

献给大庆测井公司成立20周年

大庆测井公司优秀论文集

石德勤 陶宏根 傅有升 主编



献给大庆测井公司成立 20 周年

大庆测井公司优秀论文集

石德勤 陶宏根 傅有升 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书精选大庆石油管理局测井公司公开发表的论文 100 篇,共分四篇 12 章。内容包括勘探测井及解释、水淹层测井及解释、碳氧比能谱测井及解释、电磁波测井及解释、聚合物注入剖面测井及解释、测井与解释基础等诸多测井技术,内容广泛,是对大庆测井公司成立 20 年来技术发展的系统总结。

本书可作为从事地球物理测井工作的技术与管理人员学习了解大庆及中国测井技术及其发展历程的有益参考材料。

图书在版编目 (CIP) 数据

大庆测井公司优秀论文集/石德勤等主编.

北京:石油工业出版社,2004.6

ISBN 7-5021-4704-7

I. 大…

II. 石…

III. 油气测井-文集

IV. TE151-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 055986 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

总 机:(010) 64262233 发行部:(010) 64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

787 毫米×1092 毫米 开本:1/16 印张:39.75

字数:1020 千字 印数:1—1300 册

书号:ISBN 7-5021-4704-7/TE·3280

定价:68.00 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

《大庆测井公司优秀论文集》

编 委 会

主 任 石德勤

副主任 陶宏根 傅有升

委 员 荆万学 陈国华 王宏建 冯维龙

李智林 张继红 于海江 赵 平

AF57/0.4

序

在庆祝大庆石油管理局测井公司成立 20 周年之际，编辑出版《大庆测井公司优秀论文集》是一件很有意义的事情。它凝聚着大庆石油管理局测井公司两代测井工作者的智慧，是 20 年来大庆测井技术发展的历史见证。在此，谨致以衷心祝贺！

油田勘探开发的需求是测井技术进步的方向和动力，为保持油田高产稳产，大庆石油管理局测井公司发展了有特色的测井系列及相应的解释软件，由单支仪器的突破到成套装备的研发，大庆测井人坚持了几十年，为大庆油田的高产稳产做出了不懈的努力，为中国测井技术的进步做出了自己的贡献。在改革开放的推动下，大庆石油管理局测井公司先后引进了三代测井装备，不仅满足了油田勘探开发的需要，也大大增强了自我发展的能力，培养了一大批人才。

用世界眼光和时代眼光审视测井技术的发展，我们感到市场竞争日趋激烈，技术进步日新月异，形势逼人，不进则退。测井技术从基本的电阻率测井、声波测井、放射性测井和核磁测井方法出发，充分利用当代最先进的技术成果，形成了快速测井、成像测井、随钻测井和过套管测井，已进入全面满足油田勘探开发需要的新时代。我们必须加快发展，迎头赶上。愿与大庆石油管理局测井公司广大科技人员共同努力，把我们共同的事业推向前进。

李剑浩

2004 年 4 月

前 言

大庆油田于 20 世纪 80 年代中期进入中高含水期开发阶段,如何在年产 $5000 \times 10^4 \text{t}$ 原油稳产 10 年基础上继续保持长期高产稳产,为石油工业发展做出新的贡献,大庆石油管理局做出“大力加强外围勘探,认真搞好内部挖潜”的战略决策。大庆石油管理局测井公司于 1984 年 4 月肩负着油田的期望光荣诞生。公司成立 20 年来始终坚持“以科技求发展、以质量求生存、以管理求效益,为用户提供全套优质测井技术服务”的宗旨。在大庆这块沃土上,为贯彻落实油田这一重大战略决策而尽心尽力、艰苦奋斗。

在油田勘探方面,随着勘探工作的深入,地质对象越来越复杂。为适应大庆勘探工作的需要,勘探测井装备从原模拟记录发展到以引进 CSU 数控测井及 EXCELL-2000、ECLIPS-5700 成像测井为主,全部实现数控化。解释技术在充分用好引进软件的基础上,结合具体地质难题自行开发相应方法及软件。通过两者有机结合形成特低渗透砂泥岩储层、高泥高钙砂泥岩薄互层、中浅层砂泥岩气层、深层致密砂砾岩气层、深层致密火成岩气层、海拉尔断陷盆地复杂储层、水平井、低渗透储层产能评价、多井解释及油藏描述、储层岩石力学特性测井评价等十大勘探测井解释技术系列,使大庆勘探测井技术获得长足进步。在提高标准、严格考核条件下,使探井解释成功率始终保持在 90%,探井解释符合率始终保持在 85%。为确保“东部找片、西部点片结合,稳步向深层发展,积极向外围展开”勘探方针的贯彻落实做出了应有贡献。

