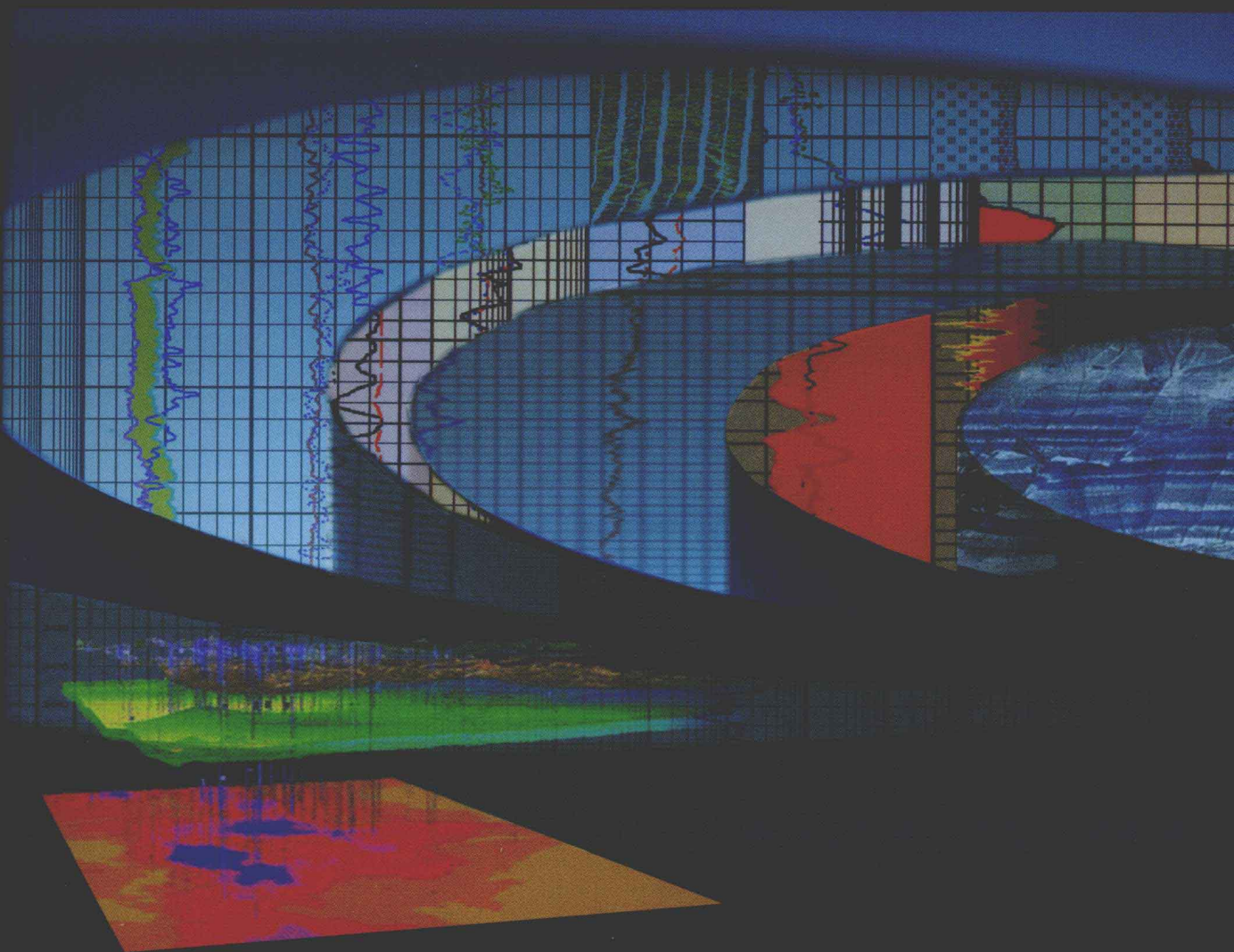


复杂油气藏 测井技术论文集

董银梦 主编



石油工业出版社

内 容 提 要

本书共收录中国石油测井有限公司华北事业部优秀科技论文 82 篇, 主要介绍了复杂油气藏测井解释与评价技术、采集工艺和仪器维修保养等方面的内容。

本书可供石油勘探开发领域的工程技术人员及高等院校相关专业师生参考与使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

复杂油气藏测井技术论文集/董银梦主编.

