

# 低渗透储层

## 油藏描述核心问题研究

——以鄂尔多斯盆地川口油田为例

张林 赵喜民 郝世彦 著



石油工业出版社

# 低渗透储层油藏描述核心问题研究 —以鄂尔多斯盆地川口油田为例

张 林 赵喜民 郝世彦 著

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书以鄂尔多斯盆地川口油田为例(井排距小,注采矛盾突出),从小层划分对比开始,进行了测井资料二次解释、构造、沉积相、储层非均性、基质、天然裂缝、人工裂缝、油田开发特征等方面的综合研究,在弄清低渗透储层注采核心矛盾及其机理的基础上,提出了稳产技术对策。

本书适合从事低渗透油藏开发的技术人员与科研人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

低渗透储层油藏描述核心问题研究 / 张林, 赵喜民, 郝世彦著.  
—北京: 石油工业出版社, 2013. 1  
ISBN 978-7-5021-9347-8

I. 低… II. ①张… ②赵… ③郝… III. 低渗透储集层—油藏—油气勘探 IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 260517 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](http://www.petropub.com.cn)

编辑部: (010) 64523562 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京中石油彩色印刷有限责任公司

---

2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷

毫米: 787×1092 开本: 1/16 印张: 10.5

字数: 264 千字

---

定价: 50.00 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

# 《低渗透储层油藏描述核心问题研究： 以鄂尔多斯盆地川口油田为例》编委会

主 任：王香增

副主任：张 林 赵喜民 郝世彦

委 员：雷晓岚 杨 悦 甄胜利 李延生

李 江 沈渭滨 田世伟 孙兴旺

王永东 王新庆 高新奎 魏 斌

康立民 原爱红 杨温海 张声涛

刘海波 苟世勇

# 前 言

油藏描述, 简称 RDS (Reservoir Description Service), 就是对油藏各种特征进行三维空间的定量描述和表征以至预测。其最终成果是建立反映油藏圈闭几何形态及其边界条件, 储集及渗流特征、流体性质及分布特征的三维或四维油藏地质模型。在目前技术条件下, 人们普遍做法是: 提取特定参数 (孔隙度、渗透率、饱和度等), 利用一些软件 (如 petrol、eclipse 等) 进行网格插值、模拟, 以达到接近认识油藏真实面貌的目的。

对于低渗透油藏而言, 由于存在非达西渗流, 其启动压差、压力边界都是变化的, 目前市面上的商业软件很难描述清楚。此外低渗透储层往往发育裂缝、微裂缝, 对油藏描述软件也是一大挑战。还有很重要的一点就是低渗透储层要达到工业产能, 正常情况下需要采取压裂增产的方式, 而对人工裂缝, 即使专门的裂缝设计模拟软件 (如 FracproPT、StimPlan 等) 也难以和储层地质特征很好地结合。

在世界范围内, 低渗透资源量占总资源量的 20%~60% 之间。我国的低渗透油气资源可采储量占到总可采储量的 1/3 以上。从近 20 年油气田勘探形势来看, 低渗透油气探明储量已占新增储量的 70% 以上, 低渗透油气田的描述工作显然需要取得大的进展与突破。

实际上低渗透油田开发中出现的一些矛盾和问题, 也不是目前的油藏描述软件所能解决的, 例如裂缝型水淹与注水不见效, 这些问题也正是低渗透油田开发中需要解决的核心问题。认识并解决了此类问题, 大幅度提高低渗透油藏的采收率才有可能, 这也正是编写本书的目的所在。

鄂尔多斯盆地川口油田刘渠区块, 井排距小 ( $150\text{m} \times 110\text{m}$ ), 注采矛盾突出、开发层位比较单一, 可作为研究低渗透储层的典型实验区。本书从小层划分对比开始, 进行了测井二次解释、构造、沉积相、储层非均性、基质、天然裂缝、人工裂缝、油田开发特征等方面的综合研究; 在此基础上, 描述了低渗透油田的注采矛盾机理, 并提出了解决对策。

在本书的研究及编写过程中, 得到了西北大学、西安石油大学、川庆工程技术研究院、中国石油勘探开发研究院廊坊分院、上海大学、长庆油田勘探开发研究院、中国石油大学等相关单位的一些老师、朋友们的帮助, 在此一并感谢。

