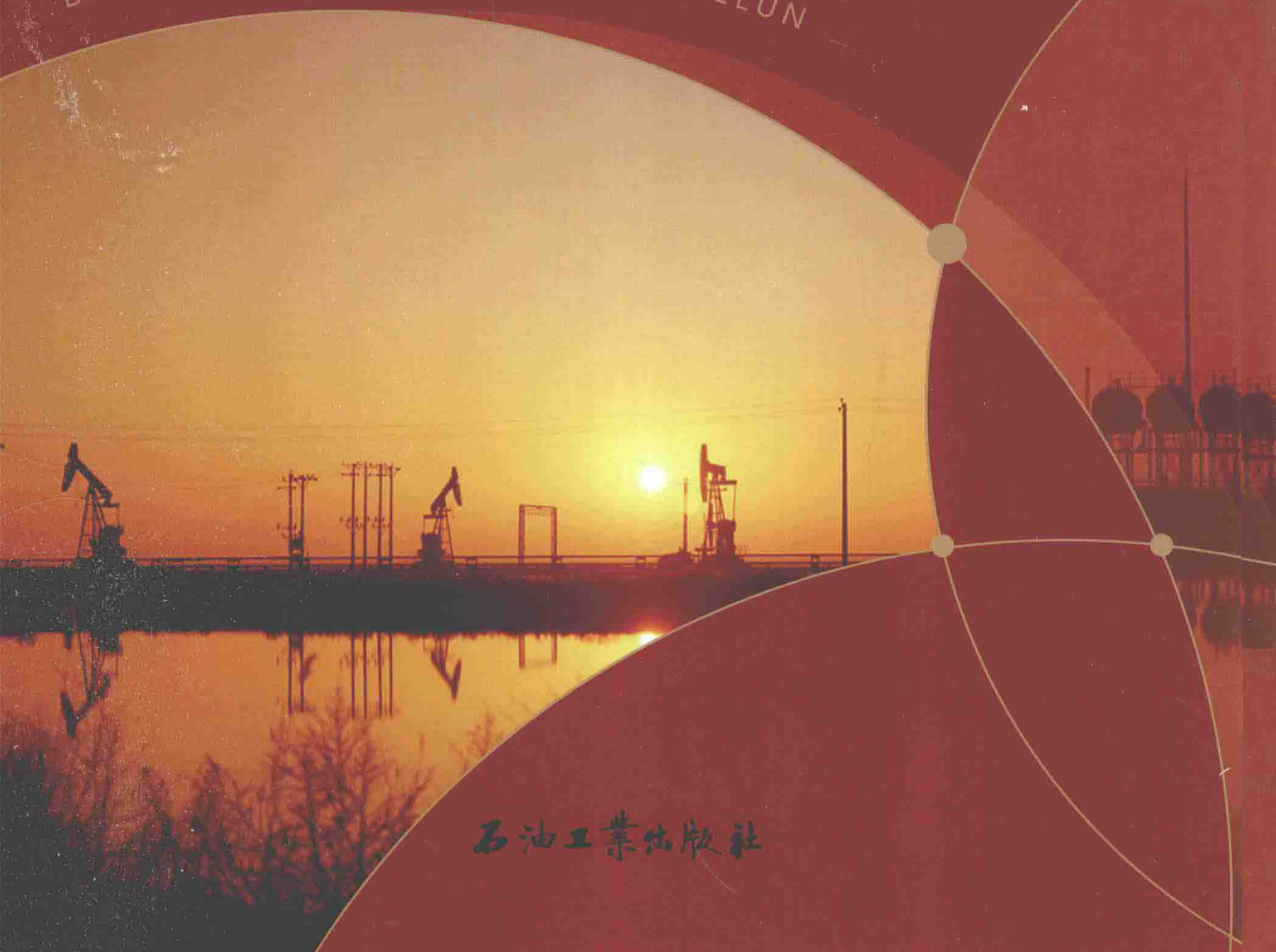


低渗透油田开发决策论

(第二版)

李道品 著

DISHENTOU YOUTIAN KAIFA JUECELUN



石油工业出版社

低渗透油田开发决策论

(第二版)

李道品 著



石油工业出版社

内 容 提 要

本书对我国低(特低)渗透油藏的储量状况及油藏地质特征、渗流特征和开采特征做了简要论述,重点对编制、优化和筛选低渗透油藏开发方案的重要决策性因素进行了全面而深入的辩证分析,并在总结和吸取近年来我国低(特低)渗透油藏的科学研究成果和生产实践经验教训的基础上,对如何实现低渗透油藏的科学合理高效开发,提出了基本原则和技术经济政策界线。

本书可供从事油田开发及相关工作的管理人员、工程技术人员、科研人员及石油院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

低渗透油田开发决策论/李道品著. —2版.

