

中国油田

中国油田开发丛书

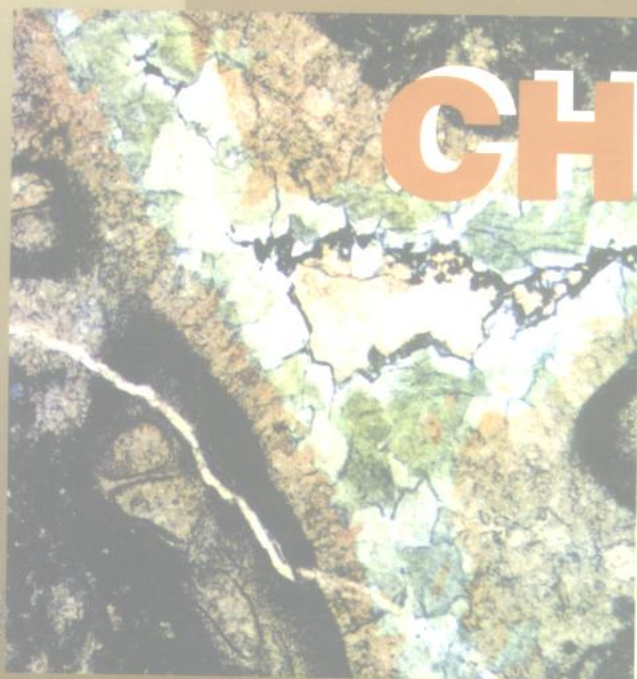
李庆昌 吴虻 赵立春 胡复唐 汤承锋 著

砾岩油田开发

DEVELOPMENT OF CONGLOMERATE OIL FIELD

THE SERIES
OF OIL FIELD
DEVELOPMENT IN

CHINA



(北京)

49

+

石油工业出版社

PETROLEUM INDUSTRY PRESS

124073

TE349

004

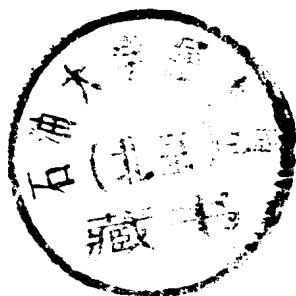
中国油田开发丛书

The Series of Oil Field Development in China

砾岩油田开发

Development of Conglomerate Oil Field

李庆昌 吴 虻 赵立春 等著
胡复唐 汤承锋



石油0117110

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是我国第一部论述砾岩油田开发的专著,它比较系统地反映了我国砾岩油田(藏)开发的实践经验和主要研究成果。全书共分为七章,重点论述了砾岩储集层的地质特征、储集层物性及孔隙结构特征,并介绍了砾岩沉积相和沉积微相研究、沉积微相与油气关系、砾岩储集层特有的复模态孔隙结构和高渗结构、渗流特征、储集层和油藏的分类评价;同时对砾岩油藏的注水开发方法、油藏动态变化规律、油藏注水开发过程中的调整与控制及提高采收率的试验研究等问题也作了较详细的叙述。本书还列举了国内外砾岩油藏的开发实例。

本书可供从事油田开发工作者及石油院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

砾岩油田开发=DEVELOPMENT OF CONGLOMERATE
OIL FIELD/李庆昌等著.

北京:石油工业出版社,1997.12

(中国油田开发丛书)

ISBN 7-5021-2066-1

I. 砾…

II. 李…

III. 砾岩-油田开发

IV. TE 349

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 13564 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)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 15 $\frac{1}{2}$ 印张 367 千字 印 1—1000

1997 年 12 月北京第 1 版 1997 年 12 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-2066-1/TE·1742

平装 定价: 40.00 元

《中国油田开发丛书》编委会

主 任：王涛
常务副主任：王乃举 张家茂
副主任：谭文彬 蒋其凯 石宝珩
委 员：周成勋 曾宪义 潘兴国 崔耀南 吕德本 叶敬东 沈平平
巢华庆 赵良才 时庚戌 赵立春 杨培山 周春虎 童宪章
李德生 秦同洛 韩大匡 于庄敬 余守德