由于编者水平有限, 书中所提到的观点和方法欢迎读者不吝指正。希望本书至少能达到启迪思路、抛砖引玉的目的。

编者

2012 年 10 月

# 目 录

|                     |    |
|---------------------|----|
| 第一章 绪 论             | 1  |
| 第一节 区域地质背景          | 1  |
| 第二节 基本油藏地质特征        | 2  |
| 第三节 勘探开发现状及存在的主要问题  | 3  |
| 一、勘探开发现状            | 3  |
| 二、存在的主要问题           | 3  |
| 第四节 研究的目的是和意义       | 6  |
| 第五节 国内外研究现状         | 7  |
| 一、研究区前期研究现状         | 7  |
| 二、国内外研究现状           | 8  |
| 第六节 开展的主要研究工作       | 10 |
| 一、开展的主要工作           | 10 |
| 二、主要工作量             | 11 |
| 第二章 目的层小层划分与对比      | 12 |
| 第一节 地层划分依据          | 13 |
| 一、标志层               | 13 |
| 二、细脖子特征             | 14 |
| 三、厚度特征              | 14 |
| 四、沉积旋回及层序特征         | 14 |
| 第二节 多井联井小层划分对比      | 16 |
| 第三节 研究区层序地层学等时格架的建立 | 18 |
| 第四节 本章小结            | 18 |
| 第三章 测井资料二次处理解释      | 20 |
| 第一节 测井资料预处理         | 20 |
| 第二节 四性关系特点          | 20 |
| 一、岩性与电性             | 20 |
| 二、物性与电性             | 21 |
| 三、含油性与电性            | 22 |
| 第三节 测井解释模型          | 22 |
| 一、孔隙度解释模型           | 22 |
| 二、渗透率解释模型           | 23 |

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| 三、原始含油饱和度解释模型·····               | 25        |
| 第四节 测井资料二次处理·····                | 25        |
| 第五节 本章小结·····                    | 27        |
| <b>第四章 构造、沉积相及储层非均质特征·····</b>   | <b>28</b> |
| 第一节 构造特征·····                    | 28        |
| 第二节 沉积相特征·····                   | 29        |
| 一、沉积背景·····                      | 29        |
| 二、测井相特征·····                     | 30        |
| 三、沉积相平面分布特征·····                 | 33        |
| 四、沉积相剖面分布特征·····                 | 34        |
| 第三节 砂体建筑结构模型及河道砂体宽度特征·····       | 37        |
| 一、建筑结构模型·····                    | 37        |
| 二、河道砂宽度特征·····                   | 38        |
| 第四节 刘渠区块储层层间及平面非均质分布规律·····      | 40        |
| 一、有效厚度层间及平面非均质特征·····            | 40        |
| 二、物性层间及平面非均质特征·····              | 41        |
| 三、含油性层间及平面非均质特征·····             | 43        |
| 第五节 储层层内非均质特征·····               | 44        |
| 一、层内渗透率韵律变化·····                 | 44        |
| 二、层内夹层特征·····                    | 45        |
| 第六节 本章小结·····                    | 47        |
| <b>第五章 低渗储层基质基本特征·····</b>       | <b>48</b> |
| 第一节 基质基本地质特征·····                | 48        |
| 一、矿物成分特征·····                    | 48        |
| 二、岩石结构特征·····                    | 48        |
| 三、孔喉结构特征·····                    | 49        |
| 四、岩心渗透率特征·····                   | 50        |
| 五、渗透率方向非均质性特征·····               | 51        |
| 第二节 基质油藏驱动类型、压力、流体特征·····        | 53        |
| 第三节 基质两相渗流特征·····                | 54        |
| 第四节 低渗基质特殊渗流特征·····              | 55        |
| 一、存在启动压力梯度,表现出低速非达西渗流特征·····     | 55        |
| 二、流固耦合作用明显·····                  | 56        |
| 三、贾敏效应影响十分突出·····                | 57        |
| 四、储层表现出弱亲水特征,存在自吸水驱油现象·····      | 58        |
| 五、储层驱替压力梯度大·····                 | 59        |
| 第五节 利用生产动态资料认识刘渠低渗储层基质的渗流特征····· | 59        |