北京:石油工业出版社,2016.7

ISBN 978-7-5183-0924-5

I. 低…

II. 李…

III. 低渗透油层-油田开发-决策论

IV. TE348

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 244841 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

编辑部:(010)64523541 图书营销中心:(010)64523633

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

2016 年 7 月第 2 版 2016 年 7 月第 2 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:22.75

字数:550 千字

定价:118.00 元

(如出现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

第一版序

当前我国随着石油勘探和开发程度的延伸,低渗透油田储量所占的比例越来越大。如以中国石油天然气集团公司为例,至2001年底,探明石油地质储量 $145 \times 10^8 \text{t}$,其中低渗透储量 $44 \times 10^8 \text{t}$,占30%;动用石油地质储量 $110 \times 10^8 \text{t}$,其中低渗透储量 $21 \times 10^8 \text{t}$,占19%;剩余探明未动用石油地质储量 $35 \times 10^8 \text{t}$,其中低渗透储量 $22 \times 10^8 \text{t}$,占62%。近期当年探明的储量中,低渗透储量所占的比例更大,高达65%~70%。可见,在目前石油后备储量紧张的形势下,如何动用好和开发好低渗透油田储量,对我国石油工业的持续稳定发展具有十分重要的意义。

低渗透油田由于其储层性质差,单井产量低,因而开发难度大。但低渗透油田储量仍然是不可再生的宝贵资源,而且我国许多油田(延长石油、长庆油田、吉林油田、大庆油田及大港油田等)和院校在长期生产实践和科学研究过程中也取得了不少新的认识和经验。特别是延长石油经过近百年来对“三低”油田(储量丰度低、渗透率低及产量低)的开发,积累了十分丰富的实践经验。2002年产量达到 $180 \times 10^4 \text{t}$ 。把这些认识和经验集中起来,将会大大改善和提高低渗透油田开发的效果和水平。

李道品同志长期从事油田开发工作,特别是近些年来,经常深入到各油田、院校进行调查。在吸取总结各方面成果认识和经验教训的基础上,撰写出《低渗透油田高效开发决策论》一书。

该书从解剖单个的因素、现象、做法和经验入手,将理论与实践、地质和工程以及技术和经济等诸多环节结合起来,经过由此及彼、由表及里的加工整理和综合分析,上升总结出比较系统的认识和带普遍性的规律,特别从重要决策因素方面,阐明其作用意义和相互之间的辩证关系。

从我国当前实际情况出发,要开发好低渗透油田,具体工艺技术固然很重要,还要不断地研究改进和完善配套,但更重要的是正确的决策。科学、正确的决策是决定低渗透油田开发好坏和成败的关键环节。《低渗透油田高效开发决策论》一书会有一定的启迪和帮助。

当然,低渗透油田开发既很重要,又很复杂,不可能一蹴而就。希望广大油田开发工作者们勇于实践,奋力拼搏,刻苦钻研,与时俱进,不断改进、提高和完善。



2003年2月20日

第二版前言

2003年6月,笔者曾撰著出版《低渗透油田高效开发决策论》一书。

20世纪末期以来,我国探明石油储量中低渗透油藏储量越来越多,低渗透油藏已成为石油增储上产的主力。“十一五”期间,一些油田邀请笔者前去研讨有关低渗透油藏开发问题,并建议出版《低渗透油田高效开发决策论》第二版。

虽然当前国际油价低迷,对低渗透油藏开发建设不利,但从我国实际情况出发,低渗透油藏开发很需要继续发展和提高,因此,经与石油工业出版社有关领导研究,决定编著《低渗透油田高效开发决策论》第二版。

