

中国地学博士论丛
ZHONGGUO DIXUEBOSHI LUNCONG

裂缝性储层 流体类型识别技术

LIEFENGXING CHUCENG LIUTI LEIXING SHIBIE JISHU

魏 斌 张凤山 刘凤亮 等编著

130
8

地质出版社

中国地学博士论

裂缝性储层流体类型识别技术

魏 斌 张凤山 刘凤亮
孙宝喜 朱世和 卢毓周 编著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

随着世界经济的快速发展,世界各国对石油天然气的需求越来越大。由于整装高孔渗砂岩油气藏已越来越难以找到,这就迫切需要寻找碳酸盐岩及火成岩等复杂岩性油气藏。因此,裂缝性储层流体类型的识别就显得越来越重要。

本书就裂缝性储层流体类型识别技术研究进行了有益的探讨,提出了三种流体类型的识别方法,即核磁测井法、常规测井法和生产测井法。三种方法应用于辽河盆地大民屯凹陷变质岩和碳酸盐岩潜山地层流体类型识别,识别的正确率达88%。

本书可供从事油田科研、开发人员及高等院校相关专业师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

裂缝性储层流体类型识别技术/魏斌等编著. —北京:
地质出版社,2004.5

ISBN 7-116-04105-2

I. 裂… II. 魏… III. 裂隙储集层-流体圈闭-
测井 IV. P618.130.208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 058403 号

组稿编辑:王大军
责任编辑:李凯明
责任校对:王素荣
出版发行:地质出版社
社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083
电 话:(010)82324508(邮购部)
网 址:<http://www.gph.com.cn>
电子邮箱:zbs@gph.com.cn
传 真:(010)82310759
印 刷:北京长宁印刷有限公司
开 本:787 mm×1092 mm^{1/16}
印 张:8.5
字 数:206千字
印 数:1—700册
版 次:2004年5月北京第一版·第一次印刷
定 价:40.00元

ISBN 7-116-04105-2/P·2478

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)

前 言

裂缝性储层流体类型识别一直是国际测井界亟待解决的难题。一方面,裂缝性储层具有岩性复杂、储集类型多样、物性变化大、非均质性强等特点,因而其测井解释和流体类型识别要复杂和困难得多。另一方面,复杂岩性油气藏越来越受到人们的重视。随着世界经济的快速发展,世界各国对石油天然气的需求量越来越大。然而,大型整装高孔渗砂岩油气藏已越来越难以找到。因此,许多石油大公司不得不把注意力转到碳酸盐岩及火成岩等复杂岩性油气藏的勘探和开发上来。近年来,国内许多油田已在裂缝性碳酸盐岩油气藏及火成岩油气藏的勘探方面取得了重大突破。这就迫切要求开展裂缝性储层流体类型的识别。

作者就裂缝性储层流体类型识别技术研究进行了有益的探讨,在理论方法研究和实际应用方面均取得了一定的成效。方法上,首先利用岩心刻度测井的方法,建立测井识别岩性的标准;进而进行储渗空间及其有效性的综合判定;最后,结合试采油数据和综合录井等资料,建立流体性质识别方法及标准,从而识别有效储渗空间中的流体类型。本次研究中,通过对流体类型影响因素的分析,提出了三种识别流体类型的方法,即核磁测井法、常规测井法和生产测井法,其中,后两种方法为首次提出。此方法应用于辽河盆地大民屯凹陷变质岩和碳酸盐岩潜山地层流体类型的识别,识别正确率达到了88%。

作者将在实践中所取得的认识公开,是为了抛砖引玉,以使裂缝性油气藏的勘探理论研究和实践都取得重大突破。

全书共分五章:第一章全面介绍了研究工区潜山地质特征;第二章为潜山地层的储层特征研究及测井岩性识别;第三章介绍裂缝性储层的识别与评价方法,主要是利用井壁成像测井资料定性识别裂缝并进而定量评价的方法;第四章是为认识核磁共振测井技术识别流体类型的特征,而进行的实验研究及结果;第五章为三种流体类型识别方法的理论阐述及其应用实例,最后是结论和认识。本书前言和绪论由张凤山、孙宝喜、魏斌、刘凤亮编写;第一、第二章由魏斌、卢毓周编写;第三章由魏斌、朱世和、刘凤亮编写;第四、第五章由魏斌、朱世和、卢毓周编写。张凤山审阅了全书并统稿。