北京: 石油工业出版社, 2011. 4

ISBN 978 - 7 - 5021 - 8362 - 2

I. 复…

II. 董…

III. 复杂地层: 储集层 - 油气测井 - 文集

IV. TE151 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 052028 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

发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 保定彩虹印刷有限公司

2011 年 4 月第 1 版 2011 年 4 月第 1 次印刷

787 × 1092 毫米 开本: 1/16 印张: 33.25

字数: 850 千字

定价: 120.00 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

《复杂油气藏测井技术论文集》

编辑委员会

主 任：董银梦

副 主 任：蔡文渊 曾树峰

编 委：陈永昌 周诗广 罗安银 李学勇 班占全
毛良刚 李瑞安 周国政 徐东辉 高 敏
陈金宏 朱 禾 王建功 赵成刚

主 编：董银梦

副 主 编：蔡文渊 曾树峰 高 敏 鲜于德清

编 辑：高 敏 赵成刚等

责任编辑：鲜于德清 金平阳

序

华北事业部作为中国石油测井有限公司的技术服务单位，具备较强的电缆测井、射孔、取心和资料解释能力以及部分测井仪器的研发、制造能力，服务于多个油田、多个油气领域。事业部秉承“奉献能源，创造和谐”的企业宗旨，在公司的正确领导下，加快测井新技术研发，更新淘汰落后设备，应用自主研发制造的 EILog 快速成像系列测井成套装备，极大地提升了评价油气能力和市场竞争力，在华北、冀东、海南和煤层气等区块和领域发挥着主力作用。

“十一五”期间，测井有限公司沿着“一体两翼三路并举”的科学发展思路，以提高自主创新能力与核心竞争力为目标，组织测井前沿技术攻关，有力带动了事业部科技创新、科技创效方面的发展。事业部紧紧围绕油田勘探开发遇到的找油找气难题，技术人员以实事求是的科学态度，以严谨务实的工作作风，勇于探索、创新实践，继承发扬“为油田负责一辈子”的优良传统，立足本职、甘于奉献，努力破解勘探开发技术难题，结出了累累硕果。“十一五”期间，事业部共完成各类科研项目 122 项，获中国石油天然气集团公司科技进步一等奖 1 项，省部级三等奖 2 项，测井有限公司一等奖 7 项。

事业部以“创新测井，评价油气”为中心，大力发展新技术应用和新技术推广。测井采集、资料解释、工艺技术都得到了长足发展。

测井采集技术显著提升。EILog 成套装备的整体应用，阵列感应的全面推广，阵列声波、阵列侧向、方位声波、光纤陀螺的规模应用，为华北油田“三凹一区两领域”取得突破提供了有力支撑，成像测井这一“锐利武器”在油气评价中作用凸显。射孔工艺奋起直追，在完成常规射孔、水平定方位射孔、多级脉冲射孔的基础上，瞄准射孔高端市场储备技术，培养人才。生产井动态监测紧跟新技术发展，过套管地层电阻率、RMT 的广泛应用，为油田稳油控水和深度开发提供技术保障。数字岩心技术一枝独秀，应用自主创新的数字岩心技术，在二连油田现场分析钻进式井壁取心岩心参数，为定量解释提供评价参数，成为服务于阿尔油田的特色技术。

解释评价技术研究成果更加突出。紧跟油田勘探开发步伐，持续开展了低渗透储层产能预测及有效性评价研究，建立孔隙结构分析与储层分类技术、低孔低渗含油饱和度精细解释技术、阵列感应测井与核磁共振测井相结合的低渗透油气层识别与潜力层综合评价技术。依托国家重大专项《大型油气田与煤层气开发》和中国石油天然气股份公司重大专项《歧口富油气凹陷大油气田勘探及综合配套技术研究》子课题，形成了火成岩测井解释评价特色技术，发展了煤层气测井解释评价特色技术。

测井工艺技术取得重要进展。“十一五”期间，围绕测井工艺开展攻关，针对制约测井施工时效难题，削瓶颈、补短板，提升现场工程工艺处理水平。先后研制了多用途多组合

套铣打捞筒，在此基础上又完善了可内循环式组合打捞工具，研制了专门用于打捞放射源、进口贵重仪器的反穿心快速接头，完善了水平井旁通出套管工艺。这些技术有力保证了深井、超深井、水平井、大斜度井、小井眼井的施工质量，提高了测井一次成功率。

进军“十二五”的大幕已经拉开，在推动测井科技进步新征程中，我们服务的区域更加广阔，涉及的领域更加多样，面对的地质对象更加复杂，测井技术服务更具挑战性，有更多的技术难题需要去攻克。我们要始终坚持以科学发展观为统领，以建设国际一流测井公司为目标，着力创新地层成像测井，当好评价油气主力，以更加饱满的热情，更加坚定的信心，勤奋工作，勇攀高峰，谱写出无愧于历史，无愧于前人，无愧于时代的新篇章！

