

现代测井技术应用 典型实例

蔡希源等 编著

中国石化出版社
[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

现代测井技术应用 典型实例

蔡希源 运华云 李宝同 曾文冲 编著

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

图书在版编目 (CIP) 数据

现代测井技术应用典型实例/蔡希源等 编著.
—北京: 中国石化出版社, 2009
ISBN 978-7-80229-872-9

I. 现… II. 蔡… III. 测井-技术 IV. P631.8

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第031850号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制, 抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市东城区安定门外大街58号

邮编: 100011 电话: (010)84271850

读者服务部电话: (010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京柏力行彩印有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 16 开本 20.5 印张 404 千字

2009年9月第1版 2009年9月第1次印刷

定价: 150.00元

前言

现代测井技术是指近二十年来发展起来的以成像测井为标志的测井技术。其主要特点是随着电子技术、计算机技术和新材料的发展,测井技术的井下仪器呈现阵列化、数字化、多维化,地面仪器呈现一体化、数控化的趋势。其主要代表性测量仪器有电成像、声成像及核磁成像测井等,使测井提供的地质信息更加丰富、直观、具体、形象,提高了测井解决复杂地质问题的能力,特别是为解决非均质岩性物性、非均质储层空间、各向异性地层以及复杂油气藏的测井评价提供了有力武器。测井技术作为认识与评价油藏的重要技术手段,也和油田其他技术一样,对勘探开发工作及其效果和效益有着明显的影响与促进作用。特别是进入20世纪90年代以来,新一代(扫描成像和阵列成像)测井技术的问世与应用,不仅拓展与改变了测井技术概念,而且明显提高了对复杂岩性油藏、隐蔽性油藏和低孔低渗低电阻率油藏的测井综合地质分析与评价能力。

中国石化在国内外油气勘探所面临的对象日益复杂且具有多样性,既有油气资源丰富的中国东部陆相隐蔽油气藏,又有近年来相继发现的中国西部和南方海相碳酸盐岩缝洞、礁滩型油气藏。随着勘探开发领域的不断扩展,其岩石性质、储集空间、流体类型、油气藏种类都日益呈现复杂性、多样性。中国石化近十几年的测井技术也随着成像测井技术的应用得以快速发展,除了满足基本的地层岩性、储集空间、流体类型评价需要外,还在油气地质研究、油气勘探钻井工程井眼稳定性控制、压力预测、致密储层压裂改造方案设计和优化、探井裸眼井油气水层快速识别、产能预测与评价等多个应用领域,都取得了不同程度的进展和技术上的突破,展现了现代测井技术对复杂油气藏的应用前景,在油气勘探过程中发挥了重要作用,降低了油气发现的成本,提高了勘探效益,为中国石化近10年来的油气勘探开发做出了重要的贡献。

为了总结现代测井技术在勘探开发以及工程应用中的成果,加快推

广现代测井技术在油气勘探领域中的应用，由蔡希源、运华云、李宝同牵头组织《现代测井技术应用典型实例》编著工作，先后四次组织胜利等多家油田的测井技术人员对典型实例进行筛选、编录工作，并由运华云、李宝同、曾文冲完成审核工作，最后由蔡希源统一定稿。

全书分五章。第一章，现代测井技术的特点和作用。第二章，测井技术在储层综合评价中的应用。第三章，测井技术在地质研究中的应用。第四章，测井技术在勘探工程中的应用。第五章，测井技术在快速流体识别与产能预测中的应用。

参加编写人员有：胜利油田董经利、朱留方、赵文杰、张晋言、毛克宇、谢云、张德峰、吴海燕、许东晖、何长春、白全胜、项建新、孟祥水、李淑荣、杨涛、马雪团、杨峰、李绍霞、陆巧焕、罗景美；西北油田周家驹、马勇、柳建华、张卫峰、蔺学旻；中原油田谭海芳、田永敏、王祥、夏竹君、史凤香；西南油田陈必孝、张筠、葛祥、徐炳高；江汉油田魏大农、冯爱国、袁明前、汪绍卫；江苏油田施振飞、尹军强、陆凤才、钱敏刚、温新房；河南油田李光军、刘正锋、杨春文；华北油田周功才、赵永刚、李永杰；中国石化勘探开发研究院朱爱丽；中国石化勘探公司袁卫国、张少军、潘正林。在编写过程中曲寿利、董经利、田素月、田学信、魏大农、常文会、施振飞、陈必孝等参与编写单位的领导给予了大力支持，油田事业部的李孟杰高级工程师一直参与了组织、讨论修改等大量具体工作，中国石化出版社的邓敦夏主任、程天阁高级工程师在本书的出版方面给予了多次指导，在此一并致谢。