根据当前油价低迷和低渗透油藏开发的实际情况,第二版减去第一版书名中的“高效”二字,新书名为《低渗透油田开发决策论》第二版,在此特别说明。

《低渗透油田开发决策论》第二版保持了第一版的基本框架结构,但具体内容有较大的调整修改。除具体内容修改外,整体删减了原第二篇第十章的内容,同时增加了第三篇。

修改后的《低渗透油田开发决策论》第二版内容是:第一篇为我国低(特低)渗透油藏主要特征,分四章:第一章概论,第二章地质特征,第三章渗流特征,第四章开发特征;第二篇为低(特低)渗透油藏高效开发主要决策,分九章:第一章优选富集区块,第二章优化开发方式,第三章划分与组合层系,第四章科学合理布井,第五章搞好油层保护,第六章整体高效压裂,第七章改进开采工艺技术,第八章提高采收率技术,第九章简化地面工程;第三篇为特低渗透油藏开发的重大突破和展望,分三章:第一章特低渗透油藏开发重大突破,第二章低(特低)渗透油藏潜力分析,第三章油价起伏对策。

笔者在工作、调研和写作过程中,焦力人、李天相、邱中建、谭文彬、李虞庚、王乃举、唐曾熊、王家宏、李海平、万仁溥、金毓荪、孙希文等领导同志给予了热情关怀和支持,并得到了中国石油天然气集团公司科技发展部,中国石油天然气股份有限公司勘探与生产分公司、科技与信息管理部、咨询中心,中国石油勘探开发研究院开发所、采油所、专家室、廊坊分院渗流力学研究所、压裂酸化中心,大庆、吉林、大港、华北、胜利、中原、江汉、长庆、吐哈和新疆等油田单位有关领导和同志们的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

本书在一定程度上是《低渗透砂岩油田开发》一书的继续和发展,所以《低渗透砂岩油田开发》的参与者——刘雨芬、严衡文、穆龙新、皮广农、黄延章、罗迪强、胡博仲、徐志良和程兆惠等同志也是本书的参与作者。

本书多处引用中国石油天然气集团公司咨询中心开发部“低渗透油田开发战略研究”和“特殊岩性油藏开发战略研究”项目成果资料,因而该项目成员:万仁溥、刘雨芬、黄延章、杨长

祐、蒋阆、袁自学、李刚、管纪昂、张连春等同志同样也是本书的参与作者。

李家庆、王欣、皮晓林和李雪同志参加了资料收集和整理工作；贾迎、咸玥瑛和王瑞同志给予了大力支持和热情帮助，一并表示感谢！

本书是笔者向各油田和院校调研学习的结果，书中所引用的资料数据也是来源于有关油田和院校，对出处来源都尽量作了注明，但难免尚有不详和遗漏之处，请给予谅解。

低渗透油藏开发是一项涉及面很广、技术性很深和政策性很强的复杂庞大系统工程，由于笔者经验水平有限，书中难免有不妥甚至错误之处，敬请领导、同行和广大读者批评、帮助和指正。

笔者

2015 年 12 月 1 日

目 录

第一篇 我国低(特低)渗透油藏主要特征

第一章 概论	(3)
第一节 世界油气资源形势	(3)
第二节 我国当前油田开发简况	(4)
第三节 低渗透油藏概念、分类和评价	(6)
第四节 低渗透储量探明、动用及分布状况特点	(15)
第五节 我国低渗透油藏开发科学研究和生产试验发展状况	(20)
参考文献	(21)
第二章 地质特征	(22)
第一节 低渗透储层成因及沉积特征	(22)
第二节 低渗透储层岩性和物性特征	(26)
第三节 低渗透油田储层裂缝特征	(47)
第四节 低渗透油田流体、压力和能量特征	(63)
参考文献	(69)
第三章 渗流特征	(71)
第一节 渗流环境特征及其对渗流的影响	(71)
第二节 低渗透油层的非达西渗流特征	(80)
第三节 低渗透油层的两相渗流特征	(87)
第四节 低渗透油层的流固耦合特征	(90)
第五节 低渗透油层的渗吸特征	(92)
参考文献	(94)
第四章 开发特征	(95)
第一节 油田天然能量低	(95)
第二节 注水井吸水能力低	(97)
第三节 生产井见注水效果较差	(99)
第四节 稳产难度很大	(101)
第五节 裂缝性砂岩油田特征	(107)
参考文献	(112)