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| 一、自然能量开发区储层基质的渗流特征·····          | 59        |
| 二、注水区储层基质的渗流特征·····              | 61        |
| 第六节 本章小结·····                    | 61        |
| <b>第六章 天然裂缝、微裂缝特征及分布规律·····</b>  | <b>62</b> |
| 第一节 对天然裂缝 / 微裂缝的地质研究 ·····       | 62        |
| 一、露头裂缝特征·····                    | 62        |
| 二、岩心裂缝分布特征·····                  | 63        |
| 三、镜下微裂缝发育特征·····                 | 64        |
| 四、地层倾角测井解释裂缝方向及性质·····           | 66        |
| 第二节 对天然裂缝 / 微裂缝的工程研究 ·····       | 66        |
| 一、注水指示曲线对天然裂缝—微裂缝的诊断·····        | 66        |
| 二、初期产能特征对天然裂缝 / 微裂缝的诊断 ·····     | 69        |
| 第三节 天然裂缝—微裂缝的分布规律·····           | 73        |
| 第四节 天然裂缝的形成机制·····               | 74        |
| 第五节 本章小结·····                    | 75        |
| <b>第七章 人工裂缝形态特征及其主要控制因素·····</b> | <b>76</b> |
| 第一节 人工裂缝形态特征及其主要控制因素·····        | 76        |
| 一、人工裂缝形态特征·····                  | 76        |
| 二、人工裂缝形成的主控因素·····               | 78        |
| 第二节 人工裂缝形态特征的验证·····             | 83        |
| 一、地面微地震监测对裂缝的验证·····             | 83        |
| 二、大地电位法裂缝监测对裂缝性质的验证·····         | 85        |
| 三、井间示踪测试资料对裂缝性质的验证·····          | 85        |
| 四、生产动态资料对裂缝形态特征的验证·····          | 86        |
| 第三节 本章小结·····                    | 87        |
| <b>第八章 人工裂缝特征参数诊断·····</b>       | <b>88</b> |
| 第一节 实际地层条件下人工裂缝的某些特征·····        | 88        |
| 第二节 人工裂缝特征参数诊断·····              | 91        |
| 一、缝内净压力拟合诊断裂缝参数·····             | 91        |
| 二、压力恢复试井对人工裂缝的诊断·····            | 92        |
| 三、吸水剖面对支撑缝高的诊断·····              | 95        |
| 四、其他方法对裂缝特征参数的诊断·····            | 97        |
| 第三节 本章小结·····                    | 97        |
| <b>第九章 刘渠区块油田开发特征·····</b>       | <b>98</b> |
| 第一节 全区与注水区开发动态指标特征·····          | 100       |
| 一、产油（液）量对比·····                  | 100       |
| 二、注水量对比·····                     | 100       |

|                                         |            |
|-----------------------------------------|------------|
| 三、累计注入 / 采出比与平均综合含水率对比 .....            | 100        |
| 四、年采油速度对比 .....                         | 101        |
| 五、采出程度对比 .....                          | 101        |
| 六、静压、流压对比 .....                         | 102        |
| 七、井间水淹情况 .....                          | 104        |
| 第二节 开发动态特征 .....                        | 104        |
| 一、注水区和非注水区开发动态特征对比 .....                | 104        |
| 二、丛 147 典型井区注采动态特征 .....                | 106        |
| 三、未水淹井组及单井注采动态解剖 .....                  | 108        |
| 四、已水淹井组及单井注采动态解剖研究 .....                | 110        |
| 第三节 注水区注水压力平面变化规律 .....                 | 113        |
| 第四节 本章小结 .....                          | 115        |
| <b>第十章 刘渠区块注水开发矛盾机理及稳产技术对策 .....</b>    | <b>116</b> |
| 第一节 裂缝发育的低渗储层具有类似双重介质的渗流特点 .....        | 116        |
| 第二节 基质渗流的注水见效和见水时间 .....                | 116        |
| 一、基质渗流的注水见效时间 .....                     | 117        |
| 二、基质渗流的见水时间 .....                       | 118        |
| 第三节 刘渠区块井间水淹机理 .....                    | 119        |
| 一、井间天然裂缝、人工裂缝组合类型 .....                 | 119        |
| 二、井间水淹介质 .....                          | 120        |
| 三、井间水淹控制因素 .....                        | 123        |
| 第四节 水驱前沿运动规律 .....                      | 126        |
| 一、井间示踪资料研究水驱前沿运动规律 .....                | 126        |
| 二、双重介质理论的水驱油前沿运动规律 .....                | 128        |
| 三、不同人工裂缝半长 / 井距比下水驱油前沿的运动规律 .....       | 128        |
| 第五节 注水区剩余油平面分布规律 .....                  | 129        |
| 第六节 刘渠区块注水开发矛盾机理 .....                  | 132        |
| 一、客观因素 .....                            | 132        |
| 二、主观因素 .....                            | 132        |
| 第七节 刘渠区块的稳产技术对策 .....                   | 133        |
| 一、在现有井网条件下的调整对策 .....                   | 134        |
| 二、改变注采井网 .....                          | 136        |
| 第八节 本章小结 .....                          | 137        |
| <b>第十一章 油藏描述资料管理与查询分析系统的研制与应用 .....</b> | <b>138</b> |
| 第一节 OilFairy 系统研制的背景及现状 .....           | 138        |
| 第二节 OilFairy 数据基础及数据结构 .....            | 139        |
| 第三节 OilFairy 系统的主要功能 .....              | 139        |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 一、基本数据库资料管理功能——层次有序.....      | 140 |
| 二、多表联合自由查询技术——科学合理 .....      | 140 |
| 三、静态、动态数据联合查询技术——简单高效.....    | 142 |
| 四、数据相关关系研究——模型众多.....         | 143 |
| 五、平面图的快速绘制——地质研究的好工具、好帮手..... | 145 |
| 六、数据导入导出功能——化繁为简.....         | 146 |
| 第四节 OilFairy 系统的作用 .....      | 149 |
| 一、极大地减轻了工作量，提高了工作效率.....      | 149 |
| 二、由现象到本质，规律自现.....            | 149 |
| 第五节 本章小结.....                 | 149 |
| 结 论.....                      | 150 |
| 参 考 文 献.....                  | 153 |

