

The Application of New Logging Technology for Shale Oil in Wangchang Oilfield of Qianjiang Sag

Jingyou Xu, Duanyi Hu, Hua Ouyang

Logging Company of Sinopec Jiangnan Petroleum Engineering Co. Ltd., Qianjiang Hubei
Email: 214612340@qq.com

Received: Mar. 10th, 2017; accepted: Jul. 10th, 2017; published: Aug. 15th, 2017

Abstract

Logging in shale oil reservoir was still at the exploration and experimental stage, and complete logging series of interpretation and evaluation was not yet formed. In order to meet the requirements of shale oil logging in Well Wang 99 (shale oil exploration and development test well) in Wangchang Oilfield of Qianjiang Sag, based on the shale gas logging technology, the integrated logging services were provided for customers, such as conventional geology, comprehensive logging, logging with new methods (geochemical, three-dimensional quantitative fluorescence, nuclear magnetic resonance, XRF or XRD), rock-mineral identification and logging data remote transmission, and good effect was obtained. Based on the understanding of shale oil logging in Well-Wang 99, the idea of using the Internet technology to realize remote identification of logging cuttings and cores, establishing the database of shale oil logging interpretation, and integration of logging data are proposed.

Keywords

Qianjiang Sag, Wangchang Oilfield, Shale Oil, Logging, Well Wang 99, New Technology

潜江凹陷王场油田页岩油录井新技术应用

徐敬友, 胡端义, 欧阳华

中石化江汉石油工程有限公司测录井公司, 湖北 潜江

作者简介: 徐敬友(1968-), 男, 工程师, 现主要从事录井技术管理工作。

Email: 214612340@qq.com

收稿日期: 2017年3月10日; 录用日期: 2017年7月10日; 发布日期: 2017年8月15日

摘要

在页岩油录井方面目前仍处于探索、试验阶段, 还没有形成配套的录井系列及解释评价方法。为满足潜江凹陷王场油田页岩油勘探开发试验井王99井录井要求, 借鉴页岩气录井技术, 提出选择常规地质、综合录井、新方法录井(地球化学、三维定量荧光、核磁共振、XRF或XRD)、岩石岩矿鉴定及录井数据远传等录井项目为顾客提供一体化技术服务, 效果良好。在王99井页岩油录井实践认识的基础上, 提出了利用互联网技术实现录井岩屑及岩心远程识别, 建立页岩油录井解释数据库、录井数据一体化等构想。

关键词

潜江凹陷, 王场油田, 页岩油, 录井, 王99井

Copyright © 2017 by authors, Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

泥页岩油指存储地泥页岩中和其夹层(碳酸盐岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、砂质泥岩)中的油[1], 是油气生成之后在源岩内聚集的结果, 表现为典型的原地成藏模式[2]。潜江凹陷是江汉盆地潜江组沉积时期的沉积中心, 封闭的古地理条件、干旱与潮湿交替的古气候、周缘古盐类矿床的再溶解和持续下陷的构造环境, 形成了分布面积广、纵向层数多、呈韵律性分布的盐间地层。潜江组盐间非砂岩油藏储层, 既是烃源层, 又是储集层, 目前王场油田页岩油“甜点”区主要分布在潜江组三段潜 3⁴9、潜 3⁴10 韵律及潜江组四段下亚段韵律层。

2. 录井系列的选择

目前, 在页岩油录井方面还没有形成配套的录井系列及解释评价方法。页岩油原地成藏模式决定其储量受生烃量控制, 根据已往页岩油气勘探经验, 页岩油气的评价主要从页岩埋深、页岩厚度、有机质丰度、有机质成熟度、微细裂缝发育、页岩岩相、页岩物性、页岩矿物成份等 8 个方面进行综合评价。

页岩油因其源储一体的特点, 加之 PDC+螺杆钻、旋转导向等快速钻井技术的影响, 导致岩屑破碎严重, 影响页岩的定名, 因钻井液含油, 影响页岩含油性及其气测显示的判断。因此, 页岩储层录井识别存在主要问题: 一是岩性识别及页岩储层的划分; 二是含油气性综合评价。