第二篇 低(特低)渗透油藏高效开发主要决策

第一章 优选富集区块	(115)
第一节 开发早期介入,作好油藏描述	(115)
第二节 进行技术经济评价,优选有利区块	(117)
第三节 总体规划部署、分批开发实施	(119)
参考文献	(121)
第二章 优化开发方式	(122)
第一节 低渗透油藏先期(超前)注水方式	(122)
第二节 注气	(132)
第三节 低渗透油藏注采压力系统的建立和评价	(140)
参考文献	(148)
第三章 划分与组合层系	(150)
第一节 开发层系划分与组合的一般原则	(150)
第二节 低渗透油田开发层系的具体状况	(151)
第三节 近期现场试验成果	(153)
参考文献	(156)
第四章 科学合理布井	(157)
第一节 低渗透油田开发的井网密度	(157)
第二节 常规低渗透油田开发的注采井网部署	(182)
第三节 裂缝性砂岩油田的井网部署	(188)
第四节 “垂向驱油”论	(218)
参考文献	(229)
第五章 搞好油层保护	(230)
第一节 储层的敏感特征分析	(230)
第二节 各类油层保护技术	(234)
参考文献	(239)
第六章 整体高效压裂	(240)
第一节 整体压裂优化设计技术	(240)
第二节 压裂工艺技术	(242)
第三节 重复压裂	(245)
第四节 压裂液和支撑剂	(247)
第五节 现场施工质量控制	(248)
第六节 改善工艺提高效果的最近经验	(249)

参考文献	(257)
第七章 改进开采工艺技术	(258)
第一节 丛式定向井钻采工艺技术	(258)
第二节 小井眼钻采工艺技术	(260)
第三节 高效射孔技术	(266)
第四节 高质有效注水	(271)
第五节 改进举升工艺技术	(280)
第六节 油井增产技术	(286)
参考文献	(294)
第八章 提高采收率技术	(295)
第一节 CO ₂ 驱技术	(295)
第二节 烃混相驱技术	(302)
第三节 纳米膜驱油技术	(306)
第九章 简化地面工程	(310)
第一节 长庆低渗透油田地面工程建设模式	(310)
第二节 大庆外围低渗透油田地面工程技术	(311)
参考文献	(316)

第三篇 特低渗透油藏开发的重大突破和展望

第一章 特低渗透油藏开发的重大突破	(319)
第一节 核心技术——水平井体积压裂	(319)
第二节 稳产保证——超前注水	(324)
第三节 关键环节——科学布井	(325)
参考文献	(337)
第二章 低(特低)渗透油藏潜力分析	(338)
第一节 提高水驱采收率矿场试验	(338)
第二节 低(特低)渗透油藏水驱采收率提高预测	(344)
参考文献	(345)
第三章 油价起伏对策	(346)
参考文献	(349)
附图	(350)

第一篇 我国低(特低)渗透 油藏主要特征

第一章 概 论^[1]

随着勘探和开发时间的延长,石油优质储量(如中高渗透油藏等)和产量逐步减少,品位较差储量(如特低渗透油藏等)和产量比例不断升高,这是世界各国石油工业发展的共同规律,目前我国石油工业这种状况更为明显。不言而喻,特低渗透油藏开发难度很大,因而当前这种形势,既是严峻的挑战,但也是一种有特别意义的机遇。

第一节 世界油气资源形势

世界油气资源分布像一个宝塔图^①,如图 1-1-1 所示。从资源质量品位高低和勘探开采难度方面评价,可以分为两大类:第一类为常规和比较容易发现和开采的油气藏,在油气资源总量中只占一小部分;第二类为非常规,难于发现和难于开采的资源,所占比例很大。



图 1-1-1 世界油气资源分布及发展形势示意图

从采出状况来看,常规油气资源大部分已采出,剩余的常规资源量不是很多,需要开采非常规中相对较好的资源,如低渗透油藏和致密砂岩气藏等。未来随着油价的提高和技术进步,开采对象主要是重油、煤层气、油页岩和含气油页岩等非常规资源。

例如美国比较典型,2000 年探明剩余可采储量为 $37.0 \times 10^8 \text{t}$, 2011 年为 $37.22 \times 10^8 \text{t}$, 11 年几乎没有变化, 2012 年突然增加到 $42.12 \times 10^8 \text{t}$, 2014 又上升至 $58.9 \times 10^8 \text{t}$ 。美国增加的主要是非常规(如致密油)的可采储量。