# 第一章 绪 论

川口油田为延长油田公司所辖多个油田之一，位于陕西省延安市宝塔区川口一带，距延安市宝塔区约 10~15km，东邻姚店油田，南与南泥湾油田毗邻。油田东西长约 9km，南北宽约 10km，面积约 90km<sup>2</sup>。

川口油田属陕北黄土塬区，地形起伏不平，为沟、梁、峁地貌；地面海拔 950~1350m；属大陆季风性气候，冬春少雨雪，植被不发育，年降水量 565mm 左右，主要集中在 6~9 月份；年平均气温 10.4℃，极端最低气温 -25℃，极端最高气温 39℃，无霜期 170 天。区内农业生产水平较低，交通主要为油田建设修建的简易公路与乡级公路相通，建有可供油田开发的工业电网，石油开发是该区的龙头产业。刘渠区块位于川口油田的西南部（图 1-1）。

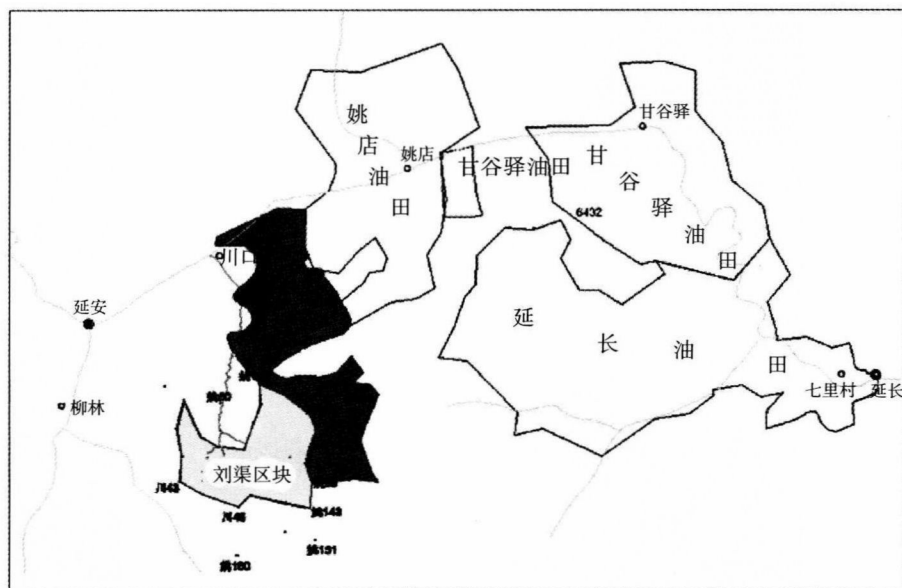


图 1-1 研究区位置图（一）

## 第一节 区域地质背景

川口油田位于鄂尔多斯盆地东部陕北斜坡带上（图 1-2），区域构造为一向西倾斜的平缓单斜，坡降一般约为 7~10m/km，地层倾角小于 1°，区内断层和褶皱不发育，仅小范围内由于差异压实作用形成一系列幅度较小的鼻状隆起。

勘探目的层为上三叠统延长组油层组，鄂尔多斯盆地晚三叠世延长期以湖泊发育为特征，特别是晚三叠世延长期中一早期（ $T_3y_2$  沉积期）沉积了巨厚且广泛分布的泥页岩，成为盆地内的主要烃源岩，为中生界油气藏的形成提供了充分的物质基础；晚三叠世延长期中晚期  $T_3y_{3-4}$ ，随着湖盆的不断萎缩，湖泊外围的河流沉积砂体、三角洲水下分流河道沉积砂体为延长组油藏的形成提供了必要的储集条件。

