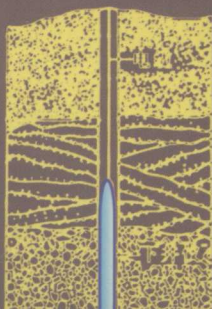


新疆塔北地区低阻油气层 测井评价技术



潘和平 樊政军 孟繁莹 著



中国地质大学出版社

新疆塔北地区低阻油气层 测井评价技术

潘和平 樊政军 孟繁莹 著

中国地质大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

新疆塔北地区低阻油气层测井评价技术/潘和平,樊政军,孟繁莹著. —武汉:中国地质大学出版社,2000.5

ISBN 7-5625-1555-7

I. 新…

Ⅱ. ①潘… ②樊… ③孟…

Ⅲ. 塔北地区-低阻油气层-油气测井-评价技术与方法

Ⅳ. P631

新疆塔北地区低阻油气层测井评价技术

潘和平 樊政军 孟繁莹 著

责任编辑:刘先洲

责任校对:熊华珍

技术编辑:阮一飞

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路31号)

邮编:430074

电话:(027)87483101

传真:87481537

E-mail: cbo@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

开本:787 mm×1092 mm 1/16

字数:200千字 印张:7.75

版次:2000年5月第1版

印次:2000年5月第1次印刷

印刷:中国地质大学出版社印刷厂

印数:1—500册

ISBN 7-5625-1555-7/P·536

定价:15.00元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

序

地球物理测井是20世纪20年代发展起来的新兴学科,她十分敏感地吸收和体现了20世纪20年代以来的高科技成果,并不断地得到应用和创新。目前,已跨入数字化信息时代。地球物理测井响应,是地下地层的地质物性特征的复制品,正因为如此,她在以沉积岩地层为主的油气田、煤田等资源勘查和开发中发挥着重要的作用,并取得了良好的地质效果和经济效益。通过国内外几代测井分析家的研究实践,地球物理测井方法技术、解释系统正日趋完善、成熟,20世纪90年代出现的成像测井技术就是一个标志。

一个学科的发展是由高新技术的发展和生产实践需要两个因素所推动的,地球物理测井也不例外。油气田地球物理测井评价近年来也受到诸如低阻油气储层、薄油气储层、低渗透低孔隙油气储层等等难点的挑战。由潘和平博士等所著的本书,成功地提出了一套以低阻油气储层导电模型为核心的测井评价理论及解释软件系统,回答了其中低阻油气层这一难点的挑战,并且取得了可喜的进展。

本书的特点是:结合新疆塔北地区低电阻率油气层的实际,提取低电阻率油气层特征、剖析低电阻率油气层成因、分析国内外现有泥质砂岩储层导电模型功能,使模型的优势互补,总结低电阻率油气储层导电模型的特点,提出了一套以低电阻率油气储层导电模型为核心的测井评价理论以及测井评价软件系统。

新疆塔北地区中新生界层段有两类油气储层,即一般油气层和特殊油气层。由于特殊油气层的电阻率($0.4 \sim 1.5 \Omega \cdot m$)低于或接近邻近水层的电阻率,在电性上难以区分油气层与水层,给测井资料解释带来很大难度。

根据新疆塔北地区中新生界的泥质砂岩油气储层的情况,在分析和研究大量测井曲线资料、岩心分析资料的基础上,提取了水层的测井曲线特征、二类油气储层测井曲线特征和储层物性特征。通过分析这些特征,剖析了使新疆塔北三叠系油气层电阻率值减小的原因,并提出了解决的方法。

本书的出版不仅对新疆塔北地区,而且对国内解决这个生产实践中的难点起到推动作用。我们相信,在新的世纪,地球物理测井学在国民经济建设中将会发挥更大的作用。

蔡柏林

2000年初春于北京

前 言

在国内外油田中,均存在不少的低电阻率油气层,虽然不少低电阻率油气层的总含水饱和度(包括束缚水)大于50%,但只产油气不产水。因此,随着油气勘探的开发,低电阻率油气层评价技术愈来愈引起人们的重视。

由于在电性上难以区分低电阻率油气层与水层,使低电阻率油气层的解释难度加大,也是测井解释领域中至今仍未得到较好解决的一个技术难题。低阻油气储层主要是泥质砂岩储层,测井评价泥质砂岩油气储层的关键是建立或选择合适的泥质砂岩储层导电模型,但实际油气储层的影响因素多且复杂,如油气储层受泥质、地层水矿化度、束缚水饱和度、微孔隙等因素的影响,因而建立或选择的泥质砂岩储层导电模型必须综合考虑实际油气储层的多种因素,使导电模型不仅适用于特定油田或地区,而且作一定针对性的修改后,也对其它油田或地区具有理论意义和实用价值。

因此,本书的重点在于:结合新疆塔北地区低电阻率油气层的实际,提取低电阻率油气层特征、剖析低电阻率油气层成因、分析国内外现有泥质砂岩储层导电模型功能,使模型的优势互补,总结低电阻率油气储层导电模型的特点,提出了一套以低电阻率油气储层导电模型为核心的测井评价理论以及测井评价软件系统。

新疆塔北地区中新生界层段有两类油气储层,即一般油气层和特殊油气层。由于特殊油气层的电阻率($0.4 \sim 1.5 \Omega \cdot m$)低于或接近邻近水层的电阻率,在电性上难以区分油气层与水层,给测井资料解释带来很大难度。

根据新疆塔北地区中新生界的泥质砂岩油气储层的情况,在分析和研究大量测井曲线资料、岩心分析资料的基础上,提取了水层的测井曲线特征、二类油气储层测井曲线特征和储层物性特征。通过分析这些特征,剖析了使新疆塔北三叠系油气层电阻率值减小的原因,其主要原因是:

- (1) 油气层含有高矿化度地层水(低电阻率地层水);
- (2) 油气层含有较多的束缚水;
- (3) 油气层微孔隙十分发育。

另外,水层电阻率随泥质含量增大而增大,油气层电阻率随泥质含量增大而减小的现象是这三个原因综合影响的结果。

通过对前人提出的阿尔奇公式(Archie Equation,缩写为AE)、泥质分布型导电模型(Clay Distribution Type Conductive Model,缩写为CDTCM)、 Q_v (双水)型导电模型(Waxman-Smits Conductive Model or Dual-Water Conductive Model,缩写为WSCM或DWCM)、岩石骨架导电模型(Conductive Rock Matrix Model,缩写为CRMM)、有效介质导电模型(Effect-Medium Model,缩写为EMM)、扩展的阿尔奇公式(Expansive Archie Equation,缩写为EAE)等模型的剖析,发现现有的模型存在一些不足。有的模型没有区分微孔隙水与地层水的性质和导电路径;有的模型没有区分微孔隙水和粘土水的导电路径;有的模型没有考虑泥质分布形式和泥质数量等。为此,本文吸取了这些模型的优点,克服了这些模型的不足,结合新疆塔北地区中新生界的泥质砂岩油气储层的特征,建立了一个新的泥质砂岩导电模型——双水泥

质骨架导电模型(Dual-Water Clay Matrix Conductive Model,缩写为DWCMCM)。文中所指的双水是自由水和微孔隙水,泥质骨架是含有粘土水的粘土颗粒。

通过对DWCMCM与AE、DWCM、CDTCM之间存在的关系讨论,说明建立DWCMCM的有关假设条件是成立的。同时,通过储层电阻率与泥质含量的关系讨论,说明DWCMCM对泥质的校正方向正确,有利于区分水层与低电阻率油气层。所建立的DWCMCM的优点在于区分不同水的性质和导电路径,并考虑了泥质分布形式和泥质数量。这些优点,正是DWCM、CDTCM、CRMM、EMM等导电模型的不足。因此,建立的DWCMCM主要特点能明显地有别于DWCM、CDTCM、CRMM、EMM等导电模型,并在解释新疆塔北地区中新生界的低电阻率油气层方面优于DWCM、CDTCM、CRMM、EMM等导电模型,在实际工作中已得到证实。

为了说明DWCMCM能较成功地评价新疆塔北地区中新生界的低电阻率的油气层,书中利用大量测井曲线资料、岩心分析资料,并在借鉴其它泥质砂岩导电模型求取解释参数的方法基础上,提取DWCMCM以及测井资料解释必需的解释参数。同时,本文研制出了逐点解释和逐层解释模块。逐点解释的含水饱和度与压汞换算的含水饱和度一致性好,逐层识别油、气、水层的结果与试油和实际情况相符。

中国地质大学王家映教授、蔡柏林教授、黄南辉教授、黄智辉教授、周远田教授、李大心教授、长春科技大学李舟波教授等对本书的编写和出版,提出了许多宝贵意见,并给予了大力支持和帮助。本书得到西北石油局及西北石油局测井站的大力支持和帮助,并且得到西北石油局詹麒高级工程师、郑显华高级工程师、何发歧高级工程师、周家驹高级工程师、陈凯高级工程师、王谦高级工程师、伍岳奇高级工程师等的大力支持和帮助,测井站马勇工程师、李明强工程师、柳建华工程师等在资料收集、计算机处理等方面做了较多工作,在此表示衷心的感谢。

限于我们的学识和经验,加上编写时间仓促,书中缺点错误在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2000年2月

目 录

第一章 绪论	(1)
§ 1.1 低电阻率油气层概述	(1)
§ 1.2 塔北地区低电阻率油气层的特征	(1)
§ 1.3 双水泥质骨架导电模型(DWCMCM)的提出	(3)
第二章 新疆塔北地区低电阻率油气层地球物理测井曲线特征	(4)
§ 2.1 构造特征及储层分布	(4)
§ 2.2 水层的测井曲线特征	(5)
§ 2.3 油气层测井曲线特征	(5)
§ 2.4 储层物性特征	(9)
2.4.1 储层岩性	(9)
2.4.2 泥质的类型	(9)
2.4.3 水层电阻率与泥质含量的关系	(10)
2.4.4 油气层电阻率与泥质含量的关系	(11)
2.4.5 微孔隙发育情况	(11)
2.4.6 油气层孔隙分布	(11)
2.4.7 孔隙度与渗透率的关系	(12)
第三章 新疆塔北地区低电阻率油气层成因剖析	(14)
§ 3.1 高矿化度地层水	(14)
§ 3.2 高束缚水饱和度	(15)
§ 3.3 微孔隙发育情况	(15)
§ 3.4 粘土附加导电性	(16)
§ 3.5 泥质含量的影响	(17)
3.5.1 水层电阻率与泥质含量的关系	(17)
3.5.2 油气层电阻率与泥质含量的关系	(17)
3.5.3 纯泥岩、泥质砂岩水层、泥质砂岩油气层电阻率与泥质含量的关系	(17)
第四章 泥质砂岩储层导电模型评述	(19)
§ 4.1 泥质分布型导电模型(CDTCM)	(19)
4.1.1 泥质的分布形式与孔隙度	(19)
4.1.2 层状泥质砂岩导电模型	(20)
4.1.3 分散泥质砂岩导电模型	(21)
4.1.4 混合泥质砂岩导电模型	(22)
§ 4.2 Q_v (双水)型导电模型(WSCM、DWCM)	(23)