本书以勘探为主，选例范围广，应用成果新，基本上涵盖了中石化所属的各个油田或探区，较全面地反映了中国石化近年来的测井勘探工程技术水平和应用成果。



二〇〇九年八月

序 言

地球物理测井是石油天然气勘探重要石油工程技术之一。从钻开地层开始，到油气田废弃为止，测井技术资料的应用始终贯穿于其中。随着勘探对象的日益复杂，随着工程技术难度越来越大，随着测井技术的快速发展，测井的作用也越来越重要。

《现代测井技术应用典型实例》是测井技术特别是现代测井技术在地质、油藏和工程应用方面的一个典型的总结。该书精选了近几年来中国石化在油气勘探开发中测井资料解释应用所取得的成果中的100个典型实例，充分展示了测井技术特别是以成像测井为代表的现代测井技术在油气藏勘探开发中不可替代的作用。所选实例分析不局限于测井技术本身，而是与地质、物探及其他工程技术相结合，重点围绕解决地质、油藏和工程的问题，集中在复杂岩性、复杂储集空间和复杂流体识别，以及在物探、钻井、储层改造等相关领域的难题展开。所展示的测井资料在解决油气勘探开发中的地质研究、储层研究、岩性分析、油藏研究认识提高方面的应用成果，以及在地震约束反演、压力预测、钻井中井壁稳定性研究、可钻性研究、完井工程、压裂设计及其效果检测等方面的应用成果，也是测井技术在中国石化油气勘探中应用成果的一个总结。所选择应用实例图文并茂，简明扼要，生动翔实，具有很强的代表性和说服力，有助于深入推动我国测井技术的发展，促进测井技术在油气勘探开发及其他工程领域中的深入、广泛应用，帮助从事油气勘探管理和研究的地学工作者对测井技术有深入的了解。对利用测井技术解决我国当前面临的油气勘探的难题也具有重要的指导意义，是一部从事测井、地质的科研人员和管理人员及相关专业技术、管理人员值得一读的好书。



二〇〇九年八月

目 录

第一章 现代测井技术的特点和作用1

- 一. 现代测井技术的特点1
 - (一) 现代测井技术的发展和特点1
 - (二) 现代测井技术的构成2
- 二. 现代测井技术在复杂油气藏储层综合评价中的应用2
 - (一) 近几年来中石化面临的主要复杂油气藏类型3
 - (二) 复杂油气藏面临的测井储层综合评价难题3
 - (三) 现代测井技术在复杂油气藏评价中的作用7
- 三. 现代测井技术在地质研究中的应用12
- 四. 现代测井技术在油气勘探工程中的应用14
- 五. 现代测井技术在油气层快速评价及产能预测中的应用17

第二章 测井技术在储层综合评价中的应用21

- 一. 碳酸盐岩油气藏21
 - (一) 济阳坳陷海相碳酸盐岩潜山储层及油气藏评价21
 - (二) 川东北海相碳酸盐岩礁滩相储层及气藏评价29
 - (三) 塔河海相碳酸盐岩溶洞型储层及油藏评价34
 - (四) 川东北普光气田碳酸盐岩地层气水界面识别43
 - (五) 核磁共振测井准确划分潜山碳酸盐岩油藏油水界面——CB306 井47
 - (六) 川东北海相碳酸盐岩储层含水饱和度计算方法49
 - (七) FMI 成像测井在 TS1 超深井寒武系储层评价中的应用54
 - (八) FMI 成像测井识别塔河海相碳酸盐岩多种地质模式58
 - (九) FMI 成像测井识别 S2 井古岩溶发育段63
 - (十) FMI 成像测井识别川东北海相碳酸盐岩有效储层——DW1 井65
 - (十一) EMI 成像测井识别川东飞仙关有效储层——MB1 井67
 - (十二) ECS 测井在塔河碳酸盐岩缝洞型储层充填物识别中的独特作用69
- 二. 复杂砂砾岩与低孔渗储层72
 - (一) 岩心刻度 FMI 图像建立砂砾岩体岩石结构模型——Y22-22 井72
 - (二) 复杂非均质砂砾岩体油层解释失误分析——Y920 井77
 - (三) 成像测井揭示沙四段深层砂砾岩沉积与储层特征——XLS1 井81
 - (四) 成像测井在砂砾岩体完井方案决策中发挥的作用——C660 井83
 - (五) 利用成像测井资料发现高电阻裂缝性储层——TX8 井85
 - (六) 东濮凹陷三叠系重大突破井——W77-3 井有效储层评价87