在油田开发方面,油田内部挖潜主要措施是进行加密调整及以注聚为主的三次采油。对测井技术的要求是厚层非均质层、薄差水淹层准确解释及剩余油饱和度精确评价。为此通过努力攻关,发展特色技术,形成了厚层非均质水淹层、薄差水淹层、开发井、碳氧比能谱、电磁波、聚合物注入剖面等六套测井及解释技术系列,使开发测井技术获得飞速发展。碳氧比能谱测井由原碘化钠发展到 BGO 晶体,最终研制出伴随粒子碳氧比新方法,实现技术创新,使其定量解释分辨率从 0.8m 提高到 0.4m。在模型井中,对 35% 孔隙度储层,确定含油饱和度的平均绝对误差从 ± 15 下降到 ± 6 个饱和度单位。厚层及厚层非均质层水淹层测井解释投产符合率达 85% 以上;薄差层水淹层测井解释投产符合率达 75% 以上;0.5m 以下超薄层层数划准率达 90% 以上。解决了油田开发急需,为大庆油田连续 27 年保持年产原油 $5000 \times 10^4 \text{t}$ 以上长期高产稳产做出了应有的贡献。

我们从公司成立 20 年来已公开发表的论文中精选出能反映公司总体技术水平的 100 篇文章,组织出版这本《大庆测井公司优秀论文集》。以所取得的丰硕

技术成果向公司成立 20 周年厂庆献上一份厚礼。值此向长期关心、支持、帮助过公司的各级领导及兄弟单位表示衷心感谢，向为此付出辛勤劳动的公司的各级领导及广大科技人员表示衷心感谢。

成绩只能说明过去，摆在我们面前的任务十分艰巨，许多勘探、开发的测井难题仍需我们去努力攻克，国内外广阔的测井市场仍需我们去积极开拓，面临全球技术与市场的激烈竞争，任重而道远。我们必须进一步继续发扬“大庆精神”、“铁人精神”，以市场需求确定科技攻关课题，以市场效益评价科研成果水平，提倡“科学、诚信、拼搏、创新”的风尚，大力发展特色技术，与全国测井同行一起为大庆油田进一步长期高产稳产，为实现全国测井技术创新、市场开拓及我国石油工业可持续发展再谱新篇。

编 者

2004 年 4 月

目 录

第一篇 勘探测井及解释技术

第一章 测井测井解释技术.....	(3)
斯伦贝谢测井公司在大庆服务资料评价	傅有升 赵继志 陶宏根 (3)
大庆外围探井砂岩气层的解释方法.....	聂春燕 李华章 (18)
大庆长垣以西地区含钙薄互层测井解释.....	陶宏根 孙宏智 (25)
大庆油田外围低电阻率油层成因及测井解释方法研究.....	丁吉海 王明师 王德福 (38)
大庆油田外围油水同层测井解释方法.....	张宏权 付震东 李庆丰 王桂萍 (45)
大庆外围高阻水层测井解释方法.....	丁吉海 孙利国 张海萍 王 艳 (54)
R 型因子分析方法在西部扶杨油层组油层解释中的应用	唐 馨 李晓辉 郭文萍 张美玲 (60)
GeoFrame Petrophysics 软件包的开发与应用	王宏建 朱有清 许淑梅 方士军 (64)
在深侵入泥质砂岩和火山岩储层中探测天然气.....	傅有升 王德福 朱有清 (70)
汤原地区测井解释方法研究.....	林旭东 许敬彦 刘砾华 (79)
海拉尔盆地油气水层的测井评价模型.....	曹 阳 黄宝华 王德福 王英武 (83)
地热资源综合评价方法.....	曹 阳 施尚明 李雪英 王玉华 王桂萍 (88)
利用平面径向流公式预测油层自然产能的方法.....	孙利国 王玉梅 何 石 (93)
榆树林油田油藏描述.....	刘 江 张宏兵 刘福利 宋永林 (98)
储层参数区域评价方法应用	张宏兵 尚作萍 王 英 辛 慧 (105)
第二章 测井新技术应用.....	(109)
应用地层倾角测井资料确定层理结构及古河流摆动范围	王 鹏 赵 杰 李海鹏 (109)
地层倾角的构造解释交互系统	冯敬英 李好强 王 鹏 (117)
声、电成像测井资料裂缝识别技术及其应用	王 鹏 金卫东 高会军 官旭东 王桂萍 (123)
用测井资料确定大庆油田储层粘土矿物成分	张玉金 傅有升 张海萍 王德福 (128)
利用斯通利波衰减反演储层渗透率	侯春会 伍先运 王克协 (134)
大庆长垣以西地区核磁共振测井解释方法研究	朱有清 王 艳 吴庆岩 (138)
电法测井三参数反演	曹 阳 傅有升 杨 炜 刘家琦 (143)
老井挖潜的一种新技术	樊玉秀 吕炳全 兰 艳 陈显森 张彦军 (153)
第三章 引进设备应用及改造.....	(158)
由 3700 升级改造的 37X86 数控测井系统	熊晓东 郭麦成 李智林 刘甲辰 王绿水 单 平 (158)
测井数据采集滤波方法和参数的选择	顾洪代 李智林 刘甲辰 (164)