4.2.1	Q_v 型导电模型 (WSCM)	(23)
4.2.2	归一化 Q_v 型导电模型	(25)
4.2.3	双水型导电模型 (DWCM)	(25)
§ 4.3	岩石骨架导电模型 (CRMM)	(26)
§ 4.4	各向异性导电模型	(27)
§ 4.5	其它导电模型	(29)
4.5.1	一种新的双重孔隙解释模型	(29)
4.5.2	扩展的阿尔奇公式	(29)
4.5.3	泥质砂岩的颗粒电导率法	(30)
4.5.4	有效介质模型	(30)
第五章	塔北地区低电阻率油气层导电模型的建立	(32)
§ 5.1	模型的构思	(32)
§ 5.2	双水泥质骨架导电模型 (DWCMCM) 的建立	(33)
§ 5.3	双水泥质骨架导电模型 (DWCMCM) 与其它模型的关系	(36)
5.3.1	DWCMCM 与 AE 的关系	(36)
5.3.2	DWCMCM 与 DWCM 的关系	(37)
5.3.3	DWCMCM 与分散泥质模型的关系	(37)
5.3.4	DWCMCM 的 R_0 与其它模型 R_0 的关系	(37)
§ 5.4	模型的检验	(38)
5.4.1	地层因素 F 与 R_0 之间的关系	(38)
5.4.2	用模型计算水层 R_0 和油层 R_i	(39)
5.4.3	地层水电导率 C_w 与 100% 含水电导率 C_0 的关系	(39)
5.4.4	压汞饱和度与地层含水饱和度	(41)
第六章	新疆塔北地区低电阻率油气层测井解释参数方法研究	(45)
§ 6.1	岩心资料的分析应用	(45)
6.1.1	地区经验参数 m, n, a, b 之选取	(45)
6.1.2	岩心深度归一	(46)
6.1.3	束缚水饱和度	(48)
6.1.4	油、水相对渗透率及含水率	(49)
6.1.5	相对渗透率几个经验公式介绍	(51)
§ 6.2	孔隙度	(53)
6.2.1	总孔隙度 φ_r	(53)
6.2.2	粒间孔隙度 φ	(54)
6.2.3	微孔隙度 φ_0	(55)
§ 6.3	流体和泥质颗粒电阻率	(55)
6.3.1	视地层水电阻率法	(55)
6.3.2	根据 R_i 和 R_{so} 确定 R_w	(56)
6.3.3	由地层水矿化度换算 R_w	(56)

6.3.4 确定 R_{wb} 的方法	(56)
6.3.5 利用 SP 求 R_w	(56)
6.3.6 泥质颗粒(颗粒吸附有粘土水)电阻率	(57)
§ 6.4 计算地层真电阻率	(57)
§ 6.5 可动油气饱和度与孔隙度	(59)
第七章 新疆塔北地区低电阻率油气层识别方法研究	(61)
§ 7.1 地球物理测井曲线自动分层	(61)
§ 7.2 BP 人工神经网络识别低阻油气层	(63)
§ 7.3 奇异值分解法识别低阻油气层	(69)
7.3.1 奇异值分解法原理	(69)
7.3.2 SVD 识别低阻油气层	(70)
§ 7.4 Bayes 判别方法识别低阻油气层	(72)
§ 7.5 灰关联分析聚类识别低阻油气层	(75)
7.5.1 灰关联分析聚类识别低阻油气层	(75)
7.5.2 灰色聚类识别油气层	(78)
7.5.3 聚类	(81)
§ 7.6 各种方法识别低阻油气层的对比结果	(83)
第八章 新疆塔北地区低电阻率油气层测井评价系统	(91)
§ 8.1 测井解释系统结构	(91)
§ 8.2 逐点解释模块	(92)
§ 8.3 逐层解释模块	(92)
§ 8.4 解释效果分析	(92)
8.4.1 油(气)层、油水同层及水层等的判断标准	(92)
8.4.2 A 油气田逐点解释成果	(94)
8.4.3 B 油气田逐点解释成果	(99)
8.4.4 C 油气田逐点解释成果	(102)
结束语	(108)
主要参考文献	(110)

第一章 绪 论

§ 1.1 低电阻率油气层概述

低电阻率油气层的含义可从几个方面来理解:

(1) 油气层的电阻率低于或接近邻近水层的电阻率;

(2) 油气层的电阻率低于邻近泥岩层的电阻率;

(3) 油气层的电阻率虽然高于邻近水层和邻近泥岩层的电阻率,但油气层的电阻率比通常所说油气层电阻率范围($3\sim 10\ \Omega\cdot m$)要低,也属于低阻油气层^[1]。

对于第三种低电阻率油气层,不同的人所经历的油田不同,认识标准也不同。例如,我国几个油田低电阻率油气层(文留、商河西、利津和马岭油田)的电阻率分别为 $0.7\sim 2.5$ 、 $2\sim 3.3$ 、 $3.6\sim 6$ 及 $2.6\sim 6.0\ \Omega\cdot m$ ^{[2][3]}。因此,通常所说油气层电阻率可通过在低阻油气层电阻率范围的基础上来认识。值得注意的是,第一种低电阻率油气层解释难度最大,其原因是在电性上难以区分油气层与水层,因此该种低阻油气层是国内外解释专家探讨的重点。