茅银梦

2011年4月

目 录

测井解释评价

低孔低渗储层产能预测方程的建立	鞠江慧	王建功	高瑞琴	高淑梅	程宝丽	(3)
EILog-05 测井成套装备在华北油田的应用	刘海啸	蔡文渊	罗安银	高 敏		(9)
EILog 测井成套装备资料质量控制	杨晓东	翟志云	刘 俊	张常梅	常贤华	(18)
发展油气评价手段 凸显 EILog 应用效果	罗安银	黄 胜	齐宝艳			(26)
多极阵列声波测井仪器 (MPAL) 在华北油田的应用	沈 萍	李洪彩	吴 铭	丁爱平	杨晓东	(35)
测井新技术在二连地区的推广应用	母学平	鞠江慧	丛培栋	熊孝云	王 涛	(42)
成像测井在潜山内幕油气藏评价中的应用	罗安银	王新龙	李智杰	王雅丽		(52)
大兴砾岩体致密气层测井解释评价	高淑梅	周文革	荆慧君	朱丽丽	熊孝云	(58)
低孔低渗储层有效性评价方法及应用	祗淑华	诸葛月英	李振苓	张莉莉	王晓林	(65)
地层泥质含量计算新方法	王建功	陈 燕	王 慧	温淑萍	高 燕	(71)
地层倾角测井的应用研究	燕金梅	熊孝云	高淑梅	高瑞琴	金庆姬	(77)
二连油田沉凝灰岩储层特征分析	高瑞琴	丛培栋	鞠江慧	周文革	杜秀霞	(83)
二连油田复杂砂岩储层解释模型研究	高瑞琴	丛培栋	温淑萍	高 燕	陈 燕	(89)
加强测井解释动态分析 提高油气层识别准确率	刘宁静	黄 胜	梁兰芝	王秀丽		(95)
复杂孔隙结构低渗透油层解释方法	安纪星	黄 胜	沈 平	王 绪		(105)
复杂砂岩含油饱和度计算研究	王建功	蔡文渊	罗安银	李 华	侯玉伟	(113)
复杂砂岩油气藏测井沉积微相研究与应用	高 敏	张莉莉	刘百舟	刘文华	胡 艳	(119)
复杂砂岩油气藏钙质校正方法	诸葛月英	刘 萍	刘荣芳	张贵荣	张媛媛	(128)
过套管电阻率剩余油检测技术与应用研究	宁卫东	左俊林	赵杏林	马丽君	王 健	(133)
海南福山油田 CO ₂ 气层的识别与评价	王秀丽	黄 胜	刘宁静	刘西婵	梁兰芝	(139)
海南福山油田低阻油气层识别与评价	熊 葵	刘荣芳	王 卫	叶文军	袁莎莎	(146)
低孔低渗透储层分类评价	刘荣芳	熊 葵	李金玉	曾晓英	李静文	(154)

低电阻油层分类识别模型及应用

..... 祇淑华 卫香莉 李振苓 诸葛月英 李 华 (160)

火成岩储层测井评价技术研究与应用

..... 陈曙光 蔡文渊 付恩玲 周 慧 高 敏 (165)

基于 LEAD 软件平台电成像解释技术 安纪星 王 卫 李 华 邢学军 (175)

井内落物“摸鱼”测井方法研究 周国瑞 陈永昌 蔡文渊 (185)

快速直观评价固井曲线质量 杨晓东 张 浩 刘 俊 翟志云 (190)

利用常规资料进行泥灰岩储层评价的方法 王亚丽 付恩玲 武沪生 (196)

煤层气测井精细评价技术 张莉莉 蔡文渊 高 敏 钟 萍 刘文华 (203)

任丘潜山油藏碳酸盐岩有效隔层评价 王新龙 罗安银 安纪星 吴 铭 (211)

砂泥岩剖面岩心介电实验研究 赵成刚 柯式镇 刘 辰 (217)

示踪流量测井方法及其应用研究 万 莉 薛素丽 董建波 乔 霞 张国良 (224)

数字岩心技术在二连地区的推广应用 张 琳 缪 华 朱丽丽 (231)

苏里格气田致密砂岩气层测井解释方法

..... 刘百舟 王新龙 侯玉伟 李 华 宋晓增 (237)

碳酸盐岩产出剖面解释方法研究 薛素丽 宁卫东 杨红霞 程戈勇 乔 霞 (244)

改进同位素吸水剖面测井方法 提高测井资料质量

..... 韩春苓 陈永昌 宁卫东 万 莉 钟娟红 (251)