主 审：王乃举
副主任：张家茂 曾宪义 唐曾熊 石宝珩

本书审校人员

周成勋 潘兴国 崔耀南 马世煜 吕德本 叶敬东
阎熙照 林长海

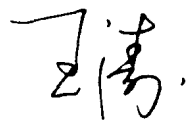
序

新中国成立以来，我国石油工业在党中央、国务院领导下，艰苦创业，取得了迅猛发展。特别是实行改革开放以来，我国石油、天然气产量持续稳定增长，科技水平和经营实力明显提高，发展进入到了一个新的阶段。

我国石油工业的发展历程，是一个艰苦的科学技术攻关的历程。这是由中国石油地质的特点决定的。我国现已开发的油气田，多为陆相沉积，地质构造复杂，断块发育，含油层系多，非均质性强，渗透性差别很大，原油性质多种多样。这些特征，都给我国油气田开发带来了许多特殊性和复杂性。40多年来，我国广大石油科技工作者和石油职工，在生产实践中不断探索，刻苦攻关，逐步发展创造了一套具有中国地质特点的陆相非均质油气田开发理论，以及相应的一整套陆相油气藏开发工艺技术和方法，推动我国油田开发不断发展达到了新的水平。

我国陆相油田开发是一场伟大的科学实践。《中国油田开发丛书》正是这一实践的总结。这套丛书，比较系统地著述了我国陆相油田开发的实践与理论，展示了我国油田开发科学技术的成果和进步。相信它的编辑出版，必将给人以启迪，对指导今后油田开发起到积极的作用。同时也会有助于广大石油科技工作者和石油职工更好地了解我国石油工业的科技发展史，有助于世界更好地了解 and 认识中国的油气田开发工作和石油工业的发展，加强与同行之间的交流。这是一件很有意义和值得祝贺的事情。

石油工业在发展，科学技术在进步。我相信，经过我国广大科技工作者和石油职工坚持不懈的努力，中国陆相油田开发的理论和实践会不断有所创新，日臻充实和完善，推动我国油气田开发水平的不断提高和石油工业的发展。



1997.4

前 言

我国的陆相沉积地层的油田虽然比较多，但多为砂岩油田，属于陆相沉积的砾岩油田为数极少。砾岩油田在世界上也不多见。克拉玛依油田是一个以砾岩为主要油气储层的大型油田，它和位于它东北的百口泉油田、乌尔禾油田、夏子街油田和南部的红山嘴油田、车排子油田组成一个带状油气区，统称为克拉玛依油区，有着丰富的石油资源；有较多的沉积类型，既有洪积相沉积，又有山麓河流相沉积，还有扇—三角洲沉积；储集层的年代从二叠系、三叠系直到侏罗系都有。可称为是世界上这类砾岩油田的重要典型。

克拉玛依油田是我国在 50 年代发现的开发的第一个大油田。开发实践表明，要开发好砾岩油田，必须从油田实际情况出发，针对油田的地质特征和开发特点，建立起与之相适应的开发方法和配套工艺技术。本书综合了克拉玛依油田广大石油工作者多年来的研究成果，是油田开发 30 多年经验的总结。为了丰富本书的内容，还参考并部分引用了二连盆地的蒙古林油藏、夫特油藏以及美国麦克阿瑟河油田赫姆洛克砾岩油藏的研究成果。总结砾岩油田开发的经验，无疑对提高砾岩油田开发水平和开发效果都有着重要的现实意义。

本书共分七章，第一和第二章着重阐述了砾岩储层的地质特征和储集层物性及孔隙结构特征，并说明洪积相和山麓河流相的划相研究、沉积模式的建立、砾岩储层特有的复模态孔隙结构和高渗透结构；第三和第四章主要介绍了砾岩储集层渗流特征、储层和油藏分类以及砾岩油藏的注水开发方法；第五章描述了砾岩油藏动态变化规律；第六章介绍了油田开发过程中的调整与控制；第七章列举了砾岩油藏的开发实例。

《砾岩油田开发》的编写是在新疆石油管理局《砾岩油田开发》编委会主任谢宏及副主任赵立春副局长直接领导下进行的，由李庆昌担任主编。书中序言由赵立春编写，第一和第二章由吴虻编写，第三和第四章由胡复唐编写，第五章由汤承锋编写，第六章 1—4 节和第七章由李庆昌编写，第六章第 5 节同汪祖铎编写，李重明负责组织了文中的图幅绘制。全书初稿完成后，由新疆石油管理局有关专家进行了初审，修改稿由赵立春、李庆昌、杨瑞麒、李重明进行了审阅。

