25mm，分选系数为1.5~2.0。

3. 含砾砂岩

主要特征以砂岩为主，砾石含量为5%~25%，一般在15%左右。砾石在砂岩中呈分散状，部分为顺层富集。砾石成分可分两种：一种为灰质，一般砾径为10~25mm，磨圆度高，呈浑圆状；另一种为石英石，一般砾径为2~5mm，磨圆度相对较差，多呈次圆状。砂岩的矿物成分以石英、长石、岩屑为主，其含量各占三分之一左右。泥质胶结、胶结物含量平均小于6%，颗粒的分选性较好，岩石结构疏松。粒度中值为0.25~0.5mm，以中砂岩为主。

4. 泥岩

颜色以紫红色和绿灰色为主。泥岩质较纯，见成岩擦痕，少部分略含粉砂质，无页理，呈块状，富含黄铁矿晶体，少化石，仅见少量的植物根、茎、叶的碎片。泥岩多呈薄—中层状。泥岩的X衍射分析表明，混层（伊利石/蒙脱石）粘土占74%~84%，伊利石占4%~10%，高岭石为12%~40%，绿泥石为0~4%。

二、储层沉积特征

乐安油田馆陶组砂砾岩体厚度稳定，区域分布面积达260km²，依据砂体的沉积物成分、粒度、沉积结构和构造，砂体形态及古生物等特征确定了砂砾岩体为冲积体系的湿地扇沉积。进一步可细分为近端扇、中扇和远端扇3个亚相及砾岩席、网状水道槽、滩坝、网状水道、漫溢和侧缘6个微相。其特征如下。

1. 近端扇亚相

位于扇的顶部，靠近物源，是山间河道进入盆地后，坡度突然变缓，水流失去堤岸控制，水流携带的大量负荷发生卸载，而形成的粗碎屑沉积区。该亚相岩性最粗，以砾岩为主，颗粒分选较差，先期的砂体呈席状，后又水道切割。近端扇亚相又可细分为砾岩席、网状水道槽和侧缘3个微相。

1) 砾岩席微相

砾岩席微相是近端扇亚相的主要沉积相带。岩性以砂质充填砾岩为主，底部和上部可见薄层的叠状砾岩，缺少砂泥质充填砂岩或厚度很小。底部较平，缺失冲刷构造。砂体厚度稳定，分布面积广，呈席状，后期可能被网状水割成菱形或片状。纵向上，中下部泥质含量较多，但砾石直径较大，中上部砾石和充填物的分选性明显变好，每个砂体的顶部若露出水面，其上可以发育规模较小、岩性较细的砂坝或砂楔，覆盖于砾岩之上。如草 37-3 井 Ng₁ 砂体的砾岩、含砾砂岩、中砂岩、细砂岩、粉砂岩以及泥碛构造的正韵律沉积。

砾岩席微相在近端扇亚相上大面积分布，约占该亚相面积的 3/5 以上。在纵向上呈层状展布，砾岩席之间由网状水道将其隔开，每个席体规模大致相等，宽度在 600~1200m 之间，长度为 1000~2000m。一般平行于水流方向席体较长。

2) 网状水道槽微相

山间河道进入盆地之后，河岸对水流的控制明显降低，河水顺坡而下，并分散成网状，河水下切先期沉积的砾岩席，由于受近端扇亚相地形影响，河水在平面瞬时分流，河道在平面上不稳定，故下切较中扇差。

网状水道槽微相的岩性以砂泥质充填砾岩为主，局部相变为泥质砾岩和泥质较质的砂岩。网状水道槽微相在平面上呈“指”状或“枝”状，宽度在 200m 左右，其长度贯通整个近端扇亚相，在横剖面上呈顶平底凸的“槽”状或“船”状。在纵剖面上呈条带状。

3) 侧缘微相

侧缘微相是近端扇上靠近盆岸的地区，通常一般性洪水不能波及，只有在特大洪水期才淹没该区。沉积厚度较小，岩性以泥质岩和薄层砂岩夹层为主。

2. 中扇亚相

中扇亚相是湿地扇的主体相带，一般来说厚度稳定且较大，面积也大，岩性粗细中等，颗粒分选较好，是储油的良好相带。

中扇相上接近端扇亚相，下连远端扇亚相。中扇亚相是网状水道的活跃区，水道的摆动迁移比近端扇亚相更加频繁，可以认为中扇亚相是网状河不断迁移而沉积的产物。无论是砂坝或是滩地，均是网状水道作用的结果。中扇亚相细分为滩坝微相、网状水道槽微相、漫溢微相和侧缘微相。

3. 远端扇亚相

远端扇亚相远离物源区，位于中扇亚相的外侧，是网状水道的末稍地带，无明显的水道沉积特征，以横向砂坝和砂泥薄互层为主，泥质岩类占了冲积扇地层厚度的 60% 以上。该亚相的沉积作用以漫流作用为主，向远端相变为冲积平原或者泛滥平原相。