我国情况也很明显,例如中国石油天然气集团公司(以下简称中国石油)每年探明的原油地质储量中,低渗透储量所占的比例越来越大,2001—2005 年平均为 66.6%, 2011—2013 年平均达到 78.3%, 见表 1-1-1 和图 1-1-2,成为今后我国石油工业发展的主要储量物质基础。

① 第七届国际石油工程会议文集。

表 1-1-1 中国石油不同类型储量探明比例数据表

时间	其他储量比例, %	低渗透储量比例, %	低渗透储量平均比例, %
2000	69	31	
2001	45	55	66.6
2002	41	59	
2003	31	69	
2004	21	79	
2005	29	71	
2006	36	64	77.8
2007	67	33	
2008	8	92	
2009	0	100	
2010	0	100	
2011	22	78	78.3
2012	14	86	
2013	29	71	

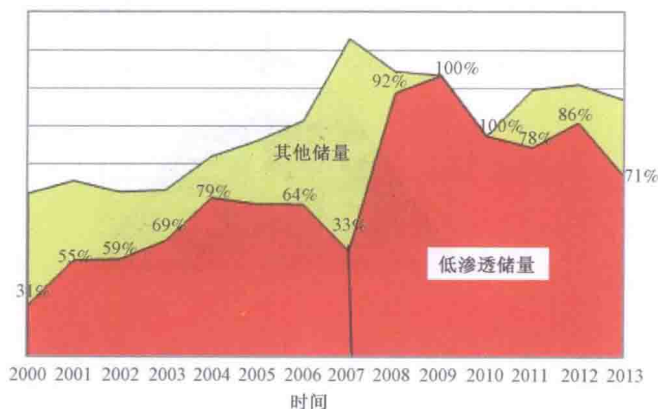


图 1-1-2 中国石油不同类型储量探明比例图

第二节 我国当前油田开发简况

2014 年我国生产原油 $2.1 \times 10^8 \text{t}$, 其中, 中国石油天然气股份有限公司生产 $1.14 \times 10^8 \text{t}$, 占 54.3%; 中国石油化工集团公司生产 $0.43 \times 10^8 \text{t}$, 占 20.5%; 中国海洋石油总公司(以下简称中国海油)生产 $0.41 \times 10^8 \text{t}$, 占 19%; 延长石油和上海等地方企业生产 $0.13 \times 10^8 \text{t}$, 占 6.2%, 如图 1-1-3 所示。21 世纪以来, 我国原油年产量上升了 $4700 \times 10^4 \text{t}$, 海洋和陆上各占一半, 陆上主要是中西部新开发特低渗透油田增加产量。

我国大部分主力油田都进入中后期开发阶段, 明显表现出“四高”的突出特点。“四高”即: 采出程度高, 综合含水高, 剩余可采储量开采速度快, 递减率高。以中国石油为例, 2013 年底的具体情况是:

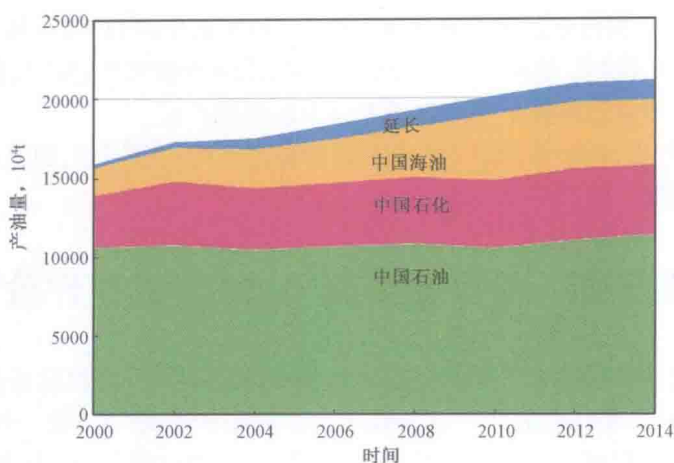


图 1-1-3 全国产量曲线图

(1) 采出程度高。地质储量采出程度 23.5%，可采储量采出程度 75.2%。国内外油田开发经验总结，可采储量采出程度达到 60% 以后，就会出现产量总递减现象。