同位素相关流量资料解释处理软件的开发

..... 王晓林 宁卫东 伏振民 左俊林 薛素丽 (259)

文安斜坡测井解释综合评价 陈晓琼 张伟伟 张媛媛 李金玉 (267)

氧活化测井在华北油田的应用 马丽君 乔 霞 杨红霞 伏振民 刘彦丽 (277)

油套管质量检测方法在华北地区的应用

..... 钟娟红 宁卫东 左俊林 乔 霞 马丽君 (284)

阵列感应测井油气层快速评价技术 李振苓 蔡文渊 祇淑华 李 华 李 思 (289)

阵列感应测井解释方法研究及在文安斜坡的应用

..... 黄 胜 梁兰芝 刘宁静 王秀丽 (297)

采集与工艺

Eclips 5700 测井数据文件结构分析 杨建军 王国锋 王 磊 李国芳 熊升斌 (307)

EILog-05 测井系统现场测井故障分析及应用经验总结

..... 李 阳 王国锋 王小准 马向军 李 印 (311)

EILog-06 岩性密度二级刻度方法及注意事项 陈金宏 张根雪 (316)

EILog-05 遥传系统信号编码方式及数据帧结构

..... 马向军 李 阳 张永贞 李 印 卢 坤 (322)

EILog-06 地面系统功能扩展 PCM3506 小井眼仪器的挂接 董超勤 (328)

EILog 电缆传输方法的实现 赵成刚 徐东辉 周国正 朱 禾 (335)

测井电缆通信系统综述 杨建军 王明才 赵 萌 薛卫锋 (343)

交叉偶极子声波在 Eclips 5700 新型系统下向 XMAC - F1 的升级

.....	王 磊	熊升斌	李国芳	黄 敏	刘晓伟	(349)
前端机操作系统 VxWorks	徐东辉	周国正	赵成刚			(355)
仪器运动轨迹对曲线质量影响原因分析	陈金宏	史彬彬	曹丛军	高志强		(362)
油管传输多级投棒射孔工艺应用与改进	周 强	姚 忠	周伟忠	钱志勇	李俊龙	(365)
钻杆传输水平井测井技术	班占全	王国锋	严 磊	李 荣	李 印	(369)
储层监测仪在储气库中的应用	温建英	陈凤兰	解 辉	黄美兰	刘素洁	(376)
管外油水界面监测装置试验研究	温建英	陈永昌	孙林平	李冬梅		(381)
过套管电阻率测井仪器伽马磁定位短节研制与应用	张凯亮	李瑞安	李东梅	黄美兰		(385)
内循环可套铣打捞工具的研制与应用	董宪明	徐跃洲	李永革	周 强	杨 洪	(391)
吸水剖面测井工艺改进及方法研究	张凯亮	陈永昌	姚东伟			(396)
影响撞击式井壁取心获取率低的要素及其改进措施	武卫琴	郝玉荣	刘东梅	霍红蕊	魏连平	(403)

仪器维修与应用

三维感应测井服务在低电阻率、低对比页状砂岩地层中的应用

.....	杨建军	王 磊	李海兵	左 键	李江山	(409)
EILog - 05 测井仪器故障分析实例	王国锋	董 军	刘诗尧	刘晓伟	陈垚辰	(412)
EILog - 05 测井系统电极系井径连斜组合仪常见故障分析	王国锋	杨建军	吴 玲	党益伟	罗建强	(415)
EILog - 05 遥传伽马短节故障处理实例	王爱英	秦光友	李建平	李 刚	张春江	(422)
EILog 常规井下仪器技术改进方法研究	周京玲	袁宝凤	周国正	徐东辉	赵成刚	(427)
EILog 辅串电路原理简述与故障分析	譙晓容	徐东辉	周国正	赵成刚		(432)
EILog 遥测短节和声波配接故障分析	段 强	刘小明	李 明	周荣波		(438)
LOG 绞车常见故障排除				肖 炯		(443)
MIT5530 阵列感应测井仪的刻度方法及重要性			朱艳山	梁 丽		(449)
MRIL - P 型核磁共振测井仪刻度介绍	杨建军	张大伟	党益伟	李 印	王英杰	(454)
WBS - 670 无线电通信系统的改进			李 明	史彬彬		(462)
八侧向测井曲线异常分析及解决方案			周荣波	段 强		(469)
便携式 EXCELL 2000 测井系统的应用	郝秀权	李国芳	李海兵	邓文传		(474)
储层监测仪 (RMT) 典型故障分析及改进	陈凤兰	黄美兰	温建英	解 辉	刘素洁	(478)
储层描述仪器 (RCI) 介绍	杨建军	苗 斌	郭 强	陈少华	李 明	(486)