第二篇 调开井测井与解释技术

第一章 高分辨率测井及处理技术..... (173)

高分辨率声波、薄层三侧向与数控测井仪研究

..... 王寿美 曲贤才 聂国柱 于殿军 谭利峰 (173)

高分辨率自然电位测井仪 王伟男 陈 强 张焕耀 (181)

高分辨率双侧向测井仪 丁 柱 邓 刚 马恩军 陈国华 谭利峰 (185)

提高自然伽马测井曲线分辨率的正则化方法

..... 汪宏年 李舟波 杨善德 常明澈 陶宏根 孙宏智 (189)

采用频域分形投影方法提高测井曲线分辨率 ... 李全厚 荆万学 郭立新 王 颖 (198)

第二章 水淹层测井解释技术..... (202)

水淹层测井解释..... 常明澈 任贵荣 (202)

大庆油田薄层水淹层综合解释方法研究 刘宝生 王宗群 宫凤英 (218)

大庆油田高台子油层水淹层综合解释技术 赵继志 (226)

非均质储层水淹层测井及解释 常明澈 邵 丰 谢荣华 (236)

薄、差泥质砂岩水淹层测井资料综合解释方法 荆万学 (248)

淡水水淹的薄层储集层的地层评价 傅有升 荆万学 尤树文 (252)

水淹层单井处理解释软件系统推广应用 于亚婁 荆万学 杜贵彬 张 玲 (266)

状态空间模型在薄差水淹层测井解释中的应用

..... 李全厚 张云英 姜 萍 孙桂兰 (270)

利用测井资料定量计算水淹层地层水电阻率 杜宗君 荆万学 (274)

利用测井资料的分形维数研究储层特征 朴庆春 荆万学 赵立冬 李全厚 (278)

井间剩余油分布规律的测井评价方法 杜宗君 任 苏 李砚明 敖德远 (285)

混合物电导率公式及其在测井解释中的应用 李剑浩 (289)

混合物电导率和介电常数的研究 李剑浩 (296)

复杂岩性解释模型稳定性和可靠性评价

..... 汪宏年 李舟波 杨善德 常明澈 陶宏根 孔宏智 (302)

各向异性地层中电阻率测井的响应特征 汪宏年 杨善德 王 艳 (310)

常规测井资料计算砂岩储层渗透率的理论思考 荆万学 (319)

第三章 电磁波测井及解释技术..... (324)

相位电阻率测井 丁 柱 陈国华 张 曦 (324)

金属支柱线圈系电磁波测井的理论研究 杨荫祖 张 曦 陈国华 刘明新 (329)

高频介电测井的围岩、薄夹层影响与分层能力的理论研究

..... 刘夏芬 冯庆国 王秀江 吴洪柱 刘迎春 董庆德 杨善德 杨荫祖 陈国华 (333)

大庆油田电磁波测井研究与应用 宋永林 陈国华 常明澈 (342)

高含泥地层 25MHz 介电常数解释模型 潘书民 韩德利 陆海英 (345)