(2) 综合含水高。总平均达到 87.3%，生产水油比 6.9。占总产量 35% 的最大主力油田——大庆油田更高，综合含水 92.8%，生产水油比 11.6。

(3) 剩余可采储量开采速度高。2013 年为 7.9%，大庆油田达到 10.4%。剩余可采储量开采速度一般控制在 6% ~ 7%，生产形势就比较稳定。

(4) 递减率高。自然递减率为 15% 左右，综合递减率为 10% 左右。比正常情况下的递减率高 4 ~ 5 个百分点。

相对而言，我国低渗透油藏开采程度比较低些。

2013 年底，中国石油低渗透油藏开采的具体情况是：地质储量采出程度 10.8%，可采储量采出程度 51.6%，综合含水 69.6%，剩余可采储量开采速度 6.28%。其原因是多数低渗透油藏投产时间较晚，近期增加的产量较多。2000 年，中国石油低渗透油藏动用储量 1.26×10^8 t，占总动用储量的 45%；2012 年底渗透油藏动用储量增加到 4.2×10^8 t，占总动用储量比例高达 79%。

21 纪以来，中国石油低渗透油藏产量大幅度增长，2000 年底渗透油藏产量 1922×10^4 t，约占总年产量的 18.1%；2014 年底渗透油藏产量上升到 5188×10^4 t，约占总年产量的比例达 45.6%，如图 1-1-4 所示。

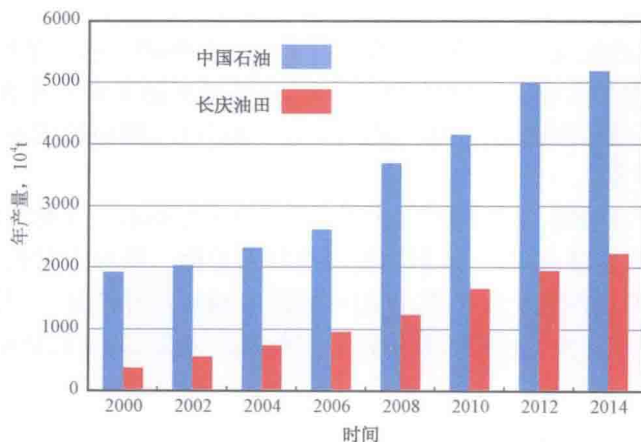


图 1-1-4 低渗透油藏年产量图

2000—2014 年,中国石油总年产油量从 $10605 \times 10^4 \text{t}$ 上升到 $11366 \times 10^4 \text{t}$,增加 $761 \times 10^4 \text{t}$,而同期低渗透油藏产量增长 $3266 \times 10^4 \text{t}$ 。这就是说,低渗透油藏产量不仅保证了中国石油总产量的持续增长,而且还弥补了中高渗透老油田递减的产量。

由此可以明显看出,低渗透油藏不但是当前增储上产的主要因素,更是今后我国石油工业持续发展的关键环节。

第三节 低渗透油藏概念、分类和评价^①

众所周知,一般油藏储层渗透率低,油井产量也自然低,因而人们总是把低渗透油藏与低产油藏概念联系起来。实际上油井产量高低除油层渗透率外,还与其他一些因素有关系,如地层原油黏度等;另外还有具体油藏进一步综合评价问题。因而最近一个时期,有关单位对低渗透油藏的概念、分类和评价问题进行了较多地研究讨论,在此加以简要介绍。

一、低渗透油藏分类^[2]

大体上有三种分类方法,即渗透率分类法、流度分类法和综合分类法。

1. 渗透率分类法

世界上对低渗透油藏并无统一固定的标准和界限,只是一个相对的概念。不同国家根据不同时期石油资源状况和技术经济条件而制定,变化范围较大。

例如苏联将储层渗透率小于 100mD 算作低渗透油藏^[3]。美国把渗透率大于 10mD 的储层算作好储层,低于 10mD 的算作中等—差储层^[4]。

作者在 1997 年所著《低渗透砂岩油田开发》一书中提出,把渗透率为 $0.1 \sim 50 \text{mD}$ 的储层统称为低渗透储层。这些年来的实践说明此界限基本符合我国油藏的实际情况,大家已有所共识。因此建议仍继续使用这个标准界限。