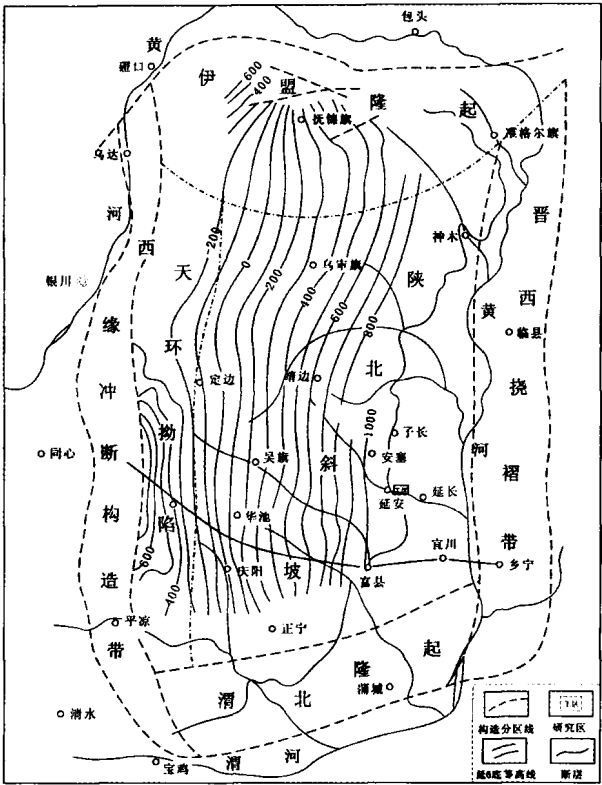


图 1-2 研究区位置图（二）

## 第二节 基本油藏地质特征

刘渠区块三叠系延长组主要含油层位长 4+5、长 6 油层组，油藏埋深浅（油层深度 570~850m），从上到下主要可分为 4 个小层。即长 4+5<sub>1</sub>、长 4+5<sub>2</sub>、长 6<sub>1</sub><sup>1</sup>、长 6<sub>1</sub><sup>2</sup>，目前以长 4+5<sub>2</sub> 为主要目的层，长 4+5<sub>1</sub> 为本区分布稳定的良好区域盖层，岩性为泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩互层。

刘渠区块含油层系为三角洲沉积，储层岩性主要为长石细砂岩和长石中细砂岩，储层孔隙类型主要以粒间孔、溶蚀孔为主，其次含有少量微裂隙。长 4+5 和长 6 油层组孔隙度平均为 9.83%，渗透率平均为 0.95mD 左右，属于特低孔、特低渗储层。

延长组油藏主要受岩性—物性控制，油气藏以沉积相的变化、成岩后生作用的差异及储层岩性、物性的纵横向变化而形成的岩性圈闭油藏为主。储层非均质性强，岩性、物性、

含油性在纵向与横向上变化较大。

本区三叠系延长组各地层中,地层压力系数低(0.7~0.9),自然产能极低或没有自然产能。只有经过压裂改造后,才可获得经济产能。试油及试采结果表明,长4+5和长6油层组形成的油藏属于油水混储的油藏,油藏驱动类型为弹性—溶解气驱油藏,岩石润湿性为亲水—弱亲水。

本区延长组原油性质较好,地面原油具有低密度( $0.822\sim 0.828\text{g/cm}^3$ ),中低黏度( $3.96\sim 4.64\text{mPa}\cdot\text{s}$ ),低含硫量( $0.23\%\sim 0.26\%$ ),中等胶质、沥青质含量低(8%),中等凝固点( $19.4\sim 18.3^\circ\text{C}$ ),中高含蜡(28%)的特点。饱和压力2.0~3.6MPa,体积系数1.076,溶解气油比 $31.1\text{m}^3/\text{t}$ 。

本区延长组油田的地层水为 $\text{CaCl}_2$ 型,矿化度平均为51745mg/L,变化范围9900~68533mg/L,pH值平均为5.5,变化范围5~8,略呈酸性。

### 第三节 勘探开发现状及存在的主要问题

#### 一、勘探开发现状

川口油田勘探始于20世纪80年代中期,1985—1989年延长油矿管理局在川口地区开展油气普查,共打探井16口,取得了良好的油气成果。1990—1994年开展详查,完成探井42口,探明含油面积 $66.5\text{km}^2$ ,提交探明储量 $2507\times 10^4\text{t}$ ,1994年开始试采,1996年完成开发方案编制,1997年投入开发。

刘渠区块位于川口油田的西南部,刘渠注水区20世纪80年代末完成探井3口,含油显示较差;90年代勘探力度较小;2000年姚169井获得了较好的油气显示和产能,加快了本区滚动勘探开发步伐。2003年和2004年两年是刘渠注水区块大发展的时期,该时期也是大规模上产的时期。

刘渠区块面积 $33.1\text{km}^2$ ,采用 $150\text{m}\times 110\text{m}$ 的井排距开发,部分井区采用反九点注采井网。大部分区域采用自然能量开采。注水井主要集中在本区的中—西部(图1-3),普遍为油井转注而来,基本都经过压裂改造。目前全区共有油水井1408口(其中水井108口)。