在本书的编写以及整个项目的研究过程中,得到了辽河石油勘探局科委办公室、测井公司和辽河油田博士后工作站等单位的大力支持与帮助,得到了杨慧珠教授、郑浚茂教授和范宜仁教授以及刘利博士、胡英杰博士和姜建群博士的指导与帮助,局科委办公室丁元德、耿广成、高远文、张宏、彭成东,博士后工作站张春山,测井公司李能根、陈宝树、邱汉强等领导,科技科周武、江松元、孙宏伟,数解中心汪浩、柯启宇、杨贵凯、王睿、王晓锋、乔德新等同志在课题研究期间提供了大量的第一手资料和具体的帮助;刘荣女士绘制了全部图件。在此一并表示衷心的感谢。

由于研究工作比较局限,资料积累不够丰富,研究工作尚处于初步阶段,水平有限。书中不足之处,敬请读者批评指正。

编著者

2003年6月

Preface

As the rapid development of the world economy, the need for oil and gas is increasing. However, it is hard to find the large sand block reservoir with high porosity and permeability, therefore, some large petroleum companies have to move their focus on the exploration and development of the fractured reservoir. Recently, some domestic oil fields have achieved significant success in the exploration of fractured carbonate and igneous reservoir, which needs us to identify the fluid type of fractured reservoir. Identifying the fluid types in fractured reservoir has been a difficult problem that expected to be solved as soon as possible by international well logging organization. On one hand, it is rather comprehensive and difficult to identify fluid types of the fractured reservoir because of the characteristics of complex lithology, various reservoir type, mutative physical properties and strong heterogeneity. On the other hand, more and more attention has been paid to complex lithology reservoir.

The authors have studied the techniques of fluid type identification in fractured reservoir and acquired some accomplishment in both theoretical methodology and practical application. In methodology, the standard for distinguishing the lithology by log is established by using the core calibrated logs. Following that, the integrated determination of reservoir space is made. Finally, the method and standard of recognizing the fluid properties is set up to distinguish the types of fluid in effective reservoir space through combining with the other data such as well testing and logging. After analyzing the influence factors of fluid type, three ways to identify the type of fluid are presented, i. e. nuclear magnetic logging, conventional logging and production logging, in which the last two methods are brought forward for the first time. Applying these methods to distinguish the type of fluid in metamorphic and carbonate rock in Damintun sag of Liaohe Basin, we got the coincident rate of 88%. The reason that the authors publish their understanding from practice is to "cast a brick to attract a jade", which helps to make a giant breakthrough in the theoretical research and practice on the fractured reservoir exploration.

The whole book includes 5 chapters: the first chapter introduces the geological features of the buried hill in the study area; the second chapter covers the investiga-

tion on reservoir characteristics of buried hill and the lithology identification by logs; the third chapter explains the recognition and evaluation methods of fractured reservoir, which concentrate on the qualitative and quantitative determination of fracture by means of sidewall image log; the fourth chapter describes the experimental research which is carried to understand the feature of using nuclear magnetic resonance technique to distinguish the fluid type, as well as its result; the fifth chapter presents the theory of above three methods and their application examples, together with the conclusion and understanding. The foreword and introduction of book is written by Mr Zhang Fengshan, Mr Sun Baoxi, Mr Wei Bin and Mr Liu Fengliang; Chapter 1 and 2 by Mr Wei Bin and Mr Lu Yuzhou; Chapter 3 by Mr Wei Bin, Mr Zhu Shihe and Mr Liu Fengliang; Chapter 4 and 5 by Mr Wei Bin, Mr Zhu Shihe and Mr Lu Yuzhou. It is checked and compiled by Mr Zhang Fengshan.