The series of Oil field development in China

Development of Conglomerate Oil Field

ABSTRACT

This book is the first monograph about development of conglomerate oilfield in China . Valuable experiences and major research results from conglomerate oilfields/pools exploitation in China are presented. The book consists of seven chapters. It highlights geology, petrophysics and pore structures of conglomerate reservoirs, mentioning depositional facies and microfacies study , relations between microfacies and hydrocarbons, multiple module pore fabrics and high - permeability textures , fluid flow patterns as well as evaluation and classification of conglomerate reservoirs, and delineating waterflooding aspects, production performance, adjustment and management during development by waterflooding process, and EOR studies. Finally, this book provides case studies of conglomerate reservoir recovery at home and abroad.

This book is given for reference to petroleum engineers , and teachers and students at petroleum colleges and universities.

目 录

引 言	(1)
第一章 砾岩储集层的地质特征	(6)
第一节 砾岩储集层的岩石学特征	(7)
一、砾岩的定义和分类	(7)
二、岩性特征	(7)
三、砾岩岩性的识别方法	(11)
四、砂砾岩体特征	(17)
第二节 砾岩沉积特征	(23)
一、山麓洪积相沉积	(23)
二、河流相沉积	(36)
三、扇—三角洲相沉积	(43)
小结	(46)
参考文献	(46)
第二章 砾岩储集层物性及孔隙结构特征	(47)
第一节 砾岩储集层的岩石物性分析方法	(47)
一、采用大直径岩心分析砾岩岩石物性参数的意义	(47)
二、大直径岩心分析方法	(48)
第二节 砾岩储集层常规物性特征及评价	(51)
一、砾岩储集层的物性特征	(51)
二、砾岩储集层物性评价	(53)
第三节 砾岩储集层物性的非均质性	(55)
一、层内渗透率的非均质变化复杂	(55)
二、渗透率在平面上的变化剧烈	(59)
三、层间渗透率差异大	(61)
第四节 砾岩储集层的孔隙结构特征	(61)
一、复模态结构特征	(61)
二、孔隙类型及组合关系	(66)
三、孔喉分布特征	(67)
四、裂缝分布特征	(69)
五、孔隙结构分类及其特征	(70)
六、控制孔隙结构的地质因素	(70)
小结	(75)
参考文献	(76)
第三章 砾岩储层渗流特征及储层、油藏分类	(77)
第一节 砾岩储层渗流特征	(77)

一、多重孔隙群的介质渗流	(77)
二、多类型的相对渗透率关系	(80)
三、复杂的微观流态	(82)
四、水驱过程中所出现的各种敏感特性	(84)
第二节 砾岩储层及油藏分类	(89)
一、储层、油藏分类方法	(89)
二、储层分类特征	(90)
三、油藏分类特征	(93)
小结	(95)
参考文献	(95)
第四章 砾岩油藏注水开发方法	(96)
第一节 开发单元和层系的划分	(96)
一、开发单元（“层块”）划分的主要原则	(96)
二、开发层系划分的基本原则	(97)
三、开发层系的优化组合	(97)
第二节 注水方式的选择	(99)
一、现行注水方式的简要评价	(99)
二、注水方式的选择	(101)
第三节 井网密度的优化	(103)
一、各类油藏井网的总体部署	(103)
二、合理井网密度和井距的确定方法	(103)
第四节 合理开采速度的确定	(107)
一、最大注水速度	(107)
二、最大采液速度	(108)
三、采油速度	(108)
第五节 注水时机的选择	(109)
一、对天然驱油能量明显不足的油藏应采用早期注水方法开采	(109)
二、在可能条件下，可先利用天然能量开采，再进行注水开采	(109)
小结	(110)
参考文献	(111)
第五章 油藏动态的变化规律	(112)
第一节 压力系统特征及控制	(112)
一、压力系统的特点	(112)
二、合理压力界限	(114)
三、压力系统的配置	(116)
第二节 注采能力变化规律	(117)
一、吸水能力的变化	(117)
二、产能指数变化规律	(118)
三、提高排液速度界限	(126)
第三节 产量递减规律	(130)