借鉴页岩气录井实践,认为页岩油录井项目的选取应遵循:有效识别岩性,满足地层对比的要求;直接检测地层流体含量;满足钻井工程、钻井液、地层压力监测需要,提供优化钻井辅助服务;及时分析储层孔隙度、渗透率、饱和度等参数,划分评价储层;有利于单井地质评价工作及后续分级压裂改造等原则。而常规地质、气测结合地球化学、三维定量荧光、核磁共振、岩屑伽马扫描、XRF\XRD等录井新技术可以满足页岩油勘探的要求。因此,在王99井选择常规地质、综合录井、地化、三维定量荧光、核磁共振、岩矿鉴定、录井数据远程传输等录井项目为业主提供技术服务。

2.1. 常规地质录井

常规地质录井可获得岩屑、岩心、钻井液、槽面显示等资料,建立地层剖面,判断岩石含油性,岩心及岩石等岩矿鉴定资料可在宏观及微观上识别裂缝。通过X射线荧光仪、X射线衍射仪、岩屑自然伽马仪等实验室设备现场化应用,解决PDC钻头岩性判识难题,提高岩性识别准确性,解决页岩岩性的识别。

2.2. 综合录井

综合录井是集实时录井、监测、处理、传输、评价服务及决策一体化的录井技术。通过气测、工程录井、钻井液录井、监测,对工程事故监测预报、钻井地质导向、油气智能解释评价提供技术支持。

1) 气测录井。是目前唯一在井口测量地层油气含量的技术,其检测对象为钻井液携带的油气,地层流体进入钻井液后气测录井响应特征只与储集层类型、地层含烃量、流体性质、地层压力有关,而与储集层岩性无关[3]。因此,气测录井资料可以快速评价页岩的含油气性。

2) 工程和钻井液录井。在钻进过程中,综合录井实时采集诸如钻时、钻压、悬重、立管压力、转盘扭矩、转速、钻井液性能等大量参数,并计算出地层压力系数、泥浆水力学参数等。利用计算机系统进行现场实时屏幕显示、曲线记录,根据作业公司的施工设计,指导和监督井队按设计施工。如发现异常变化要及时判断,分析原因,提供工程事故预报,以便施工单位超前及时采取相应措施,减少井下事故的发生,达到节约成本、提高钻井效益的目的。

3) 地层压力监测。施工过程中进行实时的地层压力监测,根据地层压力变化情况,及时调整钻井液性能,使井筒液柱压力与地层孔隙压力保持动态平衡,达到降低安全风险、实现安全钻井的目的。

2.3. 地球化学录井

由于泥页岩烃源岩既是生烃层又是储集层,生烃物质类型就是储集的烃物质类型,利用地球化学录井可获得 S_0 (原始生烃量)、 S_1 (可溶烃量)、 S_2 (热解烃潜量)、 S_4 (有机质热解产生的 CO_2 量)、 T_{max} (最高热解峰温)等岩石热解参数,对页岩储层有机质类型进行评价,根据总有机碳质量分数($w(TOC)$)、有效碳、生烃潜量、 T_{max} 建立标准图板判断生烃类型,评价页岩储层及流体性质。

2.4. 三维定量荧光

定量荧光仪最大的特点是对油气检测的灵敏度高,能在现场快速发现并初步定量评价储层性质,与其他录井方法相结合,可大大提高油气层的发现率和判识的准确率。

1) 评价样品的含油丰度。定量荧光测量的样品荧光强度,通过校正处理,可有效消除环境影响,建立区域荧光录井标准剖面图,结合相关资料可在现场对油气水层进行初步评价,为试油层段提供依据。

2) 确定储层的原油性质。不同原油所含分子成份结构不同,所吸收光的波长和发射的荧光波长也不同。利用原油族组分中以芳香烃为主的组分在紫外光下能发射荧光的特点,根据荧光主峰波长的差异(二维)、最佳激发接收波长(三维)和油性指数可判断原油性质(表1)。

Table 1. The criterion for 3D fluorescence identification**表 1.** 三维荧光判别标准

原油性质	密度/(g·cm ⁻³)	最佳激发波长/nm	最佳发射波长/nm	油性指数/1
轻质油	<0.86	310~330	360~380	<1.6
中质油	0.86~0.93	320~340	370~390	1.6~2.1
重质油	0.93~1.00	330~350	380~400	2.1~2.6
稠油	>1.00	350~370	390~420	>2.6