2兆相位电阻率测井技术在大庆油田的应用 ... 汪光丽 王伟男 潘书民 张焕耀 (348)

利用高频电磁波测井反演地层介电常数和电阻率

..... 邢光龙 张美玲 刘夏芬 杨善德 (354)

第四章 开发井测井解释技术.....	(362)
半参数方法在测井解释中的应用	刘 江 腾 伟 傅有升 齐向东 (362)
薄差低阻油层流体识别新技术	刘 江 汪爱云 郎丰吉 张继红 (367)
含钙薄互层气层解释方法	刘 江 李汉川 郎丰吉 (371)
葡西地区油水层分类解释方法	刘维林 刘 江 张军龙 张美玲 (375)

第三篇 套管井测井及解释技术

第一章 碳氧比能谱测井.....	(381)
------------------	-------

大庆油田碳氧比能谱测井确定地层剩余油饱和度

.....	杨荫祖 曲贤才 殷国才 (381)
NP—5 型中深井碳氧比能谱测井仪	房建铭 (390)
关于碳氧比测井的几个问题	曲贤才 (397)
套管井用测井监测注聚合物的驱油过程和效果	杨荫祖 (405)
耐温 150℃ 的脉冲中子发生器	房建铭 姜世莲 樊玉秀 (409)
C/O 测井谱数据处理方法的初步研究	李笑冰 邵方华 程宗华 (413)
国产碳氧比能谱测井仪的新进展	程宗华 丁希金 陈志红 (420)
BGO 碳氧比能谱测井定量解释方法	陆海英 杨荫祖 (424)
规范化后的碳氧比测井解释方法	万里春 梁 丽 (430)
双探测器碳氧比测井技术	林 梁 陈志宏 胥 伟 (435)
用碳氧比能谱测井和多井解释技术确定剩余油饱和度分布	

.....	王佳平 万里春 赵雪梅 (440)
-------	-------------------

伴随粒子碳氧比能谱测井仪及其在薄层中的应用

.....	曲贤才 丁希金 李华章 吴丽萍 姜世莲 (444)
-------	---------------------------

碳氧比能谱测井影响因素分析及自动校正方法研究

.....	于亚委 樊玉秀 陆松华 史景欣 (450)
-------	-----------------------

过油管碳氧比能谱测井仪的关键技术	丁希金 姜世莲 (456)
------------------------	---------------

第二章 聚合物注入剖面测井.....	(464)
--------------------	-------

聚合物注入剖面示踪测井模型研究	林 梁 孙秀梅 (464)
-----------------------	---------------

聚合物注入剖面示踪测井资料在大庆油田开发中的应用	殷国才 孙秀梅 (470)
--------------------------------	---------------

氧活化技术在聚合物注入剖面测井中的应用 ...	王建民 姜亦忠 严青伍 肖培琛 (476)
-------------------------	-----------------------

脉冲氧活化测井仪器的应用	王建民 李华章 姜亦忠 严青伍 (481)
--------------------	-----------------------

氧活化测井技术的扩大应用	陆海英 梁 丽 郝尚荣 (487)
--------------------	-------------------

第三章 工程测井技术.....	(492)
-----------------	-------

用 CBL/VDL 资料评价薄层水泥胶结

.....	李艳华 薛 梅 楚泽涵 李剑浩 任佐斌 聂国柱 (492)
-------	-------------------------------

高分辨率水泥胶结测井仪	侯春会 孙 冰 于 魁 李 亮 (499)
-------------------	-----------------------

套管刻度井中模拟地层及吸声材料对井内声场的影响

.....	陈德华 王秀明 于 魁 侯春会 (503)
-------	-----------------------

岩石力学测井及其在预测砂堵中的应用

- 张义元 Gilbert Cady (512)
- 长源距声波和 RFT 测井资料在钻井中的应用 王德福 陶宏根 黄宝华 (521)
- 利用测井资料计算连续地应力剖面 张义元 魏庆芝 (528)
- 应用测井资料预测水力压裂裂缝高度 张义元 宫旭东 傅有升 (533)
- 地层应力场分布规律与油田水淹关系 宫旭东 张继红 (539)

第四篇 测井及解释基础技术

第一章 基础实验研究..... (545)