During the completion of the book and study of the whole project, we got lots of cooperation which is energetic support and help from the units of Science and Technology Committee Office of Liaohe Petroleum Exploration Bureau, and Post-Doctor Workstation; lots of instruction and assistance from Prof. Yang Huizhu, Prof. Zheng Junmao, Prof. Fan Yiren as well as Dr. Wang Weimin, Dr. Liu Li, Dr. Hu Yingjie and Dr. Jiang Jianqun; plenty of firsthand materials and particular assistance from Mr Ding Yuande, Mr Geng Guangcheng, Mr Gao Yuanwen, Ms Zhang Hong, Mr Peng Chengdong in Science and Technology Committee Office of Liaohe Petroleum Exploration Bureau, Mr Zhang Chunshan in Post-Doctor Workstation, Mr Li Nenggen, Mr Chen Baoshu, Mr Qiu Hanqiang in Liaohe Wireline Services, Mr Zhou Wu, Mr Jiang Songyuan, Ms Sun Hongwei in Science and Technology Office and Mr Wang Hao, Mr Ke Qiyu, Mr Yang Guikai, Ms Wang Rui, Mr Wang Xiaofeng, Mr Wang Zhongdong and Mr Qiao Dexin in Data Process and Interpretation Center. Additionally, all the charts in this book are made by Ms Liu Rong and the foreword and catalog are translated into English by Ms Zhang Lijun. We extend our most sincere thanks to all of these contributors.

As a result of the localization of our job, insufficiency of the data accumulated, preliminary stage the research on and limitation of our knowledge, there must be some inadequacy that is expected to be pointed out and corrected.

the authors
June 2003

目 录

前 言	
绪 论	(1)
第一章 大民屯凹陷潜山地质特征	(4)
第一节 大民屯凹陷潜山概况	(4)
第二节 大民屯凹陷潜山地层	(5)
一、太古宇变质岩潜山地层	(5)
二、中新元古界	(6)
第三节 潜山断裂特征	(7)
一、区域构造背景	(7)
二、潜山形成机制	(7)
三、大民屯凹陷潜山断裂特征	(7)
第四节 大民屯凹陷潜山油气藏分布特征及控制因素	(9)
一、大民屯凹陷潜山油气藏的分布	(9)
二、大民屯凹陷潜山油气藏类型	(9)
三、大民屯凹陷潜山油气藏的控制因素	(9)
第二章 储层特征研究及测井岩性识别	(12)
第一节 大民屯凹陷潜山储层研究	(12)
一、大民屯凹陷潜山储集岩性	(12)
二、大民屯凹陷潜山孔隙类型	(13)
三、大民屯凹陷潜山储层分类	(13)
第二节 裂缝影响因素及岩性与油气关系	(17)
一、变质岩储集层构造裂缝发育程度影响因素分析	(17)
二、岩性与含油性的关系	(18)
三、储集岩的划分	(20)
第三节 变质岩测井响应特征	(21)
一、辽河坳陷太古宇变质岩测井响应特征	(21)
二、沈 625 井区太古宇变质岩测井曲线特征	(22)
三、沈 625 井区中新元古界测井曲线特征	(23)
第三章 储层识别与评价方法	(27)
第一节 裂缝系统描述方法	(27)
一、直接观测分析方法	(27)
二、钻井工程、油藏动态分析方法	(28)