3) 识别真假油气显示。录井施工过程中因钻井需要而添加一些钻井液添加剂,影响了油气显示的识别。识别真假油气显示成为荧光录井的重要工作之一。江汉工区录井实践表明,三维定量荧光法可以完全区分泥浆添加剂及其混油的影响,保证油气显示的真实性。

2.5. 核磁共振录井

通过快速测量页岩岩心样品物性参数,评价页岩储层的页岩总孔隙度、有效孔隙度、渗透率、可动流体饱和度、含油饱和度。

可动水饱和度参数可用于解释油水层,判断储层流体性质及水淹程度;束缚水饱和度参数可用于评价有效储层或非有效储层,也可用于油层含油饱和度估算,其水相的可流动性利用核磁共振横相弛豫时间(τ_2)谱求得。弛豫时间的大小隐含着孔隙大小、固体表面性质、流体性质等信息,分析 τ_2 谱的特征,可以了解大量岩石孔隙结构信息。

2.6. 元素录井

XRF 及 XRD 录井评价页岩储层的页岩脆性矿物、黏土矿物含量。

3. 录井数据存储及应用

录井数据最大的特点就是数据多样,通过建立录井数据中心,对录井数据进行管理和应用。管理中心分为井场数据中心和基地数据中心[4],基地数据通过服务器实现数据存储,基地数据中心具备 2 个职能,一是数据的存储,二是数据的应用。由万维网中的多台计算机和数据库管理系统软件共同构成数据远传系统 1.0,数据库服务器为录井现场应用程序提供数据服务。

3.1. 数据存储

通过数据平台实现井场数据的一体化。数据平台分为:井场数据采集存储、数据传输和远程综合应用。井场数据包括综合录井(工程录井、钻井液录井、气测录井、地压监测)、岩性、新方法、地质导向等。数据按采集方式分为实时数据和手工录入数据 2 部分,实时数据由综合录井仪实现,手工录入数据主要为地质岩性资料等,依托数据远传系统 1.0,实现录井数据、MWD/LWD 数据的采集和实时传输,与现场视频监控系统相结合,对于危险工区、危险地层等及时进行风险提示,提高了远程作业指挥能力,降低了安全风险。

3.2. 数据的应用

1) 远程监控。2.0 远传客户端可以有效对接 DLS、ALS、CMS、Wellstar、Explorer 等多类型录井设备。通过无线远程录井系统,实现录井远程监控,使生产管理部门及顾客及时查看井场最新的生产信息,包括数据列表、文本描述、工程参数、图形曲线等多种数据。

2) 录井资料处理。现场数据的实时传输,通过万维网将现场数据传输到 Sqlserver 数据库中;完井数据通过资料整理客户端程序,上传到 Oracle 数据库中利用资料自动化处理程序可对 Access 数据库进行管理[5],录井文档的处理通过“JHL-8000 江汉石油工程录井资料处理与验收系统”在 Sqlserve 数据库中获得所需文档的数据,并通过 office 办公软件完成所需文档的数据录入。录井资料处理与验收系统实现了录井完井资料无纸化验收,降低了资料运行时间及成本(图 1)。