- 低孔渗地层岩石介电常数实验研究 王伟男 张 曦 耿秀文 昌庆珍 (545)
- 含浊沸石地层电性质的实验研究 曲贤才 王伟男 耿 昕 (551)
- 岩石电参数与岩石组分体积分数关系的数值研究 丁 柱 陈国华 李华章 (555)
- 火成岩岩样的核磁共振测量结果分析 周 波 (558)
- 三元复合驱油地层电性质变化规律研究 王伟男 耿 昕 曹雅芳 (563)
- 60MHz 下岩石介电常数与含水率关系的研究 汪光丽 王伟男 周亚平 (568)
- 矿化度对流体核磁共振性质影响的实验研究 ... 翁爱华 李舟波 王伟男 姜亦忠 (572)
- 岩石驱替过程中电学参数变化的实验研究
..... 张元中 王伟男 姜亦忠 童茂松 俞 军 (578)
- 利用激发极化弛豫时间谱确定渗透率的实验研究
..... 童茂松 王伟男 范清华 姜亦忠 王 荣 杜国同 (583)

第二章 基础软件研究..... (590)

- 岩性解释绘图系统 屠规航 刘瑞华 王丽芳 周 波 (590)
- 立体切片图及逐层展开图的绘图技术 刘德成 邱海波 唐永福 张 玲 (600)
- GeoFrame 系统含钙薄互层解释模块的开发 ... 周 波 刘维林 马玉梅 刘治国 (605)
- 大庆油田勘探测井数据的管理与应用 金卫东 杨晓萍 (610)
- Matlab 及其在测井中的应用 刘维林 (613)
- UNIX 操作系统安全机制与管理策略 马维泉 王秀琴 刘志国 (617)
- 绘图仪的网上共享 方士军 吕建华 (623)

第一篇

勘探井及解释技术

第一章 探井测井解释技术

斯伦贝谢测井公司在大庆服务资料评价

傅有升 赵继志 陶宏根

(大庆石油管理局测井公司)

摘 要 斯伦贝谢测井公司的一个测井队自 1984 年 12 月起在大庆服务近两年,共测井 51 口。实际资料表明,斯伦贝谢测井系列较完善,仪器指标先进,刻度严格,所测资料较准确可靠。通过服务不仅提高了我们技术人员的水平,而且解决了一批国产仪器解决不了的问题。利用自然伽马能谱测井确定泥质含量,研究泥质成分,为解释模型及参数选择、储层评价、沉积环境研究提供了重要依据。RFT 用于探井油气水层判断、调整井中厚层层内水淹等级划分及小层压力计算取得突破。用 EPT 资料对地层水矿化度变化大的井段判断油水层以及划分有效厚度取得较好效果。探井解释符合率达 75% 左右,比国产仪器测井资料解释提高 5%~7%。初步总结出了裂缝识别方法,为深层油气层研究提供了重要方法。通过对 SHDT 资料的分析,初步建立了沉积模式和物源模式,并对个别地区提出了有利勘探井位。但是,对调整井水淹层解释、裂缝中流体性质判断及薄层解释尚无一套完善的方法,有待今后进一步研究。

一、服务概况

根据中国技术进出口总公司与斯伦贝谢海外服务部签订的合同,一个斯伦贝谢测井队于 1984 年 12 月 6 日起来大庆服务,到 1986 年 10 月 25 日正式结束,总共服务时间 1 年 10 个月 19 天。

根据合同规定斯伦贝谢来大庆服务仪器有数控测井仪(CSU)地面测井车一台,配有井下仪器 16 种,即:(1)双侧向测井仪(DLT);(2)双感应测井仪(DIT);(3)球形聚焦测井仪(SFT);(4)微球形聚焦测井仪(MSFT);(5)浅电磁波传播测井仪(EPT);(6)深电磁波传播测井仪(DPT),该仪器来大庆试验,不收租金及操作费;(7)补偿声波——水泥胶结测井仪(BHC—CBL);(8)长源距声波测井仪(SLS);(9)补偿中子测井仪(CNT);(10)岩性密度测井仪(LDT);(11)自然伽马组合仪(GR);(12)自然伽马能谱测井仪(NGT);(13)次生伽马能谱测井仪(GST);(14)地层学倾角测井仪(SHDT);(15)重复式地层测试器(RFT);(16)水泥评价测井仪(CET)。