三、主要测井方法	(29)
四、实验室研究方法	(32)
五、其他方法	(32)
第二节 井壁成像测井	(34)
一、井周声波成像测井 (CBIL)	(34)
二、电阻率扫描成像测井 (STARII)	(35)
三、成像图的颜色和形态分类	(35)
四、成像图地质特征识别	(36)
五、成像测井图不同岩性的识别	(40)
第三节 电声成像测井定量评价	(42)
一、模拟井的设计图案及意义	(42)
二、成像测井资料的对比分析	(43)
三、对应关系的分析	(45)
四、软件设计及应用	(48)
五、误差分析	(48)
六、应用实例	(51)
第四节 多极子阵列声波测井裂缝识别	(52)
一、多极子阵列声波测井原理	(52)
二、区分纵波、横波及斯通利波	(52)
三、裂缝识别的声学基础	(53)
四、利用斯通利波识别裂缝	(53)
第四章 核磁共振实验	(57)
第一节 全直径岩心核磁共振实验	(57)
一、实验内容	(57)
二、实验材料和方法	(57)
三、实验结果及分析	(58)
第二节 常规岩心核磁实验	(76)
一、实验分析项目	(76)
二、饱和水岩心的磁共振测量	(76)
三、油样的磁共振测量	(77)
四、岩心饱和水与饱和油的 T_2 谱对比	(78)
五、实验结果	(82)
第五章 流体类型识别	(83)
第一节 核磁资料流体类型识别	(83)
一、核磁共振技术	(83)
二、利用核磁差谱和移谱直观识别油气层	(84)
第二节 利用常规测井信息识别评价裂缝	(87)
一、利用常规测井信息识别评价裂缝的理论依据	(87)
二、前人研究方法及评述	(88)

第三节 沈 625 井区储层流体类型识别	(95)
一、流体类型影响因素分析	(95)
二、流体识别解释模型的建立	(102)
三、应用实例	(103)
第四节 利用生产测井资料识别流体性质	(113)
一、生产测井简介	(114)
二、生产测井用于流体类型识别的理由	(114)
三、识别实例	(115)
第五节 方法小结及符合率统计	(120)
一、方法小结	(120)
二、测井系列的选择	(120)
三、符合率统计	(120)
参考文献	(122)

Contents

Foreword

Preface (1)

Chapter 1 Geological features of buried hill in Damintun sag (4)

Section 1 General situation of buried hill in Damintun sag (4)

Section 2 Formation of buried hill in Damintun sag (5)

Part 1 Buried hill of Archean metamorphic rock (5)

Part 2 Middle and Upper Proterozoic strata (6)

Section 3 Fracture characteristics of buried hill (7)

Part 1 Background of regional structure (7)

Part 2 Forming mechanism of buried hill (7)

Part 3 Fracture characteristics of Damintun sag (7)

Section 4 Distribution characteristics and its control factors of buried hill reservoir in
Damintun sag (9)

Part 1 Reservoir distribution of buried hill in Damintun sag (9)

Part 2 Reservoir type of buried hill in Damintun sag (9)

Part 3 Control factors of buried hill reservoir in Damintun sag (9)

Chapter 2 Study on reservoir characteristics and lithology identification by log (12)

Section 1 Study on reservoir of buried hill in Damintun sag (12)

Part 1 Lithology of reservoir of buried hill in Damintun sag (12)

Part 2 Pore type of buried hill in Damintun sag (13)

Part 3 Classification of buried hill reservoir in Damintun sag (13)

Section 2 Influence factors of fracture formation and the relationship between
lithology and hydrocarbon (17)

Part 1 Analysis of influence factors of the structural fracture formation in metamorphite
reservoir (17)

Part 2 Relationship between lithology and hydrocarbon (18)

Part 3 Classification of reservoir rock (20)

Section 3 Characteristics of log response to metamorphic rock (21)

Part 1 Characteristics of log response to Archean metamorphic rock in Liaohe basin (21)

Part 2 Characteristics of log response to Archean metamorphic rock in Shen625 wellblock (22)