地层倾角测井仪器典型故障分析和解决办法

.....	王爱英	熊义强	田文新	李 刚	李建平 (491)
高分辨率双侧向测井仪的应用	王 恒	李建平	王爱英	程 刚	熊孝云 (496)
超深井井壁取心枪选发器的改进及应用					
.....	张 亮	梁 丽	万琼武	卢世春	朱艳山 (500)
提高网络承载测井信息业务的安全性和高效性				姚 斌	谭国栋 (503)
新型井壁取心器的研制				陈金宏	武卫琴 (508)
引起 MIT 阵列感应测井曲线跳变的原因分析及解决办法					
.....	秦光友	梁长宽	金家洪	王爱英	王 恒 (512)
钻进式井壁取心器的应用	田文新	母学平	尹福松	杨启林	(517)

测井解释评价

低孔低渗储层产能预测方程的建立

鞠江慧 王建功 高瑞琴 高淑梅 程宝丽

(中国石油集团测井有限公司华北事业部, 河北 廊坊 065007)

摘要:二连 A 区低孔低渗储层在解释结论相同的情况下, 试油产能差异很大。为了解决测井解释结论与试油矛盾的问题, 本文通过大量的岩石孔隙结构分析, 对与产液量有关参数进行精选, 最终确定了由次生孔隙度、孔隙结构系数、总孔隙度等重要储层参数进行低孔低渗储层产能预测的解释模型, 建立了适合 A 区的产能预测方程, 首次对该类储层进行产液量的预测, 在二连油田应用中见到较好的效果。

关键词:低孔低渗储层 次生孔隙度 总孔隙度 有效孔隙度 孔隙结构系数 预测产液量

引言

对于低孔低渗储层, 一般常规试油产液量很低, 以干层为主, 压裂后多以低产为主。但在二连油田 A 区, 部分低孔低渗储层压裂后产量较高, 另一部分压裂后仍然低产, 采用通常的测井解释方法已很难判断储层产能, 必须研究能够预测压后产能的测井解释方法。

1 地质概况及储层特征

A 区位于二连油田东北部, 油藏类型为构造—岩性油藏, 沉积环境以陡坡扇三角洲沉积为主, 砂体延伸较短, 岩性变化快, 储层岩性多为含砾砂岩、砂砾岩, 岩石成分成熟度总体较低, 非均质严重, 油气储层深度在 1800.0m 以下, 属于低孔低渗储层。

(1) 岩性特征。岩石类型主要为岩屑长石砂岩和长石岩屑砂岩, 其次为长石砂岩和岩屑砂岩, 岩屑组分中以凝灰岩为主, 分选性较差, 磨圆度以次圆—次棱角状为主, 反映成分成熟度和结构成熟度较低。

(2) 孔隙结构特征。储层孔隙类型有粒间溶孔、粒内溶孔、铸模孔、晶间微孔、粒间孔等多种类型。孔隙直径 10 ~ 500 μm , 一般 100 μm ; 喉道半径 0.04 ~ 81.36 μm , 面孔率一般为 3% ~ 9%。岩石物性分析结果, 有效孔隙度基本小于 10%, 一般为 4% ~ 8%, 水平渗透率为 $0.6 \times 10^{-3} \sim 6.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

(3) 测井曲线特征。储层电阻率为 30 ~ 60 $\Omega \cdot \text{m}$, 计算的声波孔隙度较低, 一般小于 10%, 微电极曲线多呈高幅锯齿—尖峰状无差异, 自然电位曲线在主要油气显示层段显示为较小负异常或无异常, 测井常规解释多以致密层、差油层为主。

2 低孔低渗储层产能参数

A 区储层物性差, 常规试油以干层为主, 压裂改造后有相当一部分试油层产量较高, 压

前压后产液量变化很大。储层沉积和岩石物性分析结果,该区块处于晚成岩期,过压实作用使得岩石中原生粒间孔变得很小,碎屑岩中不稳定成分的岩屑、基质和胶结物,以及交代各种组分的易溶自生矿物,在富含有机质、碳酸等孔隙水的作用下形成了大量次生溶蚀孔隙。这种以次生孔隙为主的低渗透砂岩,孔隙类型与结构比较复杂,储层物性变化大。常规解释中利用声波时差计算的孔隙度主要反映地层有效孔隙度,对于中高孔渗储层,有效孔隙度占据了地层孔隙系统的绝大部分,在储层物性、含油性评价中起主导作用。而对于A区这种次生孔隙发育的低孔低渗储层,利用声波时差计算的孔隙度,不能准确反映压裂后的供液孔隙度,导致解释结论偏低。为此,加强了反映碎屑岩储层孔隙结构的孔隙结构系数、反映压裂改造效果的总孔隙度及次生孔隙度的研究。