一、递减率与稳产阶段采油速度的关系·····	(130)
二、水驱油藏递减规律·····	(132)
第四节 含水率变化规律·····	(133)
一、含水率与采出程度的关系·····	(133)
二、含水上升率及其界限·····	(136)
第五节 油藏水淹特征·····	(136)
一、油井见效见水特征·····	(136)
二、平面水淹特征·····	(139)
三、剖面水淹特征·····	(142)
小结·····	(146)
参考文献·····	(147)
第六章 油田开发过程中的调整与控制·····	(148)
第一节 开发阶段的划分及其主要开采规律·····	(148)
一、开发阶段的划分·····	(148)
二、油藏各个开发阶段的基本开采规律·····	(150)
第二节 低含水期高产稳产阶段的开发调整·····	(151)
一、主要开采特征·····	(152)
二、开发调整的任务及主要措施·····	(153)
第三节 中含水采油期阶段的开发调整·····	(165)
一、中含水采油期阶段的开采特点·····	(165)
二、调整任务及所采取的主要措施·····	(166)
第四节 高含水期产量递减阶段的开发调整·····	(183)
一、高含水期的开采特点·····	(183)
二、高含水期开发调整的任务及主要措施·····	(185)
第五节 注水采收率评价及提高油田采收率的试验研究·····	(196)
一、注水采收率的评价·····	(196)
二、部分水解聚丙烯酰胺稠化水驱油试验·····	(198)
三、泡沫驱油试验·····	(202)
四、胶束、微乳液提高采收率室内试验·····	(206)
小结·····	(211)
参考文献·····	(212)
第七章 砾岩油藏开发实例·····	(213)
第一节 新疆克拉玛依油田二中区下克拉玛依组油藏·····	(213)
一、油藏地质特征·····	(213)
二、油藏开发历程及开采特点·····	(214)
三、油藏开发过程中所进行的主要技术措施·····	(215)
四、开发水平及开发效果评价·····	(219)
第二节 美国麦克阿瑟河油田第三系赫姆洛克砾岩油藏·····	(220)
一、油藏地质特征·····	(220)
二、油藏开发历程·····	(222)

三、油藏开发过程的增产措施及其油藏工程研究.....	(224)
第三节 内蒙古蒙古林砾岩油藏.....	(226)
一、油藏地质特征.....	(226)
二、油藏开采特征.....	(227)
三、开发三年以来所进行的主要措施及其效果.....	(227)
参考文献.....	(229)

The series of oil field development in China

Development of Conglomerate Oil Field

CONTENTS

INTRODUCTION	(1)
CHAPTER 1 GEOLOGY OF CONGLOMERATE RESERVOIRS	(6)
1. Petrology of Conglomerate Reservoirs	(7)
(1) Definition and Classification of Conglomerate Reservoir	(7)
(2) Lithologic Features	(7)
(3) Lithology Identification of Conglomerate Reservoir	(11)
(4) Characteristic of Glutenite Body	(17)
2. Sedimentology of Conglomerate Reservoirs	(23)
(1) Sedimentation of Piedmont Pluvial Facies	(23)
(2) Sedimentation of Fluvial Facies	(26)
(3) Sedimentation of Fan – Delta Facies	(43)
Conclusion	(46)
Reference	(46)
CHAPTER 2 PETROPHYSICS AND PORE STRUCTURES OF CONGLOMERATE RESERVOIRS	(47)
1. Methods of Petrophysical Analysis	(47)
(1) Significance of Analysis of Conglomerate Petrophysical Parameters with Full Diameter Core	(47)
(2) Methods of Full – Diameter Core Analysis	(48)
2. Evaluation of Conventional Petrophysical Properties	(51)
(1) Petrophysical Properties of Conglomerate Reservoir	(51)
(2) Evaluation of Petrophysical Properties of Conglomerate Reservoir	(53)
3. Heterogeneity of conglomerate Reservoirs	(55)
(1) Complicated Anisotropic Distribution of Intrastratal Permeability	(55)
(2) Dramatic Variations in Areal Permeability	(59)
(3) Large Differences in Interlayer Permeability	(61)
4. Pore Structure of Conglomerate Reservoirs	(61)
(1) Features of Complex – Modal Texture	(61)
(2) Types and Patterns of Pores	(66)
(3) Distribution of Pore Throat	(67)