在国内不少油田存在低电阻率油气层,但不同油田油气层电阻率减小的因素不同,导致难以区分油气层与水层的原因也不同。例如,渤海油田由于地层含淡水使水层电阻率升高,加之地层粘土矿物的附加导电作用,造成油气层与水层电阻率十分接近^[4];吉林油田松南地区低阻油气层高含束缚水,使油气层电阻率减小^{[5][6]};河南南阳油田泌阳凹陷油气层含有 $3.5\%\sim 24.8\%$ 的分散粘土使油层电阻率减小^[7];陕甘宁油田的油气层电阻率随粘土(粘土成分为水云母)含量增大而减小^[8]。

曾文冲列举我国几个油田(文留、商河西、利津和马岭等油田)影响油层电阻率减小的因素是:高一极高地层水矿化度、砂岩中富含泥质及粒间一裂缝孔隙(双重孔隙结构)等,但不同油田油层电阻率减小的因素仍存在较大的差异^{[2][3]}。

在国外一些油田也存在低电阻率油气层^{[2][3][9]\sim[12]}。例如,美国怀俄明州的 Tens Leep 油田为重质油油田,地层水矿化度低(800×10^{-6}),油层电阻率减小的主要因素是由于粘土矿物的附加导电作用;墨西哥湾沿岸及近海地区油气层中充填与富集以蒙脱石为主的粘土矿物和粉砂颗粒,引起油气层含较多的束缚水,使油气层电阻率减小。综上所述,可以说明:

(1) 尽管在有些油田低阻油气层的影响因素相同,但不同油田之间明显存在一些不同的主要影响因素,因此,不同油田必须根据各自的特点,研究相应的测井评价低阻油气层的方法;

(2) 以上列举各油田的低阻油气层中不少是高产油气层,虽然不少油气层的总含水饱和度(包括束缚水)大于 50% ,但只产油气不产水。因此,随着油气勘探的开发,低电阻率油气层评价技术愈来愈引起人们的重视。

§ 1.2 塔北地区低电阻率油气层的特征

新疆塔北地区中新生界的泥质砂岩油气储层主要为灰色细、中-粗泥质砂岩,其孔隙性和

渗透性好,并且储层厚度大,是值得重点研究的层段^{[13]~[17]}。该层段有两类油气储层,即一般油气层和特殊油气层。特殊油气层的电阻率($0.4\sim 1.5\ \Omega\cdot m$)低于或接近邻近水层的电阻率,而一般油气层中的某部分,其电阻率低于邻近泥岩层的电阻率;一般油气层的其余部分,其电阻率虽然高于邻近水层和邻近泥岩层的电阻率,但油气层的电阻率比通常所说的油气层电阻率范围要低。按照低电阻率油气层的含义,该层段两类油气层基本上都属于低电阻率油气层。

根据塔北地区中新生界的泥质砂岩油气储层的情况,本书在分析和研究大量测井曲线资料、岩心分析资料(包括孔隙度、密度、渗透率、毛管压力、饱和度、束缚水饱和度、岩层电性、地层水矿化度等岩心分析资料)的基础上,提取了水层的测井曲线特征和两类油气层测井曲线特征以及储层物性特征(包括储层岩性、水层的电阻率与泥质含量的关系、油气层电阻率与泥质含量的关系、微孔隙发育情况、油气层孔隙分布、孔隙度与渗透率的关系),通过分析这些特征,剖析了使塔北三叠系油气层电阻率值减小的原因,其主要原因是:

(1) 油气层中含有高矿化度地层水(低电阻率地层水)。泥质砂岩储层由粒间孔隙、微孔隙、泥质和砂岩骨架(石英)等组成,而地层水主要储存在粒间孔隙中。当油气层粒间孔隙中存在一定数量的高矿化度(低电阻率)地层水时,油气层电阻率必然减小,并且随油气层中含高矿化度水的数量增大,油气层电阻率减小得越厉害。因此,油气层含有高矿化度地层水是使塔北三叠系油气层电阻率值减小的主要原因之一。

(2) 油气层中含有较多的束缚水。泥质砂岩储层中的束缚水包括微孔隙(微毛细管孔隙)中不能流动的水和吸附在岩石颗粒表面上的水。在泥质中存在大量的微孔隙,并且在泥质颗粒表面存在吸附水,即在泥质中存在大量束缚水,所以在砂岩中随泥质含量增大,束缚水饱和度也增大。即使在油气层粒间孔隙中不含自由水只含油气的情况下,由于油气层含较多的束缚水,相当于在泥质砂岩储层导电网络中增加一个低电阻器,使油气层的电阻率值明显下降。因此,油气层含较多的束缚水是使塔北三叠系油气层电阻率值减小的另一主要原因。

(3) 油气层微孔隙发育。压汞分析喉道半径分布图表明,储层孔隙结构呈双峰分布,喉道半径峰值分别为 $1.0\ \mu m$ 和 $2.0\sim 10.0\ \mu m$,即存在两组孔隙系统,一是孔隙半径小于 $1.0\ \mu m$ 的微孔隙系统,另一是粒间(渗流)孔隙系统。由于油气层微孔隙十分发育,并且微孔隙系统中存在相当数量的微孔隙水,使油气层的电阻率值减小。

另外,由泥质含量与泥质砂岩储层的电阻率关系表明:水层电阻率随泥质含量增大而增大,而油气层电阻率随泥质含量增大而减小。由于泥质中含有微孔隙水和粘土水(吸附在泥质颗粒表面的吸附水),所以泥质含量对泥质砂岩储层电阻率影响是储层中含有高矿化度地层水、含有较多束缚水和微孔隙十分发育等多个因素综合影响的结果。

在高层水矿化度的情况下,即使阳离子交换能力为中、上的粘土,对地层电阻率的影响也十分有限,即粘土矿物的附加导电性忽略不计^{[18][19]},塔北三叠系地层水矿化度十分高,因此,附加导电性仅是形成塔北三叠系低阻油气层的次要原因。