2.1 总孔隙度

测井解释中,总孔隙度由核测井仪器(补偿密度、补偿中子)测量结果求得。

$$\phi_t = [(\phi_n^2 + \phi_d^2) / 2]^{0.5}$$

式中 ϕ_n ——补偿中子孔隙度;
 ϕ_d ——补偿密度孔隙度;
 ϕ_t ——总孔隙度。

2.2 碎屑岩次生孔隙度

次生孔隙度为总孔隙度和有效孔隙度之差,有效孔隙度一般为声波仪器可以观测到的孔隙度。

$$\phi_1 = (\Delta t - \Delta t_m) / (\Delta t_f - \Delta t_m) / \Delta t_p - V_{sh} \times (\Delta t_{sh} - \Delta t_m) / (\Delta t_f - \Delta t_m)$$

$$\phi_2 = \phi_t - \phi_1$$

式中 ϕ_1 ——有效孔隙度;
 ϕ_2 ——次生孔隙度;
 Δt ——测量的声波时差, $\mu s/m$;
 Δt_m ——骨架的声波时差, $\mu s/m$;
 Δt_f ——流体的声波时差, $\mu s/m$;
 Δt_p ——地层压实系数;
 Δt_{sh} ——泥岩声波时差, $\mu s/m$;
 V_{sh} ——泥质含量。

2.3 孔隙结构系数

孔隙结构与储层的产液情况关系密切,但直接表征孔隙结构的重要参数孔喉半径均值通常是由岩石物理实验得到,在非均质性强的地区难以满足生产需要。为此,定义有效孔隙度与渗透率之比为孔隙结构系数,利用由测井资料求得的有效孔隙度与渗透率求取孔隙结构系数:

$$R = \text{SQRT}(K / \phi_1)$$

式中 R ——孔隙结构系数;
 K ——地层渗透率, $\times 10^{-3} \mu m^2$ 。

研究证实, 孔隙结构系数与孔喉半径均值很好的相关性。图 1 是利用本区块 10 口井压汞资料所做的孔隙结构系数与孔喉半径均值的关系图。从图上可以明显看出, 在双对数坐标上, 孔隙结构系数与孔喉半径均值有很好的线性关系, 孔隙结构系数越大, 孔喉半径均值越大。说明孔隙结构系数能很好地反映孔隙结构, 其值越大, 表明孔隙结构越有利于储层渗流能力。

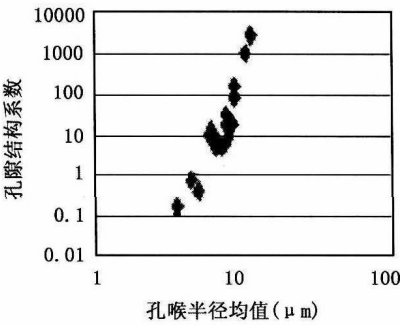


图 1 孔隙结构系数与孔喉半径均值关系图

3 低孔低渗储层压后产能预测方程建立

3.1 产能预测模型

储层产能是一个综合指标, 是储层岩性、物性、孔隙流体性质、油藏特征等静态指标和钻井、固井工艺、特别是试油工艺和方法等动态过程的综合反映。储层产能预测就是在充分考虑各种影响因素的同时, 对某些影响因素进行简化、组合、量化, 选取最主要的、贡献大的指标, 对储层的生产能力进行评估。

对于一个构造或一个油藏, 动态指标的影响趋于一定, 这是因为在一个小的区域, 钻井工艺、射孔、压裂工艺等基本相同, 其影响可近似简化为一个常数; 同样, 对于一个特定区域, 油藏特征如油层的供油半径、油藏压力 (能量), 流体性质如流体黏度、压缩系数等也趋于保持不变, 因而也可将其近似视为一个常数。这样储层产能的高低变化主要与地层物性有关, 即受储层孔隙度 (供油量) 和渗透率 (供油能力) 影响。

对于孔隙类型以次生孔隙为主的低孔低渗储层, 孔隙结构是储层产能的基础, 但此时预测储层产能不能单一沿用中高孔渗储层条件下的模型, 除有效孔隙度和渗透率外, 还应考虑次生孔隙度及总孔隙度, 因为压裂后, 部分原来的束缚孔隙和不连通孔隙变成了有效孔隙, 这一点对低孔低渗储层产能预测非常重要。