(4) Distribution of Fracture	(69)
(5) Classification and Characteristic of Pore Structure	(70)
(6) Geological Controls on Pore Structure	(70)
Conclusion	(75)
Reference	(76)

CHAPTER 3 FLUID FLOW PATTERN AND CLASSIFICATION OF

CONGLOMERATE RESERVOIRS

1. Fluid Flow Pattern of Conglomerate Reservoirs	(77)
(1) Flow through Multiporous Media	(77)
(2) Multi – type of Relative Permeability Relations	(80)
(3) Complex Microscopic Flow Behavior	(82)
(4) Sensitivities during Waterflooding Process	(84)
2. Classification of Conglomerate Reservoirs	(89)
(1) Classification of Conglomerate Reservoir and Pool	(89)
(2) Conglomerate Reservoir Classification	(90)
(3) Conglomerate Oil Pool Classification	(93)
Conclusion	(95)
Reference	(95)

CHAPTER 4 WATERFLOODING ASPECTS OF CONGLOMERATE RESERVOIRS

1. Division of Productive Units and Layers	(96)
(1) Main Principle of Productive Units Division	(96)
(2) Primary Principle of Productive Layers Division	(97)
(3) Optimization of Productive Layers	(97)
2. Selection of Waterflooding Patterns	(99)
(1) Brief Assessment of Present Waterflooding Pattern	(99)
(2) Selection of Waterflooding Pattern	(101)
3. Optimization of Well Spacing	(103)
(1) Strategy of Well Pattern	(103)
(2) Determination of Reasonable Well Density and Well Spacing	(103)
4. Determination of Reasonable Recovery Rate	(107)
(1) Maximum Injection Rate	(107)
(2) Maximum Withdrawl Rate	(108)
(3) Rate of Oil Production	(108)
5. Selection of Waterflooding Timing	(109)
(1) Early – Stage Waterflooding in Insufficient Natural Drive Reservoir	(109)
(2) Natural Depletion Followed by Waterflooding as Necessary	(109)
Conclusion	(110)
Reference	(111)

CHAPTER 5 RESERVOIR PRODUCTION PERFORMANCE

1. Reservoir Pressure System	(112)
------------------------------------	-------

(1) Features of Reservoir Pressure System	(112)
(2) Reasonable Reservoir Pressure Limits	(114)
(3) Configuration of Reservoir Pressure System	(116)
2. Injectivity and Productivity	(117)
(1) Variation of Injectivity	(117)
(2) Productivity Index	(118)
(3) Limits of Improving Draining Rate	(126)
3. Production Decline Trend	(130)
(1) Correlation of Decline Rate and Production Rate	(130)
(2) Decline Trend of Water – flooding Reservoir	(132)
4. Water Cut Trend	(133)
(1) Correlation of Water Cut and Recovery Percent of Reserves	(133)
(2) Increasing Percent of Water cut and Its Limits	(136)
5. Waterflooded Characteristics	(136)
(1) Characteristics of Respond to Water Injection and Water Breakthrough	(136)
(2) Areal Waterflooded Reservoir Characteristics	(139)
(3) Vertical Waterflooded Reservoir Characteristics	(142)
Conclusion	(146)
Reference	(147)

CHAPTER 6 ADJUSTMENT AND RESERVOIR MANAGEMENT DURING DEVELOPMENT

1. Division of Production Periods and Their Production Behavior	(148)
(1) Division of Field' s Development Stages	(148)
(2) Primary Production Behavior for the Stages	(150)
2. Adjustment of Production Strategy in Zero to Low Water Cut Period of High and Steady Production	(151)
(1) Main Characteristics of Production	(152)
(2) Tasks and Measures of Development Adjustment	(153)
3. Adjustment of Production Strategy in Moderate Water Cut Period	(165)
(1) Characteristic of Production	(165)
(2) Tasks and Measures of Adjustment	(166)
4. Adjustment of Production Strategy in High Water Cut Period of Declining Production	(183)
(1) Characteristic of Production	(183)
(2) Tasks and Measures of Adjustment in High Water Cut Period	(185)
5. Waterflooding Recovery Evaluation and Enhanced Oil Recovery Study	(196)
(1) Evaluation of Waterflooding Recovery	(196)
(2) Experiments of Thickened Water – Oil Displacement with Partly Hydrolytic Polyacrylamide	(198)
(3) Experiments with Foam Flooding	(202)