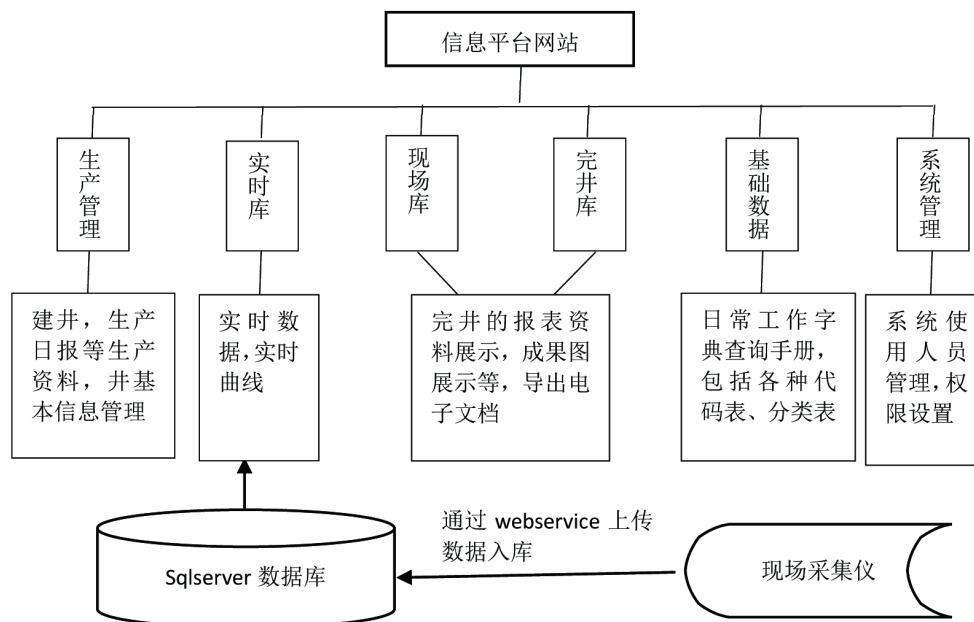


Figure 1. The structure of logging data process system
图 1. 录井资料整理系统架构图

4. 应用及思考

4.1. 应用实例

王 99 井位于王场背斜北断块轴部,主要的钻探目的是探明王场背斜北断块潜 4 下段盐间白云质泥、页岩的含油性;评价和落实王场地区潜江组二段、潜江组三段及潜江组四段上亚段盐间页岩油储量,发现潜江组四段下亚段盐间新的含油层。

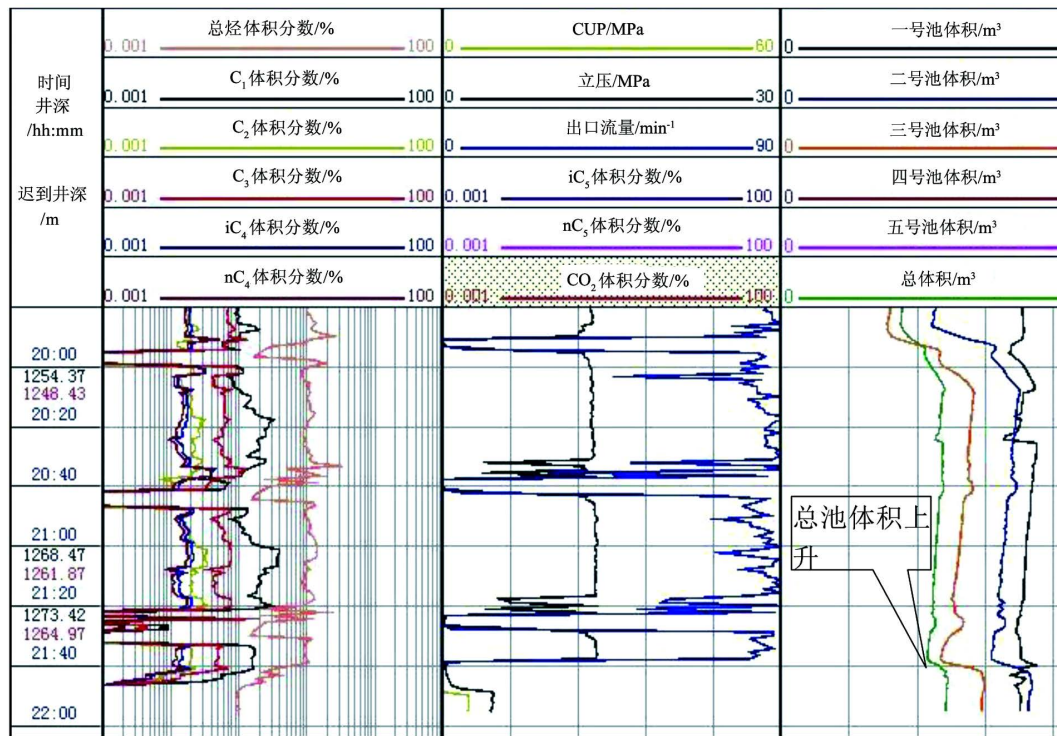
1) 异常预报。该井于 2017 年 1 月 18 日 21:37 钻至井深 1275.85 m,总池体积由 107.97 m³ 上升到 109.10 m³, 上升 1.13 m³, 立即通知司钻; 21:40 关井成功, 池体积上升至 111.60 m³。由于预报及时, 井队处置及时, 消除了安全隐患(图 2)。

2) 储层流体性质判断。潜 3⁴10 韵律层, 井段 1672.0~1681.78 m, 岩性为灰褐色油浸泥岩, 气测全烃体积分数由 2.41% 上升至 23.38%, 甲烷体积分数由 0.13% 上升至 1.36%, 新方法解释见表 2。