新疆塔北地区三叠系的特殊油气层电阻率低于或接近水层电阻率,想在电性上直接区分特殊油气层与水层是不现实的。另外,塔北地区三叠系油气层的特征和油气层的影响因素明显与其它油田存在差异,即解决问题方法和思路不同于其它油田,必须根据新疆塔北的实际情况来探讨。

讨论区分油气层与水层的方法思路是:建立合适的泥质砂岩储层导电模型,通过建立的导电模型计算含水饱和度以及相关的储层参数来区分油气层与水层。建立合适的泥质砂岩储层导电模型必须结合塔北地区三叠系特殊油气层的实际情况,即建立的泥质砂岩储层导电模型

必须针对使油气层电阻率减小的几点原因。为此,应对国内外现有(在国内外期刊现已公开发表)的泥质砂岩储层导电模型进行分析,在分析基础上,建立适合于塔北三叠系泥质砂岩储层的导电模型。

§ 1.3 双水泥质骨架导电模型(DWCMCM)的提出

通过对前人提出的阿尔奇公式(Archie Equation,缩写为AE)、泥质分布型导电模型(Clay Distribution Type Conductive Model,缩写为CDTCM)、Qv(双水)型导电模型(Waxman-Smits Conductive Model or Dual-Water Conductive Model,缩写为WSCM或DWCM)、岩石骨架导电模型(Conductive Rock Matrix Model,缩写为CRMM)、扩展阿尔奇公式(Expansive Archie Equation,缩写为EAE)、有效介质导电模型(Effect-Medium Model缩写为EMM)等模型的剖析,发现现有的模型存在一些不足。例如,有的模型没有区分微孔隙水与地层水的性质和导电路径;有的模型没有区分微孔隙水和粘土水的导电路径;有的模型没有考虑泥质分布形式和泥质数量等;有的模型将束缚水与粘土水混淆。为此,本书吸取了这些模型的优点,克服了这些模型的不足,建立一个新的泥质砂岩导电模型——双水泥质骨架导电模型(Dual-Water Clay Matrix Conductive Model,缩写为DWCMCM)。

双水是自由水和微孔隙水,泥质骨架是含有粘土水的粘土颗粒。通过建立的DWCMCM与AE、DWCM、分散泥质模型之间的关系讨论,说明建立该模型的有关假设条件如有效孔隙度 φ 、总孔隙度 φ_T 、含有泥质的孔隙度 φ_c 等是成立的。同时,通过储层电阻率与泥质含量的关系讨论,说明所建立的DWCMCM泥质校正方向正确,有利于区分水层与低电阻率油气层。

本书论述之建立的DWCMCM的优点在于区分不同水的性质和导电路径,并考虑了泥质分布形式和泥质数量,这些优点正是DWCM、分散泥质、CRMM等模型的不足之处。因此,DWCMCM在特点上明显有别于CDTCM、DWCM、CRMM等模型,并在解释塔北地区中新生界的低电阻率油气层方面优于CDTCM、DWCM、CRMM等模型。

为了使所建立的DWCMCM能较成功地评价塔北地区中新生界的低电阻率油气层,本书利用大量测井曲线资料、岩心分析资料,并在借鉴其它泥质砂岩导电模型求取解释参数的方法基础上,提取DWCMCM以及测井资料解释必须的解释参数(如束缚水饱和度、束缚水电阻率、各种孔隙度、粘土水含量、地层水电阻率、油水相对渗透率、含水率等参数)。同时,本书还论述了逐点解释和逐层解释模块,并反映逐点解释的含水饱和度与压汞换算的含水饱和度一致性好。逐层是在测井曲线计算机自动分层、求曲线均值和求储层参数的基础上,利用灰关联度分析聚类法识别油气层、水层。逐层识别油气层、水层的结果与试油和实际情况相符。

第二章 新疆塔北地区低电阻率油气层

地球物理测井曲线特征

利用地球物理测井等资料评价新疆塔北地区低电阻率油气层的前提是,必须了解该地区储层的分布情况,必须利用地球物理测井和岩心分析等资料提取该地区储层的地球物理测井曲线特征、储层岩性和物性特征,在此基础上分析形成低电阻率油气层的原因。为此,本章着重论述新疆塔北地区低电阻率油气层地球物理测井曲线特征、储层岩性和物性特征。

§ 2.1 构造特征及储层分布

塔里木盆地北部(简称塔北)隆起呈 NEE 走向,面积大约 $20 \times 10^3 \text{ km}^2$ 。塔北地区低电阻率油气层集中分布在中、新生界。研究区内主要涉及三个构造,即 A 构造(或称油田)、B 构造、C 构造。

A 构造是沙雅隆起阿克库勒凸起的一个局部特征构造。A 构造为一被断裂切割的短轴背斜,长轴大约 6 km。三叠系中油组顶面构造最大闭合高度大约 30 m,闭合面积 11.5 km^2 ,油藏埋深 4 400 m 左右。

B 构造也是沙雅隆起阿克库勒凸起的一个局部特征构造。表现为轴向北东的短轴低幅背斜,长轴大约 4.5 km。位于艾克协村之南西向,相距 8 km,地表海拔 935 m 左右。三叠系中油组顶面构造最大闭合高度大约 30 m,闭合面积 8.785 km^2 ,油藏埋深 4 540 m 左右。

C 构造也是沙雅隆起阿克库勒凸起的一个局部特征构造。表现为轴向北东的长轴低幅背斜,长轴大约 8.2 km。位于 B 油田东部,地表海拔 935 m 左右。三叠系中油组顶面构造最大闭合高度大约 30 m,闭合面积 12.6 km^2 ,油藏埋深 4 525 m 左右。