(七) 核磁共振测井定量评价基山砂岩储层和识别流体——S548、S550 井	93
(八) 核磁共振测井有效分析东营北带砂砾岩油层物性下限——T174 井	98
(九) 利用核磁共振测井评价巨厚砂砾岩体——Y284 井	101
(十) 利用核磁共振测井区分砂砾岩储层隔层和识别稠油油藏——Z365、 Z370 井	104
(十一) 核磁共振测井资料为砾岩体储层试油提供准确试油层位——T765 井	106
(十二) 利用 MREX 核磁测井评价复杂岩性油层——XT7-372 井	108
(十三) 用核磁共振测井技术评价储层渗透率特性	110
(十四) 偶极子声波在致密储层流体识别中的应用——A2050 井	113
(十五) 利用声波测井资料在裂缝性致密砂岩发现高产油层——Y1 井	115
(十六) 建立 Y18 井区砂砾岩油水关系测井解释图版提高解释符合率	117
(十七) 测井资料精细解释在非钻探目的层发现高产轻质油层——P2 井	120
三. 低电阻率油气层	122
(一) 测井成功评价发现东营凹陷史南地区低电阻率油藏——SS100 井	122
(二) 高矿化度泥质砂岩低电阻率油层评价——X176 (C) 井	124
(三) THN1 井三叠系低电阻率油气层测井成功解释加快了增储上产步伐	127
(四) 周矶地区高束缚水低电阻率油层评价——Z21 井	128
(五) 钻井液侵入作用下的低视电阻率油层分析——G898 井	130
(六) 滩海地区低幅度构造带低电阻率油层的测井评价——KD104 井	132
(七) 利用电阻率时间推移测井分析 T903 井三叠系气油水界面	135
(八) 利用高分辨率阵列感应测井资料发现 WX3 井低电阻率油层	138
(九) 利用阵列感应测井资料判断低电阻率油层——W67 井	140
(十) 双频介电测井评价复杂地层水储层——EX10 井	142
(十一) 盐家油田中深层砂砾岩体油藏的发现井——Y22 井油水层误判分析	144
四. 滩坝砂薄油层储层	146
(一) 薄层处理技术提高评价薄油气层的有效性——B1 井	146
(二) 滩坝砂薄油层的测井评价	149
五. 深层天然气致密储层	155
(一) 成像技术使 CG561 井获得突破	155
(二) 成像测井技术在川西地区 DY 须家河组气藏发现中的重要作用	159
(三) 利用成像测井资料成功评价盐下复杂砂砾岩体天然气储层——FS3 井	162
(四) 成像测井裂缝识别与地震反演技术为勘探提供了有力依据	165
(五) 裂缝有效性分析技术在 X856 井发现中发挥重大作用	167
(六) 核磁测井技术发现了 CF563 井钙屑砂岩储层	171
(七) 应用核磁测井技术发现低孔气藏的优质储层——CX560 井	174
(八) 上古生界致密砂岩气藏测井评价——GBG1 井	175

(九) 全波列测井裂缝分析技术发现了 X851 井高产储层	179
(十) 利用套后补偿中子测井识别凝析气层——A3006 井	183
(十一) 盐下复杂砂砾岩深层气获得突破——FS1 井	185
(十二) 大牛地气田低孔渗储层常规测井资料评价技术	189
(十三) 大牛地气田盒 3 段低孔低渗储层产能预测	193
六. 岩间非砂岩储层	197
(一) 电成像准确判断井涌层位, 指导完井方案——WBX10-7 井	197

第三章 测井技术在地质研究中的应用 199

一. 井旁构造精细分析, 揭示构造模式	199
(一) 利用地层倾角测井, 重建山前复杂构造带的构造模式——MQ1 井	199
(二) 成像测井资料精细评价潜山内部复杂的地质构造——GGX25 井	204
(三) 电成像测井识别高陡构造, 在鄂西渝东茅口组获得勘探重大突破——L8 井	207
二. 岩相与沉积物源方向	210
(一) FMI 测井资料详细划分火成岩岩相——YS101 井	210
(二) FMI 识别主力砂体物源方向, 为完井方案提供依据——J205 井	214
(三) 恢复古地貌沉积倾角, 确定物源方向——WX583、W60 井区	216
(四) W12 井测井成功评价, 迎来万城断裂带勘探的突破	219
(五) FMI 成像资料揭示车西地区沙三段浊积砾岩体沉积特征——C73 井	221
三. 地层对比与划分	224
(一) FMI 测井准确识别碳酸盐岩古风化壳界面	224
(二) 测井资料指导正确划分 C571 井潜山界面	226
(三) 成像测井指导塔河油田奥陶系地层划分	228
四. 断层封闭性与地应力方向	232
(一) 利用 RFT 测压资料判断相邻断层断层的封堵性——W184-30 井	232
(二) 利用地层倾角确定现今主应力方向	235
(三) 地层倾角资料确定现今地应力方向, 指导 JN 地区水平井钻探	238