图 2 为试油层的声波孔隙度、总孔隙度一次生孔隙度的交会图。从图上可以明显看出本

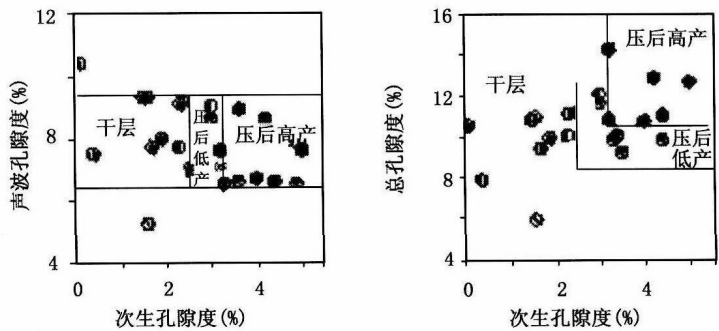


图 2 声波孔隙度、总孔隙度与次生孔隙度交会图

区块试油层的声波孔隙度在压后高产、低产油层与干层基本相当,失去了判断储层物性的作用,而次生孔隙度、总孔隙度有明显区别,可以较好的区分物性储层,由此可以看出,在本区块次生孔隙度、总孔隙度的重要性。

3.2 产能预测方程

研究证实,次生孔隙度、孔隙结构系数、总孔隙度与压裂后试油产液量都存在一定的相关性。

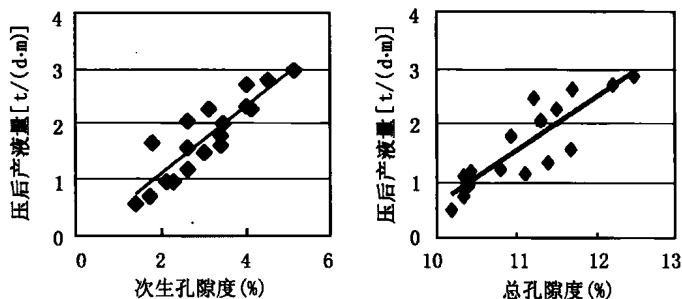


图3 次生孔隙度—总孔隙度—压后产液量关系图

从图3上可以看出次生孔隙度与压裂后的产液量有较好的正比线性关系。由此奠定了产能预测的基础。最终确定了如下的储层压后产能预测方程:

$$Q_i = A \times \phi_2 + B \times R + C \times \phi_1 + D$$

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i \times H_i$$

式中 A 、 B 、 C 、 D ——区域常数;

H_i ——第 i 层储层厚度, m;

Q_i ——第 i 层压裂后单位米产液量, t/d;

Q ——预测产液量, t。

上式中 R 项主要反映了储层固原渗流能力,同时也是压裂改造后储层产能的重要基础; ϕ_1 项是储层原始状态和压裂改造后供油能力的综合反映; ϕ_2 则主要代表着压裂改造后才对产能做贡献的孔隙部分。

利用10口井测井和试油资料统计回归得到了A区产能预测公式中的各项系数,复相关系数为0.88。

4 应用效果

利用研究得到的产能方程,对A区的11口井的70层进行了压后产能预测,其中9口井60层已有试油验证,见表1,除A41井的38号层预测结果与压后产量差别较大外,其余各层均符合较好。

应用实例:图4为X井处理成果图,从图上可以看出41~46号储层段,自然电位负异常幅度较小,自然伽马为齿状,声波时差数值低,计算的声波孔隙度小于10%,用声波孔隙度计算的含油饱和度较低,反映储层物性、含油性均差,41号、42号、44号、45号层原

解释为差油层，其次生孔隙度比较大，在 2% ~4% 之间，用总孔隙度计算的含油饱和度 2 达到油层标准。这几层计算的压裂后产液量平均为 3t/ (d · m)，41 号层底部较高，达 4t/ (d · m)，预测 41 号、42 号、44 号、45 号层压裂后产液量为 45.7t/d 左右。后 41 号、42 号、44 号、45 号层试油，压裂后，产量较高，日产油 45.7t，处理结果与试油结果基本一致。