新疆塔北地区 A 油田、B 油田和 C 油田的泥质砂岩油气层主要位于中生界三叠系,中生界地层如表 2-1-1 所示。三叠系(T)的分组情况如下:

表 2-1-1 新疆塔北地区中生界地层简表

地 层 系 统					A 油田 A1 井		B 油田 B1 井		C 油田 C1 井	
界	系	统	组(群)	代号	井深 (m)	视厚度 (m)	井深 (m)	视厚度 (m)	井深 (m)	视厚度 (m)
中生界	白垩系	下统	卡普沙良群	K_{1kp}	4 274.0	382.0	4 293.7	380.5	4 116.0	
	侏罗系	下统		J_1	4 330.0	56.0	4 349.7	55.0	4 174.5	58.5
	三叠系	上统	哈拉哈塘组	T_{3h}	4 490.0	160.0	4 463.7	115.0	4 302.0	127.5
		中统	阿克库勒组	T_{2a}	4 735.5	245.5	4 656.7	193.0	4 503.7	201.7
		下统	柯吐尔组	T_{1k}	4 799.0	63.5	(未穿)		(未穿)	

(1) 上三叠统哈拉哈塘组(T_{3h})。中、上部为绿灰、深灰色泥岩夹粉砂岩;下部为灰色细砂岩、含砾砂岩夹泥岩,由粗到细组成第一个沉积旋回;底部砂岩层为阿克库勒地区上油组(已获

工业油气流)。一般厚 100~150 m, 雅克拉地区较薄, 为 30~40 m。

(2) 中三叠统阿克库勒组(T_{2a})。该组分布广, 由两个沉积旋回组成。上旋回上部为深灰色泥岩夹粉砂岩; 下部为褐灰色含砾砂岩、中砂岩(即中油组, 是西达里亚地区主要的油气层)。下旋回上部为灰、深灰色泥岩夹粉砂岩, 下部为黄灰色细砂岩、中砂岩、含砾砂岩夹泥岩(即下油组, 已获工业油气流)。沉积厚度一般为 200~300 m。

(3) 下三叠统柯吐尔组(T_{1k})。本组岩性为绿灰、深灰、褐灰色泥岩、粉砂质泥岩夹粉砂岩, 底部为灰白色含砾砂岩, 一般厚 50~150 m。

将三叠系分为三个油组, T_{3h} 为上油组, T_{2a} 中有中油组和下油组。以 A5 为例(见图 2-2-1、图 2-2-2、图 2-2-3), 三个油组的油气层位于的深度范围为:

上油组油气层位于的深度范围: 4 240.0~4 320.0 m;

中油组油气层位于的深度范围: 4 380.0~4 430.0 m;

下油组油气层位于的深度范围: 4 440.0~4 480.0 m。

§ 2.2 水层的测井曲线特征

从实际工作中可知(见图 2-2-1), 水层的深度范围为: 4 279.0~4 288.5 m, 4 296.0~4 302.5 m, 4 304.5~4 310.5 m, 4 313.5~4 315.5 m 的井段。水层的测井曲线特征为:

- (1) 自然伽玛(GR)测井曲线值低;
- (2) 自然电位(SP)测井曲线为负异常;
- (3) 三条电阻率一般为高侵, 即: 八侧向电阻率(R_{FOC})>中感应电阻率(R_{ILM})>深感应电阻率(R_{ILD});
- (4) 深感应电阻率 $R_{ILD}=0.3\sim 1.1\ \Omega\cdot m$, 并且深感应电阻率一般明显低于泥岩电阻率;
- (5) 上油组水层的深感应电阻率一般高于中油组和下油组水层的深感应电阻率;
- (6) 井径(CAL)规则。

§ 2.3 油气层测井曲线特征

如图 2-2-1, 图 2-3-1, 图 2-3-2 所示, 油气层的深度范围为: 4 245.5~4 253.0 m, 4 386.5~4 388.5 m, 4 397.5~4 410.5 m, 4 410.5~4 425.5 m 的井段, 这些油气层是经证实了的(正在产油气)。油气层的测井曲线特征如下:

- (1) 一般油气层特征。一般油气层如井段 4 245.0~4 253.5 m, 具有如下特征:
 - a. 自然伽玛(GR)测井曲线值低;
 - b. 自然电位(SP)测井曲线为负异常;
 - c. 三条电阻率一般为高侵, 即 $R_{FOC}>R_{ILM}>R_{ILD}$;
 - d. 深感应电阻率 R_{ILD} 大于 $2\ \Omega\cdot m$;
 - e. 井径(CAL)规则。
- (2) 特殊油气层特征。特殊油气层如井段 4 386.5~4 388.5 m, 4 397.5~4 410.5 m, 具有如下特征:
 - a. 自然伽玛(GR)测井曲线值高于一般油气层;
 - b. 自然电位(SP)测井曲线为负异常, 但异常幅度低于一般油气层;