第四章 测井技术在勘探工程中的应用 240

一. 井眼稳定性分析	240
(一) DSI 井眼稳定性分析技术优化塔河油田的钻井工作	240
(二) 应用井眼稳定性分析决策火成岩完井方案——YS1 井	242
二. 压裂缝高预测与效果检测	245
(一) 利用测井解释成果优化 Z2 井酸压设计	245
(二) 测井资料有效预测 GBG1 井低孔渗透储层压裂缝高	248
(三) S76 井 XMAC 测井技术指导酸压完井方案, 实现塔河油田南部油气突破	250

(四) 塔河油田 T903A 井压后测井评估酸压效果	252
(五) 双侧向时间推移测井成功检测碳酸盐岩储层的酸压效果——GL1 井	254
(六) 利用声波扫描测井技术成功检测 LS1 井的储层压裂高度	257
三. 地层压力预测	259
(一) 利用 MSIP 及 VSP 等资料对 SK1 井未钻遇地层进行孔隙压力预测	259
(二) 运用 VSP、DSI 测井资料, 建立新区地层压力剖面, 指导邻井平衡钻井—— C660 井	262
(三) 利用偶极声波 (DSI) 测井资料建立新区地层压力剖面——XLS1 井	265
四. 水平井钻探	267
(一) 利用核磁共振测井优选盐间非砂岩储层水平井钻探目的层——WP1 井	267
(二) 识别有效储层, 确定水平段目的层位置——JP5 井	270
(三) 发挥成像测井在裂缝性油藏水平井钻探中的指示作用	272
五. 固井质量评价	276
(一) 环井周超声波测井成功解决泡沫低密度水泥浆固井评价难题——TS1 井	276
(二) 利用正交偶极声波测井评价软地层破裂压力指导固井作业——EX25 井	279
(三) 在大斜度井三种固井质量评价方法对比——N82 井	281
(四) 利用 SBT 测井提升固井质量评价的效果——H136 井	284
六. 套管检测	286
(一) MID-K 电磁探伤仪检测 DK2 井套管损伤类型及位置	286
(二) 应用工程测井检测套损的位置——塔河油田	288
(三) 电磁探伤技术检测 M33-3 井的套管变形, 恢复油井生产能力	290
(四) 超声波电视测井检测 C10-1 井的射孔效果	293
(五) G6-51 井扇区水泥胶结测井 (SBT) 管外找窜	295
七. 定向钻井地质导向	298
随钻测井 LWD 在水平井中的应用——TK238H 井	298

第五章 测井技术在快速流体识别与产能预测中的应用 301

一、快速流体识别	301
(一) S95 井 MDT 测井实现塔河油田三叠系油藏快速评价	301
(二) MDT 快速测试解决低幅油藏油水识别难题——KD109 井	303
(三) MDT 测试技术在浅海储层产能预测中的应用——KD48 井	306
(四) 应用 MDT 快速识别流体性质指导完井决策——Z6 井	310
(五) 过套管地层测试器 (CHDT) 快速识别流体性质——ZH104 井	313
(六) 利用 RFT 测试技术帮助指导完井决策——H139 井	315
参考文献	318

第一章

现代测井技术的特点和作用

一. 现代测井技术的特点

(一) 现代测井技术的发展和特点

测井技术利用声、电、核、磁等各种物理原理,采用先进的电子技术和信息处理技术,采集丰富的地层信息,经过处理和解释对油气层进行评价,为石油勘探开发提供极为重要的信息和资料,帮助地质家回答如下勘探的基本问题:地下是否有油气,有多少,是否可开采,能开采多久,开采效率如何,下一口井该布在哪里。