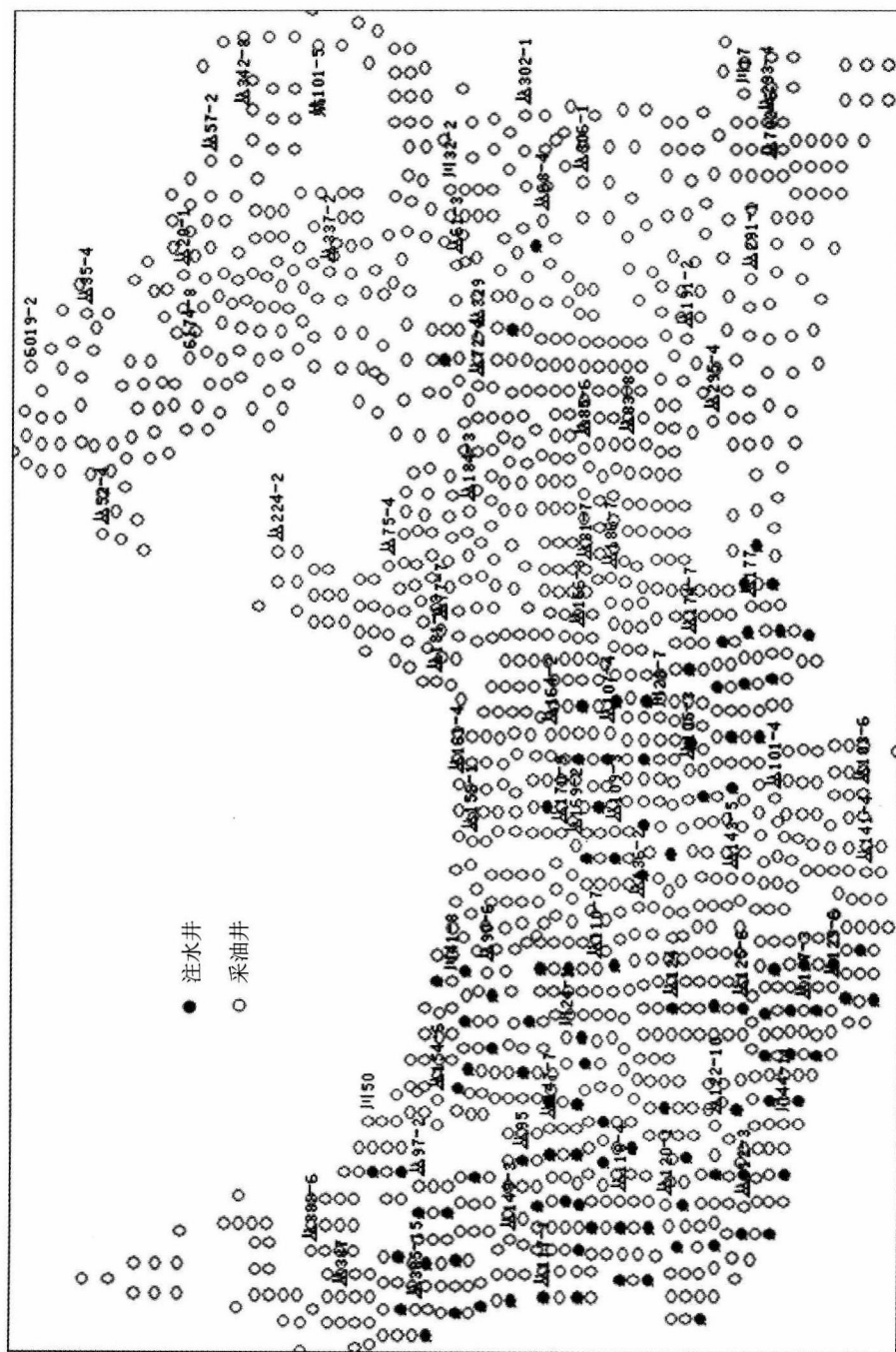
#### 二、存在的主要问题

川口油田刘渠区块在滚动勘探开发中虽然取得重大进展,但油田目前仍存在以下急需解决的问题:

(1) 产量递减快、稳产形势严峻。

该区从2003年年产油 $13.22\times 10^4\text{t}$ 开始不断攀升,到2005年达到 $20.2\times 10^4\text{t}$ 的顶峰,2006年以后,年产油量开始大幅下滑,到2007年产油仅为 $12.50\times 10^4\text{t}$ 。平均单井折算日产油也从2003年的1.57t持续掉落到2007年的0.35t(图1-4、图1-5),稳产形势严峻。