Part 3	Characteristics of log response to Upper Proterozoic formation in Shen625 wellblock	(23)
Chapter 3	Reservoir recognition and evaluation methods	(27)
Section 1	Methods of describing fracture system	(27)
Part 1	Observation method	(27)
Part 2	Drilling engineering and reservoir dynamic method	(28)
Part 3	Major logging method	(29)
Part 4	Experimental study method	(32)
Part 5	Other methods	(32)
Section 2	Sidewall image log	(34)
Part 1	Circumferential borehole image log(CBIL)	(34)
Part 2	Simultaneous acoustic and resistivity image log (STARII).....	(35)
Part 3	Classification of color and shape of image map	(35)
Part 4	Identification of geological features by image map	(36)
Part 5	Identification of lithology by image map	(40)
Section 3	Quantitative evaluations by acoustic and resistivity image log	(42)
Part 1	Pattern of simulation well and its signification	(42)
Part 2	Analysis of image log	(43)
Part 3	Analysis of corresponding relationship	(45)
Part 4	Software design and application	(48)
Part 5	Error analysis	(48)
Part 6	Application instances	(51)
Section 4	Fracture identification by multiple array acoustic log	(52)
Part 1	Work principle of multiple array acoustic log	(52)
Part 2	Pick the compressional, shear and Stoneley wave	(52)
Part 3	Acoustics foundation of fracture identification	(53)
Part 4	Fracture identification by Stoneley wave	(53)
Chapter 4	Nuclear magnetic resonance experiment	(57)
Section 1	Nuclear magnetic resonance experiments on all-diameter cores	(57)
Part 1	Experimental content	(57)
Part 2	Experimental material and methods	(57)
Part 3	Experimental results	(58)
Section 2	Experiments on conventional cores	(76)
Part 1	Experimental content	(76)
Part 2	Measurement on water saturated cores	(76)
Part 3	Measurement on oil samples	(77)
Part 4	Contrast between T_2 spectrum of water-saturated and oil-saturated cores	(78)
Part 5	Experimental results	(82)

Chapter 5 Fluid identification	(83)
Section 1 Fluid type identification by nuclear magnetic resonance(NMR)	(83)
Part 1 Nuclear magnetic resonance techniques	(83)
Part 2 Direct identifying fluid type using differential and transfer spectrum	(84)
Section 2 Fracture identification and evaluation by conventional log	(87)
Part 1 Theoretical foundation of fracture identification and evaluation by conventional log	(87)
Part 2 Previous study methods and comments	(88)
Section 3 Identification of fluid type in Shen625 wellblock	(95)
Part 1 Analysis of influencing factors of fluid type	(95)
Part 2 Establishment of interpretation model for fluid identification	(102)
Part 3 Application instance	(103)
Section 4 Recognition of fluid properties by production log	(113)
Part 1 Introduction of production log	(114)
Part 2 Gist of applying production log to identify fluid type	(114)
Part 3 Application instance	(115)
Section 5 Brief summary of methods and statistics of coincidence rate	(120)
Part 1 Brief summary of methods	(120)
Part 2 Preferred logging series	(120)
Part 3 Statistics of coincidence rate	(120)
References	(122)

绪 论

随着世界经济的快速发展,世界各国对石油天然气的需求量越来越大。然而,大型整装高孔渗砂岩油气藏已越来越难以找到。因此,许多石油大公司不得不把注意力转到裂缝-孔洞型碳酸盐岩及火成岩等复杂岩性油气藏的勘探和开发上来。由于复杂岩性分布广泛,具有较为丰富的油气资源,所以,复杂岩性油气藏越来越受到人们的重视。近年来,国内许多油田已在裂缝-孔洞型碳酸盐岩及火成岩油气藏的勘探方面取得了重大突破。随着测井技术和油气勘探与开发技术的不断发展,在许多复杂岩性地层中找到了可观的石油地质储量,并有较多此类油田正在进行开发。辽河盆地在火山岩储集层、变质岩储集层和碳酸盐岩储集层中都获得了高产工业油气流。

对于作为石油勘探和开发重要手段之一的测井及测井解释技术而言,这既是一个促进自身发展的良好机遇,又是一个很难应对的挑战。

复杂岩性(裂缝性)储层流体类型的识别一直是国际测井界亟待解决的难题。具有储集性的裂缝性地层岩性、物性、电性、含油性及相互关系各不相同。即使是同一岩性,在不同的沉积环境下,其四性关系也有较大的差异。裂缝性储层具有岩性复杂、储集类型多样、物性变化大、非均质性强等特点,因而其测井解释和流体类型的识别要复杂和困难得多。