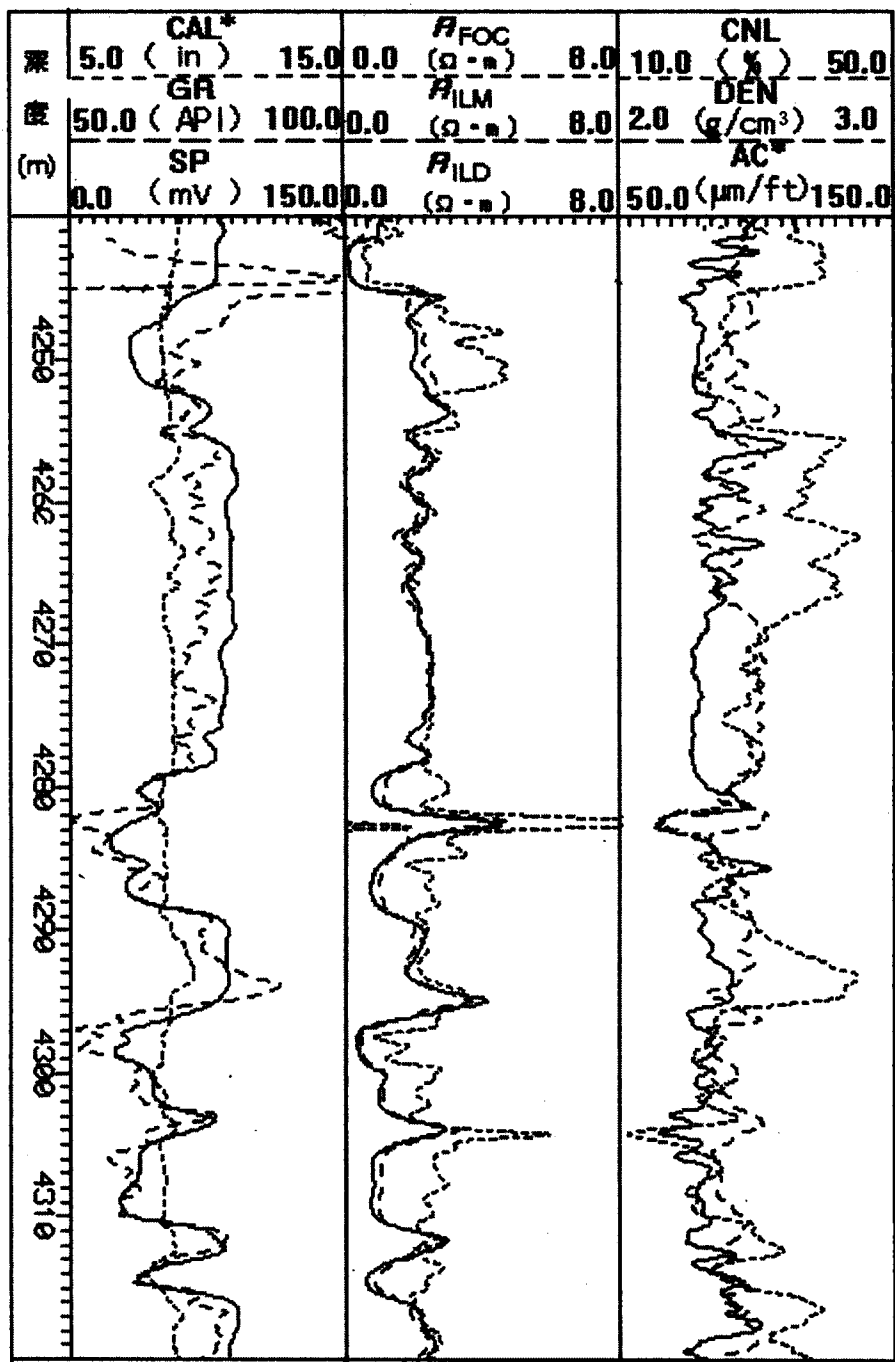


图 2-2-1 A5 井上油组测井曲线

* : 1 ft=0.305 m; 1 in=0.025 m(后同)