仪器到大庆后,经检查自然伽马能谱测井仪、浅电磁波传播测井仪及长源距声波测井仪不能正常工作,经过外方努力,相继修复投产使用。

双感应—球形聚焦测井系列经龙 55-19 井资料与双侧向—微球系列对比,发现它不适用于大庆高阻薄层、泥浆滤液电阻率(R_{mf})大于地层水电阻率(R_w)这样的地质条件;次

生伽马能谱测井仪, 施工条件困难、租金昂贵, 又因我们有连续碳氧比 (C/O) 能谱测井仪, 所以这两种仪器于 1986 年 5 月退出大庆服务。

斯伦贝谢测井队在大庆服务期间共测 51 口井, 上井 58 井次。其中深探井 7 口, 探井 2 口, 开发井 1 口, 调整井 20 口, 密闭取心井 3 口。

二、斯伦贝谢测井资料的质量评价

同深 2、古 38、古 704 等三口井同时具有斯伦贝谢 CSU 和德莱赛 3600 系列测井资料。对这些资料系统分析的结果表明, CSU 资料有如下优点。

(1) 斯伦贝谢双侧向测井仪线性范围大, 探测深。斯伦贝谢双侧向视电阻率值与德莱赛 3600 相比, $10\Omega \cdot m$ 左右高 $2 \sim 3\Omega \cdot m$, $100\Omega \cdot m$ 左右高 $50 \sim 60\Omega \cdot m$ 。对应同深 2 井花岗岩基底, 斯伦贝谢测 $50000\Omega \cdot m$, 而德莱赛 3600 测到 $3000\Omega \cdot m$ 就饱和了, 相差十几倍。

(2) 斯伦贝谢孔隙度系列仪器耐温及资料可靠性比德莱赛 3600 相应仪器好。如古 704 井扶余油层 2172m 砂岩处, 斯伦贝谢测时差值 $73\mu s/ft$ ●, 相当孔隙度 $12\% \sim 13\%$, 而德莱赛 3600 测时差值 $100\mu s/ft$, 相当孔隙度 33.6% 。从邻井古 701 扶余油层岩心分析资料看, 其孔隙度值应为 $11\% \sim 13\%$ 左右。又如同深 a 井横向解释第 60 号层斯伦贝谢测密度值为 $2.63g/cm^3$, 相当孔隙度 $3\% \sim 5\%$, 与邻层值相近, 而德莱赛 3600 测密度值 $1.65g/cm^3$, 相当于孔隙度 60.6% , 显然不对。这是由于极板推靠井壁不好, 受泥浆影响太大造成的。

从上述资料看, 斯伦贝谢公司由于其仪器指标先进, 刻度严格, 因此所取资料质量比德莱赛 3600 准确可靠。

在整个服务期间, 我们也发现斯伦贝谢公司在测井质量上存在如下一些问题。

(1) 自然伽马能谱测井中铀值曲线常出现零值或负值, 有时曲线形态重复不好。如金 69 井 2094m 处铀值重复曲线形态不同, 重复曲线铀值为 4.2×10^{-6} , 而原始曲线仅为 0.5×10^{-6} 。二者相差高达 3.7×10^{-6} 。

(2) 同深 2 井现场快速直观解释 (CYBERLOOK) 成果图因 R_o 与 R_t 两条曲线深度差 0.6m, 使 3249m、3252m、3271m、3276m 等多处出现假含油气层段。

(3) 杏 2-丁 4-144 井 EPT 曲线在 1170m 以上井段重复形态不一致。

(4) 斯伦贝谢自然电位曲线经常出现交流干扰, 有时测不成, 给大庆油田资料评价造成困难。

(5) 对西部地区含钙质层及含钙砂岩地层 CYBERLOOK 处理设有一套成熟方法。

三、斯伦贝谢测井资料的地质评价

1. 自然伽马能谱测井的应用

自然伽马能谱测井是近期发展起来的一种新方法, 它可以测量出地层中钍 (Th)、铀 (U)、钾 (K) 三种放射性元素的含量, 进而为泥质含量及泥质成分的研究提供重要手段。为了解斯伦贝谢自然伽马能谱测井资料的可靠性, 我们选用四深 1、二深 1 两口井的 19 块样品, 将自然伽马能谱实验室测量的钍、铀、钾含量及总计数率 N 作基础, 与测井曲线相应深度上钍、钾、铀及总自然伽马强度 SGR 读值相比较, 其平均相对误差分别为