三、储层物性

乐安油田馆陶组储层岩性复杂，可分为砂质充填砾岩、砂泥质充填砾岩、含砾砂岩、砾状砂岩、砂岩和泥质砂岩，各种岩性岩石的孔隙度、渗透率有较大差异，因此在纵向上的物性变化特点与岩性分布一致。平面上岩性分布受沉积相带分布控制，本套储层为多期扇体的叠合体，因此平面上的变化特点为储层的综合效应特点。但总体上乐安油田的南部，东边部的孔隙度和渗透率都较差，在南区接壤地区物性最好。

对于本地区的疏松砾岩，采用常规砂岩和致密石灰岩、火成岩的测试方法，很难获得砾岩的孔隙度。为了满足油田开发的需要，除了采用常规的样品用疏松岩性规范进行分析外，经过反复实验，总结出 CT 层析法、图像仪分析法、全直径分析法、模拟试验法，以及测井孔隙度解释法测孔隙度。

四、孔隙结构特征

1. 储集空间

砾岩储层属“复模态”结构,既有砾石又有充填物,既有砾间孔隙又有充填物内孔隙。砾岩的孔隙为砾间孔、砾缘孔、充填物内孔隙、砾石裂缝、次生孔隙,其中充填物内孔隙是砾岩储层的主要孔隙。砂岩的主要储集空间为粒间孔隙。

2. 胶结类型

砂岩的胶结类型主要为孔隙式或接触式胶结。砾岩中砾岩间的接触关系可分为3种类型,分别是线性接触、点接触和游离态接触,砾石之间充填物为砂质和泥质,对应孔隙式和基底式2种。

3. 填隙物产状及成分

填隙物成分以泥质为主,含量一般小于6%,粘土的矿物成分中伊利石和蒙脱石混层占33%~38%,伊利石占15%~26%,高岭石占36%~40%,绿泥石占0~16%。

4. 储层非均质特征

乐安油田储层中有砂质充填砾岩、砂泥质充填砾岩、含砾砂岩、砾状砂岩、砂岩、砂质泥岩、泥质砂岩和泥岩,纵向上各种岩性的组合都存在,造成纵向上严重的非均质性。平面上各岩性段相变频繁也造成平面上的严重非均质性。

五、隔、夹层分布

油层内隔、夹层的厚度和分布对热力开采效果有一定的影响,若隔层比较稳定,就可以分层进行开发(如东区 Ng₁ 和 Ng₂ 开发层系),若隔层不发育或隔层厚度小而不稳定,就可以作为一个开发层系(如南区)。

夹层指油层内部的非渗透层和低渗透层,岩性为泥质岩和砂质泥岩。夹层往往在纵向上和平面上分布不稳定,邻井不连续。

乐安油田隔层主要分布于东区,岩性以紫红色或绿灰色泥岩为主,平面上分布较稳定,将 Ng 组油层分为 Ng₁、Ng₂、和 Ng₃ 3 个砂体。其中 Ng₁~Ng₂ 间隔层在东区含油区域内稳定分布。厚度 2~5m,最厚的草 20-7-9 井达 7.4m; Ng₂~Ng₃ 之间隔层分布不稳定,厚度 1~3m,其岩性在东部以泥岩为主,向西部逐渐变为粉砂质泥岩或泥质粉砂岩。

夹层主要分布在东区 Ng₂ 砂体和南区,在东区 Ng₂ 砂体内夹层有一定的连续性,可将 Ng₂ 分为 Ng₂¹、Ng₂²、Ng₂³ 3 个韵律段,夹层厚度为 0.5~1.5m。平面分布不稳定,是每次洪泛事件的物质表现。

六、油藏类型

乐安油田储层为下第三系馆陶组最底部的砂砾岩体,其上部为一厚度为 2~4m 的泥岩,与其上 40~80m 厚的玄武岩构成该油藏的良好盖层,储层以下为一角度不整合接触的沙河街组砂泥岩地层。

储层顶面构造比较简单,呈单斜或鼻状,东南高西北低,倾角为 2°~3°,油层顶面埋深为 760~960m。

乐安油田砂砾岩体储层为晚裂谷期构造回春背景下,形成于盆地边缘斜坡之上的冲积扇沉积。此湿地扇可以划分为近端扇、中扇和远端扇 3 个亚相,细分为砾岩席、网状水道槽、滩坝、漫溢和侧缘 5 个微相。

馆陶组底部砂砾岩储层,结构疏松、岩性复杂,砂砾夹杂,且多为砾岩,其厚度整个储层厚度的 40%~80%。其岩性分为砂质充填砾岩、砂泥质充填砾岩、砾状砂岩、含砾砂岩、