一、国内外技术概况及发展趋势

在国外的复杂岩性油气藏评价中,目前主要采用的评价方法多为成像测井技术,斯伦贝谢测井评价中心于1999年初推出了适合复杂岩性的评价技术,提出了全面评价裂缝-孔洞型碳酸盐岩及火成岩储层的一套方法(刘呈冰等,1999),过程包括:

- 处理电成像测井图像数据,定出裂缝和孔洞发育层段并计算缝洞的参数;
- 对偶极横波测井的斯通利波和交叉偶极横波数据进行处理,以确定有效的缝洞发育层段;
- 综合分析核磁共振测井数据和中子、密度、声波、自然伽马、电阻率等常规测井数据,可识别出地层中流体的性质;
- 用ELANPLUS软件按双孔介质模型计算地层的孔隙度、渗透率、饱和度和岩性。

到目前为止,该方法已在中国陆上和海洋4个油气田的近20口致密碳酸盐岩及火成岩井中进行了全面评价实践,尚未发现明显失误的实例(刘呈冰等,1999)。但在部分井中应用并不理想,且只进行服务,技术不转让。

国内大港油田测井公司针对千米桥碳酸盐岩储层研究了流体类型识别的方法(邵维志等,2000)。

在“八五”和“九五”期间,欧阳健等在塔里木盆地的碳酸盐岩地层中进行了细致的研究,采用常规测井资料进行碳酸盐岩储层综合识别和利用双侧向测井进行裂缝孔隙度半定量计算,也取得了一定的应用效果。四川测井公司在碳酸盐岩地层解释中也积累了大量的经验。

辽河测井公司在碳酸盐岩、混合花岗岩和粗面岩地层解释中均积累了一定的经验,并开展了一定的研究工作,也取得了较好的应用效果。

由于复杂岩性种类多,且各种不同岩性地层差异较大,部分岩性矿物变化复杂,且多具非均质性,已有的测井解释方法难以满足不同的需求,普通的测井评价方法远远不能满足复杂岩性油气藏评价的需要,主要表现在以下几个方面:

1) 难以准确了解地层的储集性,即总孔隙度、有效孔隙度和可动流体孔隙度,无法准确计算地层的储量;

2) 无法得到地层的渗透率,难以评价储层产能,增加了施工费用,无法评价经济效益,增加了勘探和开发的风险;

3) 由于复杂岩性的特殊性,电法测井受多种因素影响,其中包含基质、裂缝以及油气的影响,因此计算储层含油气饱和度十分困难,很难准确划分油、水层。

引进成像测井新技术后,各种测井方法在不同侧面对这些复杂岩性地层的评价有一定作用,如:核磁测井技术虽然其谱分布与砂泥岩类地层有一定的差异,但通过实验技术,可以较为准确地得到地层的有效孔隙度、可动流体孔隙度;利用阵列声波测井技术可以得到地层的渗透率和评价裂缝发育情况;利用声、电成像测井技术可以了解裂缝发育程度和裂缝发育级别,以及裂缝空间分布的几何形态,从而达到了解区域裂缝空间分布规律和储集层产能评价的目的。

尽管这些技术在复杂岩性地层中有一定的应用,但目前仍停留在简单的应用水平上,在部分复杂岩性地层中应用较为成功,在有的地层中应用却存在一定的误区。需对不同岩性和测井技术的适应性以及处理方法进行深入、细致、系统的研究,建立一套适合于不同岩性和不同测井系列组合的裂缝性储层综合评价系统。

随着成像测井、核磁共振测井等新一代测井技术的飞速发展,测井精细描述含油气储层、地层非均质性的能力提高到了一个新的水平。立足岩石物理研究与岩心刻度测井技术,综合运用测井、地质等方法,深入研究油藏条件下流体类型及其分布规律,对油田的勘探开发具有重要的指导意义,同时也可促进测井技术的进步和解释水平的提高。

当前,测井技术和测井解释技术正向多种成像测井技术(电成像、声成像等)与数控测井技术相结合、多学科(测井、地质、地震等)相结合的方向发展。多学科综合解释将成为测井解释发展的一种必然趋势。