表 1 预测压后产量与实际产量对比表

井名	层号	总孔隙度 (%)	有效孔隙度 (%)	次生孔隙度 (%)	孔隙结构系数	压前产量 (t/d)	压后产量 (t/d)	预测产量 (t/d)
A53	19	11.4	8.4	3	0.18	0.01	40	38.4
	41~45	10.5~11.9	6.6~10.4	3.2~4.4	0.03~0.2	0.00	50	47.2~56.3
A39	47~49	14.1~18.2	12.6~14.6	0.5~3.6	0.24~0.36	0.03	8.5	5.8~12.3
A61	4、5	11.3	8.2	3.1	0.3	1.85	44.5	49.2
	18~23	8~9.8	6.8~7.2	2.6~3	0.07~0.09	2.1	10.02	7.4~15.5
	50~54	7.5~8.8	5.6~7.2	1.2~2.0	0.05~0.22	0.12	32.14	25.4~38.7
A63	56~62	11.4~15	9.7~12.9	0~3	0.14~1	0.15	22.18	16.3~26.5
	75~81	7~11.4	5.1~9.6	1.1~5	0.08~0.44	0.22	12.27	7.1~16.3
A41	31	17.1	13.5	3.6	0.02	0.02	5.49	15.4
	38	10.9	8.3	2.6	0.05	0.19	23.23	16.7
	43	9.3	5.7	3.6	0.03	0.05	12.34	10.6
A15	52~55	9.8~11.2	6.5~9.7	1.8~3.5	0.01	0.00	3.17	1.0~5.1
	17~18	8.6~12.4	7.5~10.1	1.6~2.6	0.03	1.93	25.43	12.2~25.3
A27	9~10	10.8~12.4	8.6~10	2~2.2	0.09	0.92	38.66	19.4~36.5
A29	15	14.3	9.2	5.1	0.3	5.00	56.2	60.12
A57	58~66	9~10.3	6.5~9	1.3~2.6	0.022~0.179	0.00	22.08	20.2~26.3
	28~31	9.2~11.3	6.6~9	1.6~3.2	0.01	0.00	5.26	1.2~5.6

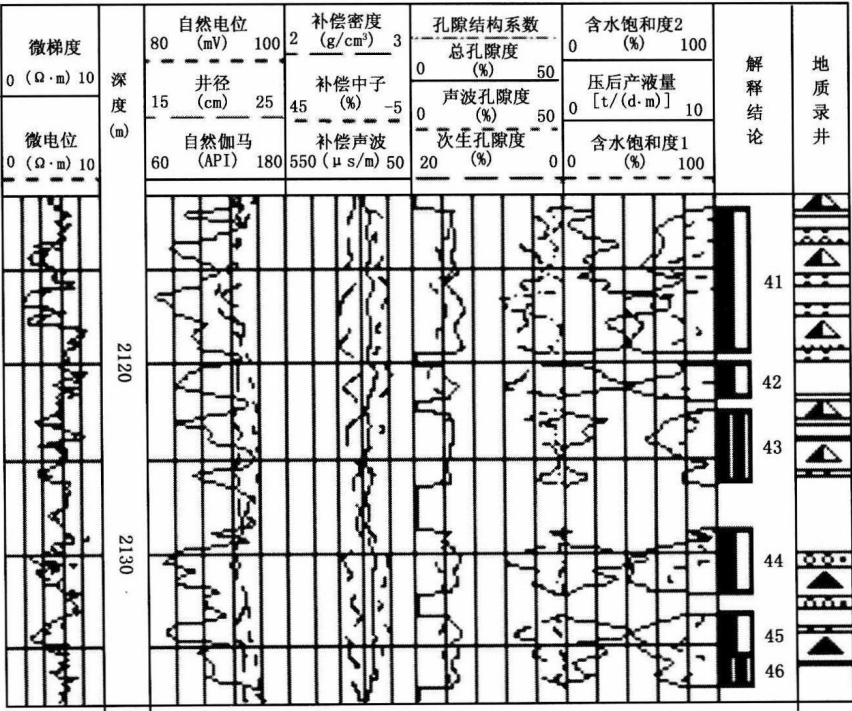


图 4 X 井处理成果图

5 结束语

本文对于低孔低渗的碎屑岩储层,进行了压裂改造后的产能预测,首次引入次生孔隙度、孔隙结构系数、总孔隙度三参数,并通过大量资料回归出区域性较强的压后产能方程,得到了较好的应用效果,这种方法适用于具体区块的快速产能预测。其参数易求、方法简单。同时在储层物性的认识及低孔低渗储层压裂方案的确定方面起到指导作用。

由于储层的产量受影响因素较多,对于较广泛区域应用及区分油水产量方面还需要进一步研究。

参考文献

- [1] O. 赛拉. 测井资料地质解释 [M]. 北京:石油工业出版社, 1992.
- [2] 方少仙, 等. 石油天然气储层地质学 [M]. 东营:石油大学出版社, 2002.
- [3] 吴元燕. 油矿地质学 [M]. 北京:石油工业出版社, 1990.