● 1ft = 0.3048m, 下同。

Th11.5%，SGR12.6%，吻合最佳；K20.5%，次之；U36%，最差。这是因为大庆各区地层中，在一般情况下，铀含量较低，故放射性统计涨落误差大。这个结论与现场测井中铀值曲线常出现零值或负值，重复性差等情况是一致的。由此可见为测准大庆地区铀值曲线，斯伦贝谢自然伽马能谱测井仪的精度尚需进一步提高。

1) 泥质含量的确定

大庆油田是白垩纪陆相沉积的一套砂泥岩地层，砂岩储集层以粗粉砂和细粉砂为主，有10%~20%砂岩富含与泥质无关的自然放射性铀，铀含量一般在 $12 \times 10^{-6} \sim 40 \times 10^{-6}$ 之间。从实验室岩矿分析资料看，砂岩组分为：石英约占30%~40%；长石（以正长石为主）约占37%~45%；岩屑（以酸性喷发岩为主）约占20%~35%；胶结物（以粘土矿物为主）约占5%~15%；碳酸盐（如方解石、菱铁矿等）约占1%~2%，属岩屑质长石砂岩及混杂砂岩，正长石含量较高。根据大庆油田这一具体地质条件，从理论上分析，用Th值作泥质指示最好。

选用南3-1-检28井，有自然伽马能谱测井资料，粒度分析资料，满足取层条件的31个砂层，做出Th值与泥质含量 V_{sh} 的关系，如图1所示，其回归方程为

$$V_{sh} = 0.12 + 0.14Th^2 \quad (1)$$

由(1)式计算图板相关系数为0.769。因本井所选31层砂岩的铀值都近于或等于零，故总自然伽马强度、无铀自然伽马强度与泥质含量的关系是一样的，相关系数均为0.669。实际资料证实，大庆地区用Th值作泥质指示比其他方法好。

2) 泥质类型定性分析探讨

从南3-1-检28井73块岩样X衍射分析结果看，该井段泥质类型有高岭土、蒙脱土和伊利石三种。从理论上分析，用 $(Th/K) - U_{ma}$ 交会图确定泥质类型最好。本井泥浆密度为 $1.83g/cm^3$ 。由于重晶石影响，取不到合格的光电吸收截面指数 P_e 值，所以只能选用 $(Th/K) - \rho_b$ 交会图，其中 ρ_b 是经井眼校正的密度值。根据73个点的资料我们选定 $Th/K = 14$ ， $\rho_b = 2.32g/cm^3$ ，为高岭土矿物点； $Th/K = 3.5$ ， $\rho_b = 2.03g/cm^3$ 为蒙脱土矿物点； $Th/K = 2.5$ ， $\rho_b = 2.44g/cm^3$ ，为伊利石矿物点，做出如图2所示交会图。根据三矿物模型原理，由 Th/K 、 ρ_b 值求得高岭土、蒙脱土、伊利石的百分含量。

将73个点用交会图确定的三种粘土矿物百分含量与X衍射结果相比，高岭土含量解释效果最好，相差在 $\pm 5\%$ 以内的有50个点，占68.5%。在 $\pm 10\%$ 以内有65个点，占89.1%，可以基本满足用户要求。但确定蒙脱土、伊利石含量误差较大，其原因是高岭土含量主要受纵坐标 Th/K 影响，而其他两种矿物主要受横坐标 ρ_b 影响，本井条件所限横坐标 ρ_b 选得不合适，使蒙脱土、伊利石含量确定不准。若选 $U_{ma} = P_e \times \rho_{ma}$ 作横坐标，精度可以有所提高。

3) 太康、古龙地区泥质分布规律的探讨

前人利用X衍射实验分析资料对太康—古龙地区粘土矿物分布规律进行了研究，得出

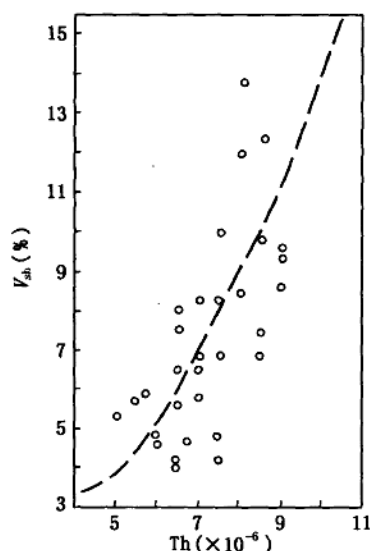


图1 自然伽马能谱测井铀值Th与泥质含量 V_{sh} 关系

如下结论。

- (1) 本区砂泥岩的粘土矿物以伊利石为主，随埋藏深度加深，伊利石含量增加。
- (2) 在相同埋藏深度下，不同地区泥岩或砂岩的粘土矿物组合特征基本相同。
- (3) 同一粘土矿物，在不同地区消失深度大致相同。如高岭土在 1600~1900m 消失。