二、研究的主要内容和路线

裂缝性储层测井解释应结合岩性、物性特征及构造特征、沉积特征、取心分析、试油试采等资料综合解释。

1. 研究的主要内容

针对大民屯凹陷变质岩和碳酸盐岩潜山地层,提出了如下的研究内容:

1) 储渗空间的综合判定,即利用成像测井资料和常规测井数据判别裂缝性储层发育的场所,尤其是有效孔、缝的综合判定;

2) 流体类型的识别,即通过综合分析,识别出裂缝性储层中的流体性质,为勘探提供可靠的地质依据;

3) 储层及油气预测。

2. 研究技术路线

根据研究内容及思路, 制定出技术路线: 首先, 利用岩心刻度测井的方法, 进行储渗空间及其有效性的综合判定; 其次, 结合试采油数据和综合录井等资料, 建立流体性质识别方法及标准, 进而识别有效储渗空间中的流体类型。其研究流程如图 1 所示。

三、取得的成果及认识

根据本项目的研究, 取得了以下主要认识:

1) 本次研究中, 提出了核磁测井法、FTI 法和生产测井法三种识别流体类型的方法。在实际应用过程中, 上述三种方法并不是孤立使用的, 而是综合分析各项资料、各种方法之间相互印证。只有这样, 才能得到理想的识别效果。

2) 核磁实验结果表明, 当裂缝性地层孔隙度较大时, 核磁测井油水层的 T_2 谱存在明显的差异。因此在裂缝性地层利用核磁测井能够有效地识别流体类型。沈 625-16-16 井油层处 T_2 分布谱、差谱和移谱均有明显的油气显示特征。从实践上证明核磁测井在裂缝性地层流体类型的识别中具有十分重要的作用。

3) 依据试油刻度测井的结果, 将沈 625 井区石英岩和白云岩储层流体类型识别为油层、低产油层和干层三类。其中, 石英岩储层中, 低产油层又可分为裂缝不发育型和有效裂缝不发育型两类, 干层有致密型和粘土含量多型两类; 白云岩储层中, 低产油层分为裂缝不发育型和岩性不纯型两类, 干层同样有致密型和粘土含量多型两类。

4) 在流体类型识别中, 根据试油刻度测井的方法, 认识到不同流体类型与电阻率比值的高低、粘土含量的多少以及孔隙度的大小密切相关。在此基础上提出了综合考虑上述三项因素的流体类型识别参数 FTI, 在流体类型的识别中取得了良好的效果。该方法具有开拓性和创新性。

5) 生产测井资料用于储层流体类型识别, 主要基于以下两点: 一是裂缝性储层产液量较高, 生产测井能有效地监测产液性质和油水界面上升情况, 并能为认识储层性质提供资料; 二是在笼统试采油的情况下, 生产测井能确定产液口和各小层产量, 为利用核磁测井和常规测井资料识别流体类型提供了进一步的依据, 并能检验其他流体类型识别方法的有效性和正确性。

6) 运用核磁测井、成像测井和常规测井资料以及生产测井资料综合进行流体类型识别, 准确性较高, 统计 26 口井 216 层, 其中符合 190 层, 符合率 87.96%。

7) 根据本次研究的结果, 结合不同测井项目的特点, 提出裂缝性储层流体识别所需的测井系列。包括必测项目声电成像测井、核磁共振测井、3700 常规测井和能谱测井以及产液剖面测井, 还可适当补充多极子阵列声波测井。