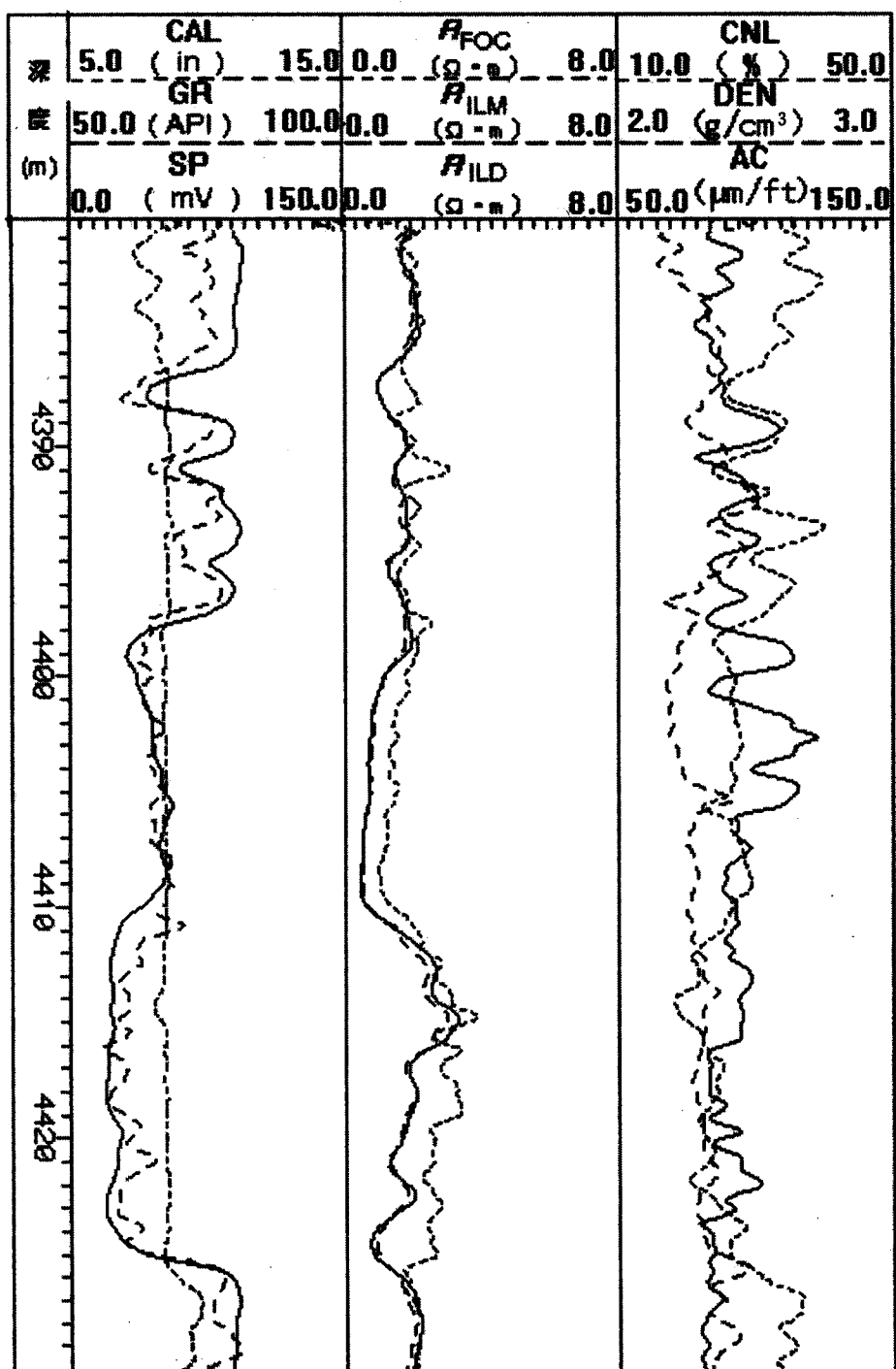


图 2-3-1 A5 井中油组测井曲线

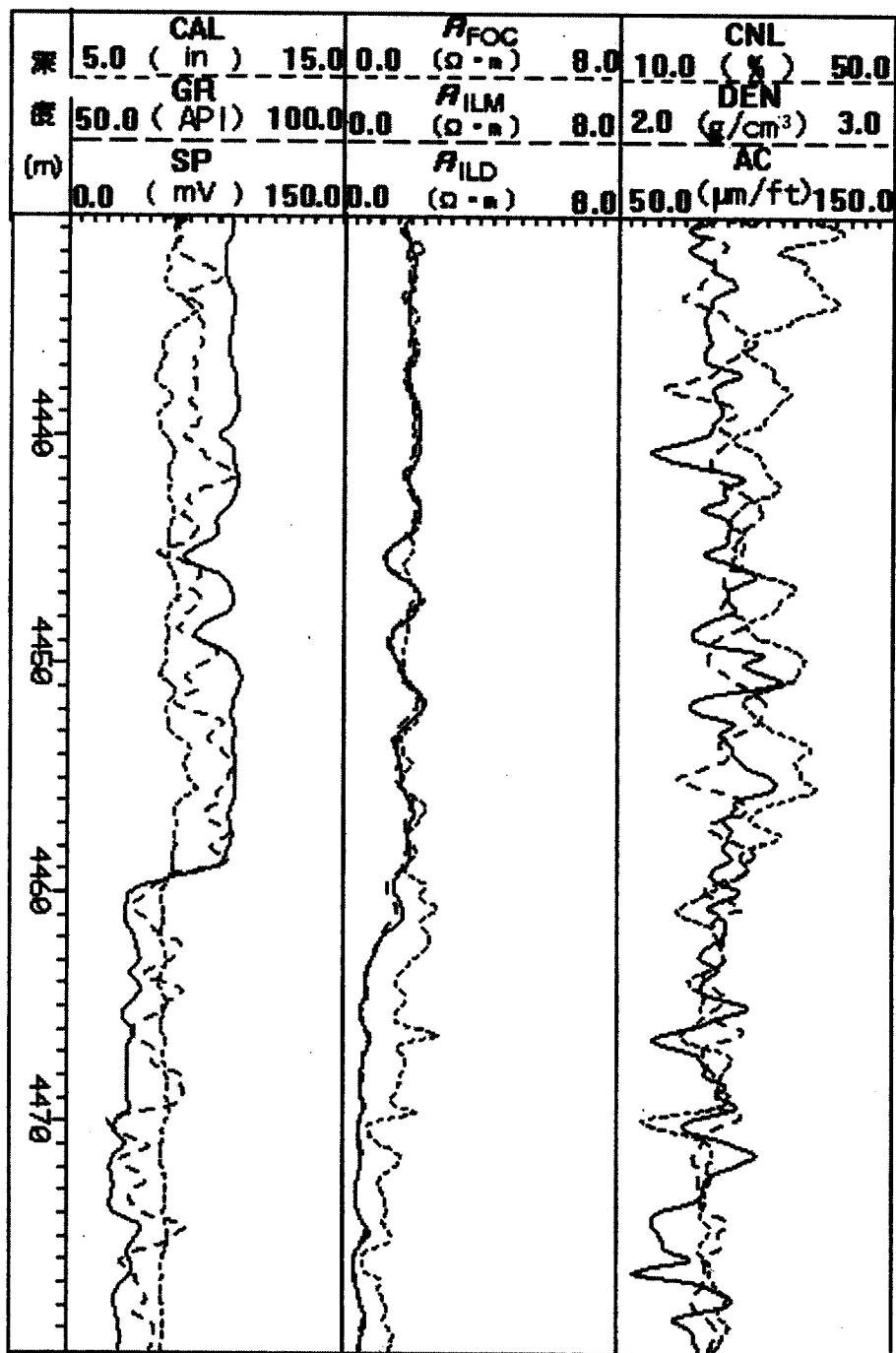


图 2-3-2 A5 井下油组测井曲线