现代测井技术,经过几十年的发展和完善,为我国东部、西部的油气勘探不断突破、油气储量持续增长起到了重要作用。

按照数据采集系统和提供成果的特点,测井技术的发展大致可分为模拟测井、数字测井、数控测井和成像测井四个阶段,在每个阶段均推出了许多测井新方法、新技术和新仪器,尤其是20世纪90年代以来,成像测井、核磁共振测井、随钻测井、地层测试和井下油气测试技术迅速发展成熟起来。同时,测井资料的应用范围和领域不断拓宽,应用水平不断提高。特别是进入成像测井阶段后,由于高科技的广泛应用,测井技术实现了井下传感器阵列化、数据电缆传输高速遥测化、数据采集和处理工作站化、记录和显示成像化,更能有效地研究储集层的非均质性和各向异性,更能有效地为油气的勘探和开发服务,成为提高油气勘探开发效率和效益的重要技术手段。

以最新一代的成像测井为代表的现代测井技术的主要特点是:

- 井下仪器的传感器采用多个阵列方式排列,实现了对地层的全方位测量。
- 数据传输实现了高速遥测,使采集数据的能力成级数地提高。
- 图像处理技术与高性能计算机有机融合。实现了测量和处理结果对井壁二维成像和井筒周围三维成像,与传统的测量曲线相比更为准确、直观和方便。
- 井下仪器模块功能共享,仪器性能更加可靠,工作效率大大提高。
- 针对各类油气藏、复杂非均质储层(低孔低渗、砂砾岩、碳酸盐岩、薄层等)、各类复杂井筒条件(水平井、大位移井、超高温、高压、小井眼、欠平衡等)等配套了比较齐全的测井系列和比较完善的施工工艺。
- 向地质构造、沉积研究、油气层快速测试、储层压裂改造、岩石力学、产能预测、固井质量全新评价等领域全面发展。现代测井技术的发展和应用,使油气

勘探不断向深层、隐蔽油气藏、非均质性储层（裂缝性碳酸盐潜山、火山岩、近物源砾岩、超低渗透碎屑砂岩）等领域拓展，在及早发现油气层并获取商业油流，保持储量持续增长方面，起到了重要作用。

现代测井技术是一项以高新技术为支撑、服务于石油勘探开发的重要技术。现代测井技术的发展呈现出两个明显的特点：一方面，其发展与石油勘探开发紧密联系在一起，勘探开发的需求成为测井技术发展的重要动力；另一方面，测井科技工作者时刻关注着物理学各学科与电子、计算机、自动化和新材料等各项技术的最新进展，许多最新的技术成果很快就在测井技术中得到体现和应用。

（二）现代测井技术的构成

现代测井技术应用已覆盖油气勘探和开发的全过程，它由新一代裸眼井测井、套管井测井、随钻测井和井间测井及相关的解释处理方法等技术构成。本图集所展示的测井应用典型实例以裸眼井测井技术为主。

新一代裸眼井测井技术是以阵列化与频谱化、能谱化测量和二维及三维成像显示为主要特征，以全井眼微电阻率成像测井、核磁共振成像测井、阵列感应成像测井、正交偶极声波测井为核心，包括测量地层岩性、孔隙度、电阻率等常规测井、地层测试器等所组成的新型测井技术。

我国测井技术目前是由三部分资源所组成的，一是自主开发的技术，如SL-3000型、SL-6000型等；二是引进的技术，如贝克-阿特拉斯特公司CLS-3700数控测井系统和ECLIPS-5700成像测井系统、哈里伯顿公司的EXCELL-2000成像测井系统等，可提供常规测井、声电成像、核磁共振、偶极声波、阵列感应测井等新技术服务；三是雇用外国服务队，主要以斯伦贝谢公司的MAXIS-500成像测井系统为主，提供电成像（FMI）、偶极子声波（DSI）、核磁共振测井（CMR）、模块式动态测试器（MDT）、地球化学测井（ECS）等测井服务。

现代测井技术的应用，提高了评价油气层和发现油气藏的能力，提高了精细分析与描述油藏地质特性的能力。

为了提高油气勘探和开发工作整体水平，需进一步发挥现代测井技术的作用。

二. 现代测井技术在复杂油气藏储层综合评价中的应用

储层评价是指利用测井资料划分岩性和储集层，评价储集层的岩性（矿物成分和泥质含量）、储集物性（孔隙度和渗透率）、含油性（含油气饱和度和含水饱和度）产能以及开发过程中油、气、水的产液量变化等。

地质上常按成因和岩性把储集层划分三类：碎屑岩储集层、碳酸盐岩储集层和其他岩类储集层。不同类型的储集层具有不同的地质特征和测井响应特征，前两类是主要的储集层。储集层是形成油气藏的基本要素之一，自然也是形成油气层的基本要素之一，是现代测井地层评价的基本对象。