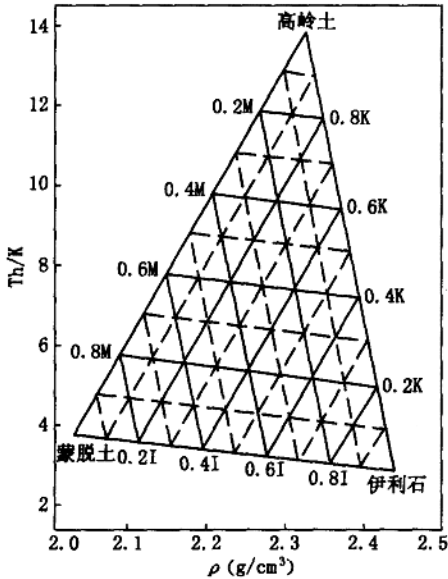


图2 钍/钾 (Th/K) 与密度 ρ 交会图

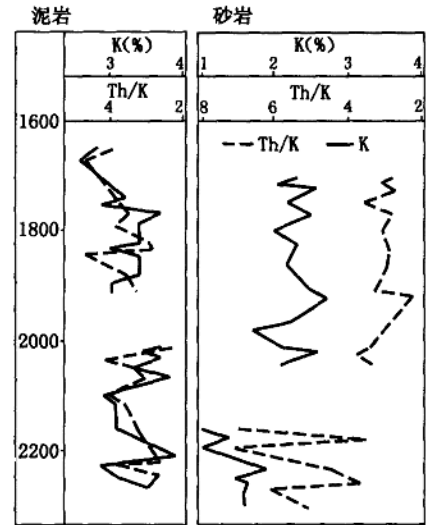


图3 古704井 Th/K 和 K 值随井深变化曲线

这就为我们利用自然伽马能谱测井资料研究泥质分布规律提供了重要依据。我们将古龙地区古38、古45、古704三口井的1300~2300m井段分别按砂岩、泥岩做出 Th/K、K 随深度变化曲线，其规律完全一致。图3所示为古704井实例。从图3可得出如下结论。

(1) 在泥岩地层中 K、Th/K 两条曲线基本重合，且随埋藏深度加深，K 从 2.6% 增加到 3.6%，Th/K 由 4.6 下降到 2.6。因伊利石 K 含量高，为 3.51%~8.3%，所以 Th/K 值低，为 2~3.5。这说明在本区泥岩中粘土矿物以伊利石为主，且随深度加深伊利石含量增加。

(2) 砂岩中 K、Th/K 两条曲线不重合，当深度超过 1900m 时，K 值明显减小，Th/K 明显升高，这可能由于高岭土、绿泥石两种粘土矿物含量增加引起。但由资料分析知，高岭土在 1500m 已消失，所以这是因绿泥石含量增高引起。

(3) 在相同深度上比较，砂岩 K 的含量明显低于泥岩，这是因为在 1900m 以上砂岩中高岭土含量比泥岩高，在 1900m 以下绿泥石含量增高所引起。

以上几点用自然伽马能谱分析的结果与实验室 X 衍射所得粘土矿物的演变规律是一致的。所以在大庆用 Th/K、K 资料研究粘土矿物演变规律是可行的。

2. 电磁波传播测井的应用

电磁波传播测井 EPT 是向地层发射 1.1GHz 高频电磁波，记录电磁波在地层中传播的时间 T_{PI} 及幅度衰减 EATT。在 20000×10^{-6} 以下，这些参数与地层水矿化度无关且分辨能力强，所以对淡水地层、未知地层水矿化度及地层水矿化度变化大地区的油、气、水层判断，划分薄层、扣夹层具有独特的用途。