综上所述,我们把渗透率为 $0.1 \sim 50 \text{mD}$ 的储层统称为低渗透油藏。

根据实际生产特征,按照油层平均渗透率可以进一步把低渗透油藏分为三类:

第一类为一般低渗透油藏,油层平均渗透率为 $10.1 \sim 50 \text{mD}$ 。这类油层接近正常油层,油井一般能够达到工业油流标准,但产量太低,需采取压裂措施提高生产能力,才能取得较好的开发效果和经济效益。

第二类为特低渗透油藏,油层平均渗透率为 $1.1 \sim 10.0 \text{mD}$ 。这类油层与正常油层差别比较明显,一般束缚水饱和度增高,测井电阻率降低,正常测试达不到工业油流标准,必须采取较大型的压裂改造和其他相应措施,才能有效地投入工业开发,例如长庆安塞油田、大庆榆林林油田和吉林新民油田等。

第三类为超低渗透油藏,其油层平均渗透率为 $0.1 \sim 1.0 \text{mD}$ 。这类油层非常致密,束缚水饱和度很高,基本没有自然产能,一般不具备工业开发价值。但如果其他方面条件有利,如油层较厚、埋藏较浅及原油性质比较好等,同时采取既能提高油井产量,又能减少投资和降低成本的有力措施,也可以进行工业开发,并取得一定的经济效益,如延长油矿管理局所开发的大部分油藏。

^① 中国石油天然气集团公司咨询中心开发部《低渗透油田开发战略研究报告》2008 年。

上述分类主要是按油层基质岩块渗透率考虑,如果油层存在裂缝,其有效渗透率和生产能力可能会有变化和提高,不一定按上述界限分类,需进行双重介质的专门研究。

考虑到低渗透油藏在世界油田开发领域内已有比较明确的含义和概念,因而我们认为,从全国范围来说,还是以渗透率为标准划分低渗透油藏类别比较合适,这种方法简单明了而且比较实用。当然,对某个油区而言,也可作一些不同分类方法的研究。

2. 流度分类法

上述分类虽然基本符合我国低渗透油藏状况,但在生产实践中也出现一些矛盾问题,例如有些渗透率相近似的油藏,而开发难度和效果很不一样。

出现上述矛盾现象说明,只以渗透率分类过于简单,因为影响油藏开发难度和效果的流度(K/μ)因素也很重要。

基于上述原因,最近又研究了按流度分类方法。

初步调查,低渗透油藏按流度分类,有4个分类标准,见表1-1-2。

表 1-1-2 低渗透油藏按流度(K/μ)分类表 单位: $\text{mD}/(\text{mPa} \cdot \text{s})$

类别	一	二	三	四
咨询中心低渗透油藏开发 战略研究组	>10	$1 \sim 10$	<1	
大庆标准	>1.5	$1.5 \sim 1$	$1 \sim 0.5$	<0.5
中国石油勘探开发研究院 采收率所标准	>1	$1 \sim 0.5$	<0.5	
武若霞标准	>30	$1 \sim 30$	<1	

从表1-1-2可以看出,分类界线差别较大,特别是一类流度界线,大庆等单位分类界线,均是从本地区低渗透油藏出发进行的分类,适应本地区情况。但从中国石油所有低渗透油藏考虑,一些分类界线不适应。一类界线定在大于 $30\text{mD}/(\text{mPa} \cdot \text{s})$,这类油藏在低渗透油藏中所占比例很少,分类意义不大;一类界线定在大于 $1\text{mD}/(\text{mPa} \cdot \text{s})$ 或大于 $1.5\text{mD}/(\text{mPa} \cdot \text{s})$,这类油藏占的比例很大,在低渗透油藏中流度主要分布在 $1 \sim 20\text{mD}/(\text{mPa} \cdot \text{s})$ 范围内,因此,这一分类界线起不到分类作用。较为合适的界线,建议采用上述咨询中心低渗透油藏开发战略研究组提出的分类界线。

各类流度油藏特征如下:

一类:流度大于 $10\text{mD}/(\text{mPa} \cdot \text{s})$ 。一般原油性质较好,渗透率较高的油藏均属此类。在目前的技术条件下,此类油层能正常开发。如青海花土沟油田,吐哈鄯善油田、丘陵油田,以及大港北大港马西深层等均属此类。在此已开发的低渗透油藏中此类储量仅占已开发低渗透储量的6%。