（一）近几年来中石化面临的主要复杂油气藏类型

近几年来，中石化股份公司勘探领域从东部的隐蔽油气藏到西部的构造溶蚀潜山、大型地层岩性油藏及南方海相碳酸盐岩深层气藏，从陆上到海上，从浅层到深层，油气勘探都取得了重要突破和进展。

在东部老区的勘探中，以胜利油田为代表，主要特点是复杂岩性、复杂储集空间和深层，主要类型有：

- 砂砾岩体低孔低渗油气藏；
- 低电阻率油气藏；
- 裂缝性侵入岩、变质岩油气藏；
- 深层油气藏、凝析油气藏；
- 滩坝砂薄互层油藏。
- 火山岩、变质岩油气藏

在西部探区，主要勘探目标是塔里木与准噶尔盆地的中生界、古生界的碎屑岩，古生界深层和超深层大型碳酸盐岩等油藏，具有复杂的孔隙空间、油气水关系和岩电关系。

在南方探区，主要是以普光及周缘地区为代表的孔隙型、裂缝性致密海相碳酸盐岩天然气藏。

在东北探区，遇到的是复杂岩性、复杂储集空间的火山岩油气藏。

（二）复杂油气藏面临的测井储层综合评价难题

中石化老油田和新区油气勘探遇到了各种类型的复杂油气藏，这些油气藏的储层评价都具有相当大的难度。

1. 碳酸盐岩、火山岩和变质岩油气藏

近几年来，碳酸盐岩、火山岩、变质岩油气藏的勘探在中石化的胜利油田富台、渤南、桩海、临盘地区，西北塔河油田、南方普光气田、东北松南气田等均获得重大进展，取得了良好的勘探效果。但迄今为止，这些类型的油气藏的测井储层评价仍然具有很大的难度，是属于世界级的难题，主要表现在：

（1）储层具有很强的非均质性，储集空间复杂，大多具有裂缝、孔洞等多重孔隙系统，导致储层具有极强的各向异性，在岩石物理学和渗流学乃至油气水分布等方面具有比砂岩储层更为复杂的特点，使得测井储层有效性评价变得十分困难，应用于砂岩储层的成熟的测井评价技术对这类储层是无效的或只是部分适用。

（2）储层孔隙度低，电阻率测量受岩石骨架和孔隙结构影响严重，反映储层孔隙流体性质的信息弱，加上裂缝系统泥浆侵入深的影响，造成测井资料识别储层流体性质困难。

（3）埋藏深、岩性致密，常规测井资料对有些复杂构造的内幕显示不明显，

根本无法显示确定其构造特征,需要用成像测井资料进行综合评价。

(4) 岩石成分复杂、孔隙度低,影响了储层参数(孔隙度、饱和度、渗透率、有效厚度等)的精确确定,造成储量计算困难。

2. 低孔低渗砂岩、砂砾岩油气藏

胜利油田东营凹陷北部陡坡带、沾化凹陷埕南陡坡带砂砾岩体和中生界-上古生界储层,华北分公司鄂尔多斯、西部准噶尔盆地腹部等探区,广泛分布着低孔、低渗的砂岩、砂砾岩油气藏,已成为中石化近期的重要勘探目标。虽然目前在许多方面取得了重要勘探成果,但也显示出具有很大的勘探难度,其中测井储层有效性评价是制约这类油气藏勘探的重要因素。主要表现在:

(1) 储层的测井响应在很大程度上受岩性控制,反映储层孔隙流体的信息普遍变弱,油、气、水层测井响应特征差别不明显,造成油、气、水层测井识别困难。

(2) 由于不同的沉积环境,形成不同的碎屑成分和岩石结构,成岩后强烈的次生作用又导致孔隙结构复杂化,往往发育不同程度的粒间孔、晶间孔、溶蚀孔和微裂缝,使得低孔低渗储层的渗流物性产生较大的差异,常规测井有时不容易反映渗透率的这些变化。因此,低孔低渗砂岩、砂砾岩油气藏的储层有效性评价是一个重要难题。

(3) 砂砾岩体油气藏作为一种典型的低孔低渗油气藏,更具有其特殊性。砂砾岩油气藏陡坡沉积背景及近物源的高能沉积环境,导致砾石和胶结物成分复杂、分选差、砾石排列和胶结方式多样,不同相带物性、含油性差异大。结果严重影响了孔隙度、饱和度和渗透率等参数的准确计算,同时也给地层构造、古水流方向的确定和有利相带的划分带来困难。