(4) Experiments of EOR with Mioella and Microemulsion	(206)
Conclusion	(211)
Reference	(212)

CHAPTER 7 CASE STUDIES OF CONGLOMERATE RESERVOIR EXPLOITATION

.....	(213)
1. Lower Karamay Reservoir of Mid District 2, Karamay Oilfield in Xinjiang	(213)
(1) Reservoir Geology	(213)
(2) History of Development and Characteristic of Production	(214)
(3) Main Technical Measures	(215)
(4) Development Evaluation	(219)
2. Hemlock Reservoir of McArthur River Field in the United States	(220)
(1) Reservoir Geology	(220)
(2) History of Reservoir Development	(222)
(3) Study of Stimulation and Engineering	(224)
3. Menggulin Conglomerate Reservoir in Inner Monglia	(226)
(1) Reservoir Geology	(226)
(2) Charateristic of Reservoir Production	(227)
(3) Main Measures and Results During 3 – Year Development	(227)
Reference	(229)

引 言

砾岩油田在世界上为数不多，在我国除了渤海湾盆地的刘李庄砾岩油田与二连盆地的蒙古林和夫特两个砾岩油藏外，新疆准噶尔盆地西北缘是我国主要的砾岩油层产油区。这个地区最早投入开发的克拉玛依油田迄今已有 38 年的历史，从 70 年代以来相继又有百口泉、红山嘴和夏子街等 3 个砾岩油藏投入开发。

砾岩油田开发的实践表明，这类油田（藏）具有许多较为复杂的地质特征，包括与砂岩储集层不同的沉积特性、常规物性和复杂的孔隙结构以及平面上和垂向剖面上的严重非均质性，给油田（藏）开发带来极大的难度。尽管砾岩油田（藏）的石油地质特征、开发技术和方法与砂岩油田有不少相似之处，但是砾岩油田（藏）也存在着自身的许多特点，需要我们去研究。因此，将砾岩油田（藏）长期开发实践中积累的经验、方法和行之有效的工艺技术以及失误的教训加以总结，这不仅对提高砾岩油田（藏）开发的水平和效果十分重要，而且对丰富油田开发技术学科有着重要意义。

本书的编写主要以克拉玛依油田为背景，这是因为这个油田不仅规模大、具有多种沉积类型和油藏类型，而且砾岩的特殊沉积相对油层的分布、物性、孔隙结构、油水运动、产能的控制作用影响也十分明显，能够作为砾岩油田的典型代表。此外，油田开发历史长，研究成果和资料十分丰富，这是完成本书的基础。为了丰富本书的内容，同时参考并引用了二连盆地的蒙古林油藏、夫特油藏以及美国麦克阿瑟河油田赫姆洛克油藏地质、开发方面的研究成果，以期使砾岩油田的特点得到充分反映。

克拉玛依油田位于准噶尔盆地西北缘克乌逆掩断裂的断阶带上，区域构造基本为一向东南倾的单斜，并被东西向和北东向的两组断裂切割成若干断块，自西北向东南呈阶梯状下降，油层埋藏深度由 300m 依次增加到 3000m。目前开采层中的三叠系上克拉玛依组、下克拉玛依组、白碱滩组，侏罗系八道湾组和二叠系乌尔禾组，为洪积扇—山麓河流相沉积，是一套以砾岩为主的分选很差的碎屑岩。克拉玛依油田于 1955 年发现，自 1958 年开始投入开发。到目前，克拉玛依油区已有克拉玛依、百口泉、红山嘴和夏子街 4 个砾岩油田投入开发，拥有地质储量占油区总储量的 64%，日产水平占总水平的 55%。砾岩油藏已成为克拉玛依油区的生产主力。克拉玛依—百口泉注水开发区已采出可采储量的 64.5%，综合含水率 63%。