即使采用注水开发的川42井区,虽然累计注入/采出比为1.12,但油井产能、压力依然一直处于下降状态,而注水压力却在不断攀升(图1-6)。



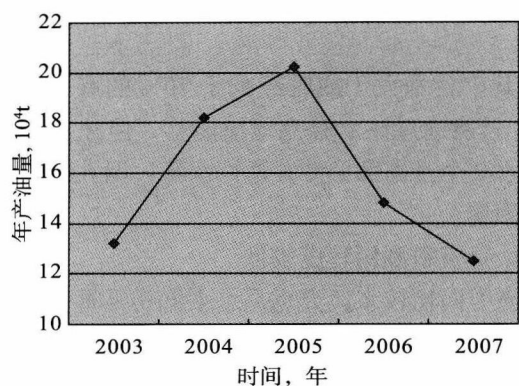


图 1-4 刘渠区块年度产油量统计图

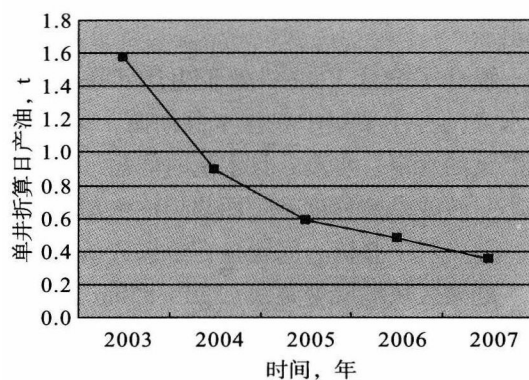


图 1-5 刘渠区块单井折算日产油统计图

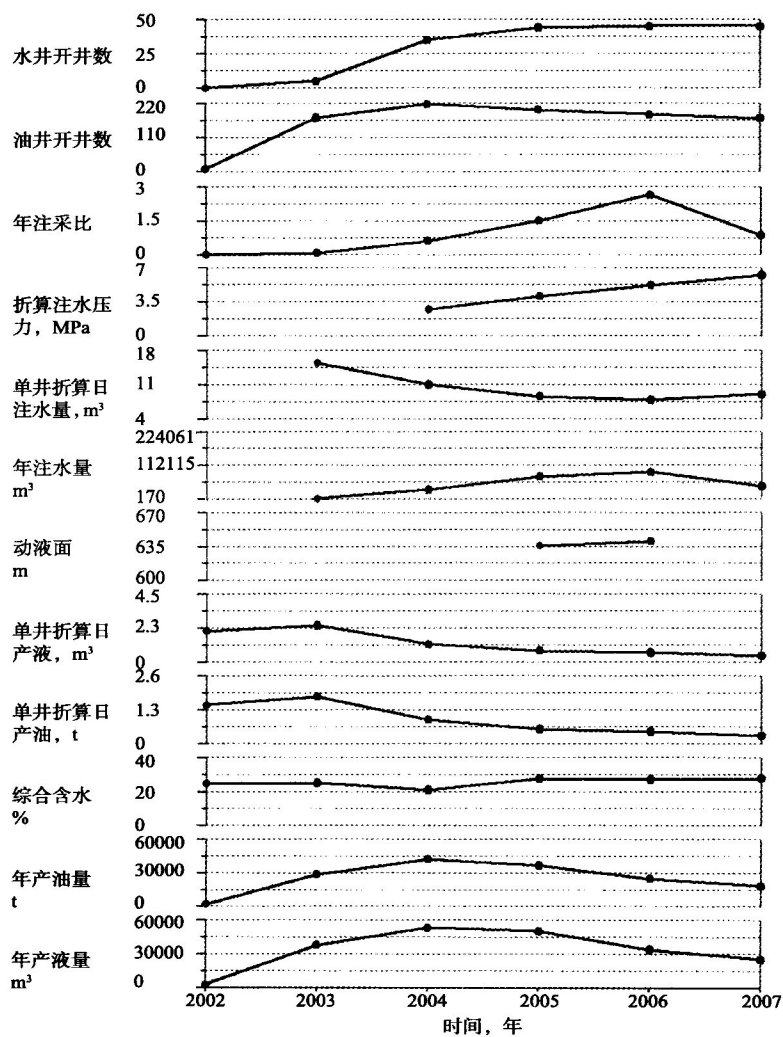


图 1-6 注水区(川 42 井区)综合开采曲线

(2) 注水区部分井水窜、水淹现象严重, 大部分井长期不受效或受效不明显, 注采矛盾突出。

统计了全区 1247 口处于生产状态的油井, 其中含水大于或曾经大于 70% 的有 91 口, 含水高的井主要集中在注水井周围, 为了稳产, 只能通过注水补充地层能量, 但注水易造成严重的水窜、水淹, 且水淹时间短, 一般在注水 2 个月内部分油井暴性水淹, 但大部分油井不受效或受效程度差, 面临想注水却难注水的困境。

(3) 对一些核心问题存在争议或认识不清, 大量资料利用程度较低。

刘渠区块储层埋藏浅(570~850m), 注水水淹方向比较多, 究竟是水平缝还是垂直缝? 长期以来一直存在争议。造成水淹的机理究竟是什么? 注水不受效的真正原因是什么? 由于对这些核心问题认识不清, 影响了川口油田具有针对性地调整开发措施的实施。

此外, 川口油田资料众多, 但如何对这些资料进行规范处理、综合管理、实时查询分析, 研究隐藏在这些数据后面的油藏规律? 由于一直没有一个合适的数据库系统, 目前仍然采用 Excel 管理资料、手工分析, 致使对资料的研究应用效率低下, 对一些动态变化规律认识不是很清, 严重地制约着川口油田科技的进步。

## 第四节 研究的目的是和意义

为了揭示刘渠注水区块开发目前面临的真正矛盾, 解决油田开发面临的困难, 提高油田稳产水平, 2007 年 6 月延长油田股份有限公司(川口采油厂)与西安奥陶科技有限公司合作开展《川口油田刘渠区块长 4+5 开发综合评价与稳产技术对策研究》, 旨在解决这一问题。本书就是依托于该科研项目进行的研究。