二类:流度在 $1 \sim 10\text{mD}/(\text{mPa} \cdot \text{s})$,大部分低渗透油藏均属此类。已开发的低渗透油藏中,此类储量约占已开发低渗透油藏储量的60%。如大庆朝阳沟油田,吉林新立油田、乾安油田,冀中岔河集油田,辽河大民屯油田,大港枣园油田以及长庆靖安油田均属此类。

三类:流度小于 $1\text{mD}/(\text{mPa} \cdot \text{s})$ 。此类油藏在已开发的低渗透油藏中,储量约占36%。其中主要储量又集中在 $0.9 \sim 1.0\text{mD}/(\text{mPa} \cdot \text{s})$ 及 $0.2 \sim 0.3\text{mD}/(\text{mPa} \cdot \text{s})$ 中,分别占9%和7%。吉林大部分油藏属此类,如新民油田和大安油田,以及长庆安塞油田均属此类。

为了使流度的分类更趋合理,我们统计了 177 个已开发低渗透油藏流度的资料。资料说明,流度分布在三个区段:流度大于 $9\text{mD}/(\text{mPa} \cdot \text{s})$ 的油藏,这类油藏占低渗透油藏储量的 14.9%;流度为 $0.8 \sim 9\text{mD}/(\text{mPa} \cdot \text{s})$ 区间的油藏,这类油藏占低渗透油藏储量的 59.2%;流度小于 $0.8\text{mD}/(\text{mPa} \cdot \text{s})$ 的油藏,这类油藏占低渗透油藏储量 24.6%。分段界线在 $0.8\text{mD}/(\text{mPa} \cdot \text{s})$ 及 $9\text{mD}/(\text{mPa} \cdot \text{s})$,与上述分类界线比较接近,考虑到界线之间的储量差别较小,界线取整数,还是合理的,是符合自然分类的,见表 1-1-3 和图 1-1-5。

表 1-1-3 2006 年底按流度统计低渗透已开发石油地质储量分布表

流度 $\text{mD}/(\text{mPa} \cdot \text{s})$	地质储量 10^4t	地质储量累计值 10^4t	地质储量累计百分数 %	地质储量逆累计百分数 %
<0.1	9361	9361	2.7	97.3
0.1~0.2	2671	12032	3.4	96.6
0.2~0.3	17726	29757	8.5	91.5
0.3~0.4	9608	39366	11.2	88.8
0.4~0.5	7407	46772	13.3	86.7
0.5~0.6	15276	62049	17.6	82.4
0.6~0.7	17826	79875	22.7	77.3
0.7~0.8	11403	91278	25.9	74.1
0.8~0.9	2232	93510	26.6	73.4
0.9~1.0	29310	122820	34.9	65.1
1~2.0	47594	170413	48.4	51.6
2~3.0	58923	229336	65.1	34.9
3~4.0	13266	242603	68.9	31.1
4~5.0	8796	251398	71.4	28.6
5~6.0	7143	258542	73.4	26.6
6~7.0	10413	268954	76.4	23.6
7~8.0	19879	288833	82.0	18.0
8~9.0	1857	290690	82.6	17.4
9~10.0	1997	292687	83.1	16.9
10~20.0	30042	322729	91.7	8.3
20~150	29395	352124	100.0	0.0

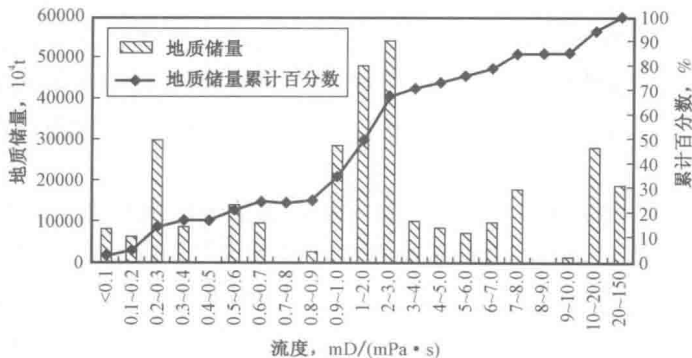


图 1-1-5 截至 2005 年底低渗透已开发石油储量—流度分布图