(4) 低孔低渗油气藏的储层物性差,一般需要压裂改造才能形成产能。如何对油层进行分类,为油层改造优选有效的压裂层位并提供压裂参数,是测井评价面临的另一重要课题。

3. 低电阻率油气藏

低电阻率油气藏作为一种隐蔽油气藏,实质上是一种低丰度油气藏。低电阻率油气层几乎在所有含油气区都有发现,已成为许多地区增储上产的主要勘探目标。随着全球性油气勘探开发工作的深化,作为低电阻率油气层的主要类型——高含水饱和度型(含油饱和度在30%~50%之间的不产水油气层),几乎在所有含油气区相继被发现,特别是在有些地区出现百吨或近千吨级高产层,更引起人们普遍关注。

低电阻率油气层的类型是多样的,其形成机理也各有差异。目前对低电阻率油气层的主要类型及其形成机理,虽然已经有了比较全面的理论性认识,但现场仍无一套实用的识别和评价方法,测井的评价过程在很大程度上还有赖于第一性资料 and

地区经验。因为这些测井响应特征与水层相近、具有高度隐蔽性的油气层，往往使常规测井评价方法难于适应。

由于低电阻率油气层具有电阻率低、含油气饱和度低的特点，测井储层评价的难度很大。主要表现在：

(1) 高束缚水通常是引起低含油气饱和度的主要因素，导致油气层与水层的电阻率差异变小。

(2) 高-特高地层水矿化度，进一步降低了油气层的电阻率，增加了测井识别油气层的难度。

(3) 在低-中矿化度富含泥质（黏土）地层，引起附加导电性，造成油气层电阻率明显降低。

(4) 由于断层与油气藏水体的沟通作用，会造成水层的低矿化度和油气层的高矿化度现象，有时会出现水层电阻率明显高于油气层的情况。

(5) 在钻井液特别是盐水钻井液侵入影响严重的地区，如果测井不及时也会造成低电阻率油气层。

4. 深层天然气藏

“十五”以来，中石化强化了天然气资源的勘探，取得了重要突破，如华北分公司鄂尔多斯大牛地气田的投入开发，川东北地区迄今为止国内规模最大、丰度最高的特大型整装海相气田——普光气田的发现，东部胜利油田深层天然气的勘探、孤北地区上古生界煤成气、东营地区民丰沙四段裂解气的勘探突破，东北地区火山岩高产天然气藏等。

随着我国天然气勘探开发高峰期的到来，如何提高天然气的测井评价水平和成功率，已成为人们高度关注的问题。评价的难点在于深层天然气，更确切地说应是低孔低渗天然气藏的评价。深层天然气藏的测井储层评价难点主要体现在以下方面：

(1) 天然气的物理特性决定了其储集体、储集空间及渗流特征的高度广泛性和复杂性。

能储集石油的储集体、储集空间都能赋存天然气，但能储集天然气的储集体不一定能储集石油，这是由于油气的分子结构所决定的。因此，深层、超深层储层因其致密应以气为主，天然气的渗流特征使其具有比石油更低的孔、渗下限值。

(2) 寻找深层天然气藏比寻找中、浅层油气藏更为复杂，具有更高的难度。

沉积、成岩、溶蚀及构造演化等地质作用决定深层储集体、储集空间的复杂性，其主要特征为：低孔、低渗特征明显；岩性、储集空间的非均质性均十分强烈；此外，干气、湿气、凝析气等众多气藏类型决定了其复杂的渗流特性。

(3) 深层天然气藏的勘探特征决定了测井信息采集的难度和测井信息反演的非对称性。

深部地层井眼条件十分复杂,高温、高压、小井眼是其主要特征,测井信息采集难度巨大;复杂的井眼条件大大限制了测井信息采集的丰度和质量,核磁共振、成像测井等新技术的采集应用难以完整实现,而需要测井信息解决的地质问题却更为复杂。

(4) 常规测井评价技术在深层天然气藏的评价中显示出强大的无效性和变异性。

从测井评价技术的基础——岩石物理实验开始,就需要模拟地下温度、压力展开,其赋存、渗流机理与中、浅层极为不同,经典的测井解释模型往往是无效或发生变异;低孔渗、超低孔渗、强烈的非均质性及非达西渗流特性使测井反映储层及流体性质的能力锐减或无效。深层天然气藏的测井评价技术存在巨大挑战。