根据 30 多年来油田研究和开发实践，该油田具有以下特点。

一、砾岩储集层是以严重非均质的山麓洪积相为主的沉积物

该储集层属于多旋回的山前陆相盆地边缘沉积，由于多物源、多水系、多变的古山麓的地理条件、水动力条件的不稳定，形成了多类型、窄相带的复杂碎屑岩体系。这些体系有山麓洪积扇砾岩体、山麓河流相砂砾岩体和扇—三角洲相砾岩体。复杂的沉积条件决定了储集层严重的非均质性。主要表现在，岩矿组分差异大，颗粒大小不一，纵横向上相带变化急剧，层内、层间渗透率高度不均质，为开发带来一系列的不利因素。

二、砾岩储集层具有复模态的孔隙结构特征

复模态结构是山麓冲积—洪积相砾岩储层较普遍的结构特征。所谓复模态结构是指以砾

石为骨架形成的孔隙中，常常部分或全部地被砂粒所充填，而在砾石和砂粒形成的孔隙结构中又被部分地为粘土颗粒所充填。这个复模态结构的特点，决定了砾岩储集层具有较低孔隙度和较低的渗透性，并且，孔、渗参数的大小受沉积相带、成岩压实、后生成岩变化的影响，所以非均质程度很高，对水驱油效率产生不良影响。

三、沉积相带和断裂作用是油气富集高产的主要控制因素

不同的沉积相带，油气分布状况有明显的差别。扇顶亚相是油气聚集的最有利相带，该亚相控制了克拉玛依一百口泉油田总储量的 62.6%，扇中亚相控制了 36.4%，扇缘亚相和河流相控制的储量仅占 1%。而扇顶主槽和扇中辫流则是油气最富集的微相带。两者所占有的石油地质储量占洪积扇总储量的 67.8%。

逆掩断裂的长期活动，对油气运移和油气沿断裂带富集都起了重要作用。断裂带油气富集在三叠系中形成的高产层，主要集中分布在断裂掩覆带、前缘断块及前沿外围带的有利相带部位，高产井成带成块出现。

四、砾岩储集层分类及评价

应用统计学方法从储层特征参数中确定 7 项具有指示性的参数，将砾岩储层分为好、中、差和极差四类。

1. I 类储层，为砾岩油藏较好储层

这类储层发育于扇顶亚相或能量相对减弱的扇中亚相及河床相大于 50% 的山麓河流相，油层呈片状分布。储量大、孔隙度和渗透率均较高，但非均质程度高，以跳跃式复合韵律、反韵律和杂乱型变化为主，渗透率级差大（70~214），高渗透段厚度占 20%~30%，具有较好的孔隙结构，基本呈网络状，孔喉配位数 3~5，毛管压力曲线表现为阀压低、孔喉偏粗态、退汞效率高。

2. II 类储层，为砾岩油藏中等储层

这类储层多为水动力较弱或成岩作用较强的扇顶、扇中部位以及河床不太发育的山麓河流沉积地带，油砂体呈片状或带状分布。孔、渗参数属中等，以复合型韵律为主，高渗透段厚度占 9%~19%，孔喉配位数 1~3，毛管压力曲线略偏粗态，退汞效率 35%~55%。

3. III 类储层，为砾岩油藏的较差储层

这类储层绝大多数属泛滥平原相沉积，个别发育在较差的成岩后生改造较强烈的扇顶或扇中亚相部位，砂体以透镜状为特征。物性差、孔隙结构差，以细孔—细喉组合为主，孔喉配位数 0~2，毛管压力曲线偏细态，退汞效率 20%~40%。

4. IV 类储层，是最差的砾岩储层

这类储层属于埋藏深、成岩后生作用强烈的扇顶和扇中沉积物，砂体连片性好，油层厚，储量大，是低孔隙度、特低渗透储层，渗透率小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，孔隙度小于 10%，以次生孔隙为主，喉道特性参数差，喉道直径 $0.1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ ，孔喉配位数低（0~2），退汞效率低（20%~40%）。这类储层还存在着潜在直劈裂缝，只是在钻井时受到机械作用，使这些高角度直劈裂缝张开，而对流体渗流发生作用。

根据上述各类储层所拥有的地质储量来看，I 类较好储层的储量仅占样本总储量的 24%，属于 II 类中等储层的储量为 19.5%，III 类差储层的储量为 1.2%，IV 类极差储层的储量为 55.3%，说明克拉玛依油田目前开采的储层主要属于中—差、极差储层。这些储层所具有的较差的开发条件，给油田开发带来较大的难度。