目前低渗透储层油藏描述还存在不少技术难题。油藏描述的目的就是认识油藏的真实面目, 所以油田开发中存在的核心问题就是本次油藏描述的核心问题, 拟通过对这些核心问题的研究, 从根本上来认识引起刘渠区块开发矛盾的深层次原因。

川口油田面临的问题在延长油矿其他油田普遍存在, 也是低渗透油田开发过程中普遍遇到的难题。与刘渠区块地质条件比较类似的安塞油田为了有效开发三叠系低渗透油田, 先后开辟试验区, 采用强化注水、早期注水、周期注水、沿裂缝排状注水等方式, 虽然取得了辉煌的成绩, 但也存在不少开发难题, 如沿裂缝方向性水淹; 裂缝侧向位置注水受效程度差; 地层能量恢复慢; 注入水利用率低; 见水方向不明; 有些区块如塞 158 井区产量递减快, 难以有效解决等问题。

据初步统计, 至 2003 年底, 中国石油共探明原油地质储量  $145.4 \times 10^8 \text{t}$ , 其中低渗透储量约  $44 \times 10^8 \text{t}$ , 约占 30.26%; 已动用储量  $110 \times 10^8 \text{t}$ , 其中低渗透储量约  $21 \times 10^8 \text{t}$ , 约占 19.09%; 探明未动用储量  $35.4 \times 10^8 \text{t}$ , 其中低渗透储量约  $22 \times 10^8 \text{t}$ , 约占 62.15%。在探明储量和累计探明未动用储量中, 低渗透储量都占主要部分。从目前低渗透油田开发状况看, 大量探明的低渗透资源难以动用, 已动用的开发状况又不理想, 低渗透油藏开采速度一般在 1% 以下, 采收率在 20% 左右。所以, 强化低渗透储层认识, 开发好低渗透油田, 是摆在人们面前的一项十分紧迫而重要的任务。

## 第五节 国内外研究现状

主要综述研究区的前期研究情况,以及本书研究相关的一些重要问题的研究现状——低渗透油藏描述核心问题。

### 一、研究区前期研究现状

1999年由西北大学岳乐平教授完成的《川口油田长6油层裂缝系统研究》项目,主要从露头、岩心以及地层倾角等方面研究了天然裂缝的分布状态、形成机理。认识到川口油田天然裂缝比较发育,裂缝以近东西向分布的垂直缝为主,并认为人工裂缝主要应为垂直缝。并定性分析了川口油田长6油层存在闭合裂缝,在人工水力压裂或现今应力场作用下闭合裂缝可能开启,使裂缝的渗透性增强,从而增加了地层的渗透性,最终影响到油田注水开发的效果,降低了阶段采收率,形成了大量的剩余油。

2004年,由延长油矿管理局进行的《川口油田姚100—川85井区三叠系延长组长4+5、长6油层组新增石油探明储量报告》,建立了该区的四性关系模型,提取了相关参数,计算了储量。

同年,西北大学吴汉宁研究员完成了《川口油田开发区油藏精细描述》,对油藏特征进行了精细描述,也计算了相关储量。

2006年,川口采油厂严云奎总地质师通过《川口油田长6油层注水开发实践与认识》提出,尽管地层条件复杂,地面条件恶劣,但是,只要方法得当,流程合理,特低渗透油田仍可以注进水、注好水,而且能见到明显的注水效果,可提高注水波及范围和提高采出效率,减少剩余油比例。

还有一些科研项目正在进行当中,如2006年由长安大学研究的《川33井区油藏精细描述及剩余油挖潜研究》,该项目主要从地质角度对油藏特征进行了精细描述和剩余油的研究,目前还没有验收。

此外本区还进行过一些专项研究,如微地震裂缝监测、大地电位法裂缝监测、井间示踪试验,以及蜡球重复压裂试验、堵水压裂试验等。有些已经见到报告,有些仍然在研究过程中。

总体来说,川口油田刘渠区块目前资料相对而言比较丰富,前人也做了大量的研究工作,取得了诸多认识,但由于研究侧重点不同,对一些关键问题仍然没有解决,如刘渠区块的油井全部经过压裂,水井基本是由油井转注而来,人工裂缝究竟是水平缝还是垂直缝一直没有得到合理的解释;对裂缝在注水中的作用认识也不是非常清楚,对注水受效程度差的原因没有一个本质的认识。总体上看,前期研究对这些核心问题普遍涉及不深或者没有涉及,由于核心问题没有解决,所以对油田开发过程当中出现的问题难以真正解决,对产量递减缺乏有效的对策。

此外,川口油田在开发过程中,积累了大量的动静态资料,对这些资料进行去粗取精,去伪存真,进行快速的跟踪及综合研究分析,是认识和解决油田开发过程中矛盾的关键,但目前有这么多的动静态资料,川口油田没有一个合适的数据库进行统一管理,仍然采用电子