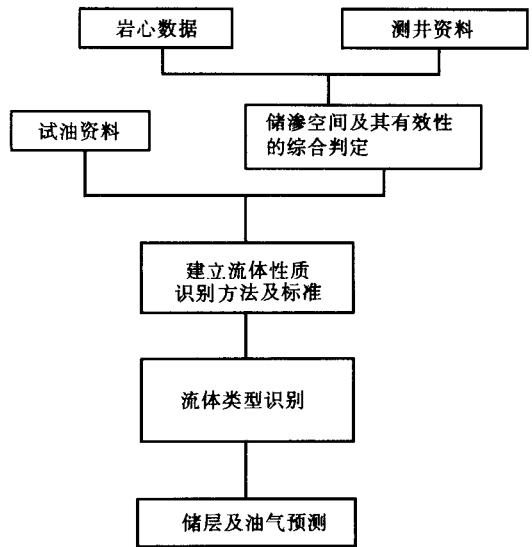


图 1 储层流体类型识别研究流程图

第一章 大民屯凹陷潜山地质特征

辽河油田太古宇变质岩油气藏于 1971 年发现于辽河盆地西部凹陷兴 213 井, 20 世纪 80 年代, 又发现大民屯凹陷东胜堡、边台、安 1、静 52、曹台, 西部凹陷兴隆台、齐家、牛心坨、洼 38 块以及东部凹陷茨榆坨等一系列变质岩潜山油藏, 找到了可观的石油地质储量(张学汝等, 1999)。辽河盆地太古宇变质岩油气储集层是由一套区域变质岩、混合岩及上述岩石受构造作用改造成的碎裂(动力)变质岩组成。在太古宇变质岩储集层中, 混合岩是分布最广、最多的一种储集岩石类型, 约占辽河断陷基底岩石的 85% 以上; 区域变质岩只在局部残留, 或以残留体的形式分布在混合岩中; 碎裂(动力)变质岩则受断层破裂带的控制, 分布在断层带及其附近。该套变质岩岩性复杂, 变质程度深, 钾-氩法测得全岩年龄值为 21 亿年左右, 按岩性及层位应属太古宇鞍山群。

第一节 大民屯凹陷潜山概况

经过 30 多年的勘探开发, 在大民屯凹陷, 发现了太古宇、元古宇和下第三系沙三段和沙一段四套含油气层系, 建成了大民屯、静安堡、边台、法哈牛等四个油气田。到 2001 年底, 凹陷内完成二维地震勘探 6265.05km, 除团结水库和三台子洼陷外全区已基本完成三维满覆盖, 三维地震勘探 967.06km², 占凹陷的 70%。完钻各类探井 311 口, 已累积探明石油地质储量 2.8925×10^8 t, 含油面积 179.28km², 探明天然气地质储量 68.52×10^8 m³, 含气面积 25.7 km², 是一个高成熟勘探区。潜山完钻探井 136 口, 潜山探明石油地质储量 11812×10^4 t, 含油面积 79.2km², 占总探明储量的 39%。

1990 年以后, 大民屯凹陷的油气勘探主要局限在下第三系, 潜山勘探工作做得较少, 这期间完钻的探井基本上没有钻达潜山, 以潜山为主要目的层的探井也相继失利。1994 年曙光低潜山的勘探成功, 对潜山的勘探有了新的认识, 即低潜山与高潜山一样具有较好的油气成藏条件。①油源充足, 低潜山多位于生油洼陷与斜坡的转折部位, 靠近生油洼陷和油气运移的主要“窗口”, 油气来源十分充足, 由于生油岩产生引导的异常压力, 十分有利于油气进入潜山储层, 在一定程度上具有双向供油能力。②刚性地层受压小, 由于低潜山的岩性属于刚性地层, 在一定程度上相对砂岩储层受压实作用影响小。③进油时间早, 有效地改善了储层空间。④低潜山位于生油岩之下, 其上的生油岩, 使潜山的油气可充分保存。因此, 低潜山也具有较好的成藏条件。潜山是大民屯凹陷非常重要的一部分, 潜山储量主要分布在高中潜山上, 勘探主要在构造带主体部位的高中潜山, 再发现较大的高中潜山难度较大。而低潜山由于埋藏深、幅度较小没有引起勘探上的重视。根据这种认识在法哈牛断阶带低潜山的构造高部位部署了开发井法 45-37 井, 利用开发井加深钻探低潜山取得了较好的效果, 之后又在储层条件较好的中新元古界潜山进行勘探, 部署了沈 616 井也获得了成功。这两口探井的勘探成功, 说明了大民屯凹陷不论太古宇潜山还是元古宇潜山都具有较大的勘探远景。