(5) 相邻专业的工艺技术变化,也给深层天然气藏的测井评价带来难度和不确定性。

深井钻井工艺使井眼环境发生变化,给深层天然气藏的测井评价带来难度,如侵入带的变化,空气钻井、随钻等井眼环境变化。钻井过程中,深层天然气的直观显示不如油层清晰、明确,除气测资料外,钻井取心和井壁取心难于提供直观的信息,亦增加了深层气识别的难度。

此外,深层天然气藏多需压裂改造等工艺措施,也给深层天然气藏的测井评价带来难度和不确定性。在压裂改造等措施实施前后,如何对气层进行分类,评价压裂改造等工艺措施对深层气的作用机理和影响程度,以及在此基础上为气层改造提供有效压裂层位和参数是测井评价面临的另一难题。

5. 薄互层储层

在测井储层评价的范围内,薄互层的评价多年来一直被认为是一难题,其中最主要的原因是国内现有的测井仪器纵向分辨率的组合不匹配,不能有效、真实地采集到薄互层的物理量信息,降低了对储层的评价能力;另外,目前常规测井方法及解释软件不能很好地解决薄油气层的评价问题,高阻薄层受围岩的影响主要表现在地层的视电阻率降低,计算储层的真实厚度变小,含水饱和度增大,计算的储量减小。据调查和评估,薄层常常有相当数量的可采油气,世界上大约30%的油气贮存于砂泥岩薄互层中。

薄互层一般是指单层厚度在0.25~1m的储层。由于薄层单层厚度小,一般多属于低孔低渗储层,测井响应受上下围岩影响大,测井储层评价难度主要表现在:

(1) 受仪器测量分辨率的限制,薄互层的测井曲线常受围岩影响而失真,数值上不能反映地层的真实响应,储层有效厚度划分不准。

(2) 储层的孔、渗、饱等参数计算精度受围岩影响,难以计算准确。

(3) 产层(油层)与非产层(干层)难以识别。

(4) 录井资料常易漏失薄层。

(5) 砂泥岩薄互层单层厚度小于0.3m时,除了成像测井资料能有效识别外,一般的常规测井曲线均不易划分出储层,经常漏掉或不做评价。

(三) 现代测井技术在复杂油气藏评价中的作用

现代测井技术的应用,提高了评价油气层和发现油气藏的能力,也提高了精细分析与描述地质特性的能力,为油田勘探开发工作整体水平和经济效益的提高发挥了重要作用。

1. 碳酸盐岩油气藏储层评价

碳酸盐岩作为一类重要的油气藏,其主要特性已被广泛接受,但其储层的测井评价技术及效果与碎屑岩相比所面临的困难和挑战要大得多,其主要原因是岩石具有极强的非均质性,传统的测井评价方法和解释模型适用能力差,评价结果具有很高的不确定性。随着成像测井技术的发展和应用,现代测井技术已在很大程度上提高了对碳酸盐岩储层的评价能力。在油气勘探阶段,碳酸盐岩油气藏的测井评价内容主要包括以下方面:

- (1) 储集类型的识别与评价;
- (2) 储层参数包括孔隙度、渗透率、含油饱和度和有效厚度的确定;
- (3) 定量描述分析裂缝、溶蚀孔洞为主的次生孔隙度及发育程度;
- (4) 解释内部结构和井旁构造,指导帮助区域的构造解释。

现代测井技术针对复杂碳酸盐岩的评价有了很大进展,目前可以有效地解决以下储层评价问题:

(1) 储层类型的识别和划分。传统的三电阻率、三孔隙度曲线及划分岩性的自然伽马和井径曲线具有划分有利目的储层井段的能力,结合录井、气测及部分取心资料的标定,根据已计算的总孔隙度、次生孔隙度的大小和级别,可以比较可靠地确定出Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类储层。但储层的储集空间的类型、次生孔隙发育的程度、裂缝等大量的信息不能定量地描述,对储层内幕的储集空间及结构特征不能认识。而成像测井技术则全面表现出了对储层的储集空间的认识和评价能力,具体表现在:对每口单井纵向上所测量井段碳酸岩储集空间的类型、分布特征进行精确的划分,为研究其成因和在平面上、纵向上对比提供可靠的依据。

(2) 储层参数的计算和评价,包括有效厚度划分和总孔隙度与次生孔隙度的计算等。

(3) 裂缝特征的定量描述与评价,包括裂缝分布产状和走向、裂缝孔隙度及裂缝对孔隙度的贡献等。

(4) 有效裂缝与无效裂缝的识别与划分。

(5) 给出井旁的构造,帮助进行构造解释及给出构造的模型。