该井钻进过程中在潜江组二段发生油浸, 全烃基值最大 100%, 钻井至潜三段后, 气测基值仍在 20% 左右, 甲烷基值降至 0, 说明甲烷(轻烃)不受钻井液油浸的影响。因此, 在钻井液油浸时, 利用这一特点可判断地层显示(见图 3)。

三维定量荧光资料显示, 该层最佳激发波长(E_x)在 360 nm, 最佳发射波长(E_m)在 370 nm, 说明油质偏重(图 4)。

核磁共振录井, 该层 τ_2 谱呈现双峰形态, 结合岩心资料, 说明该层裂缝较发育(图 4)。



注：C₁为甲烷；C₂为乙烷；C₃为丙烷；iC₄为异丁烷；nC₄为正丁烷；iC₅为异戊烷；nC₅为正戊烷。

Figure 2. The chart of overflow prewarning of Well Wang 99
图 2. 王 99 井溢流预报截图

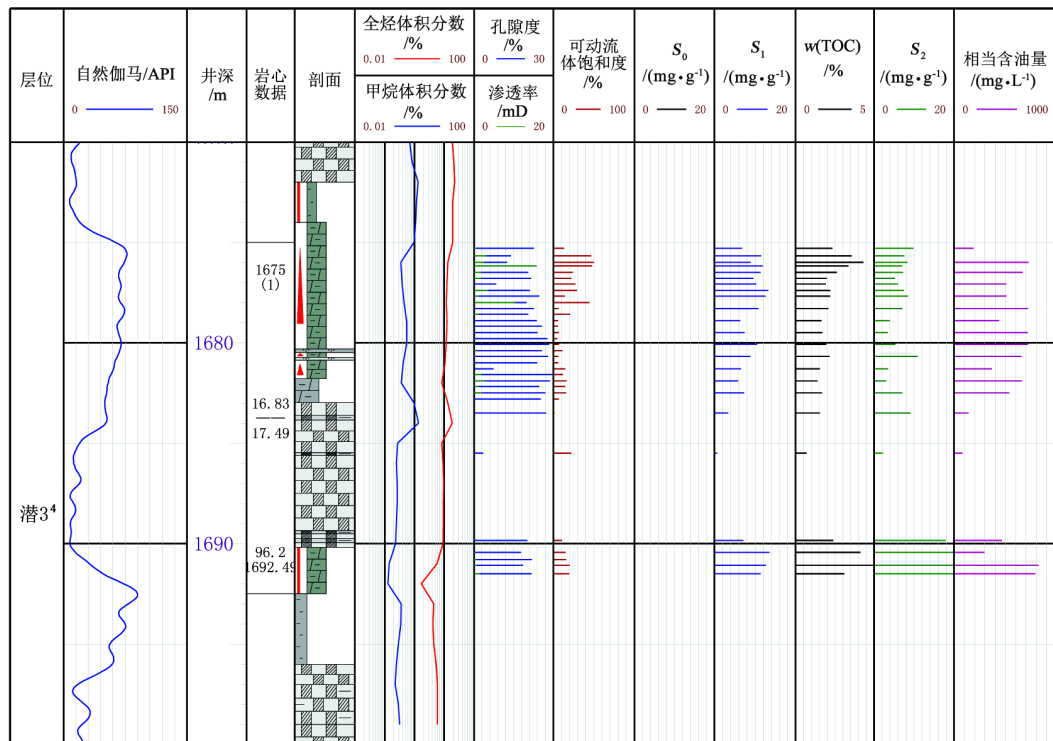


Figure 3. The integrated chart of 10 rhythmic logging in Qian 3⁴
图 3. 潜 3⁴ 10 韵律层录井综合图

Table 2. The interpreting result of new logging method
表 2. 录井新方法解释成果表

井段/m	孔隙度/%	渗透率/mD	可动流体饱和度/%	$S_0/$ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	$S_1/$ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	$S_2/$ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	$S_4/$ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(TOC) /%	相当含油量/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	对比级别	解释结果
1672.0~1678.3	19.65	4.51	30.33	0.92	11.29	7.66	15.12	2.90	523.62	10.80	页岩油层
1678.3~1681.78	24.02	0.84	21.29	0.00	7.98	5.45	8.32	1.80	439.96	10.50	差页岩油层

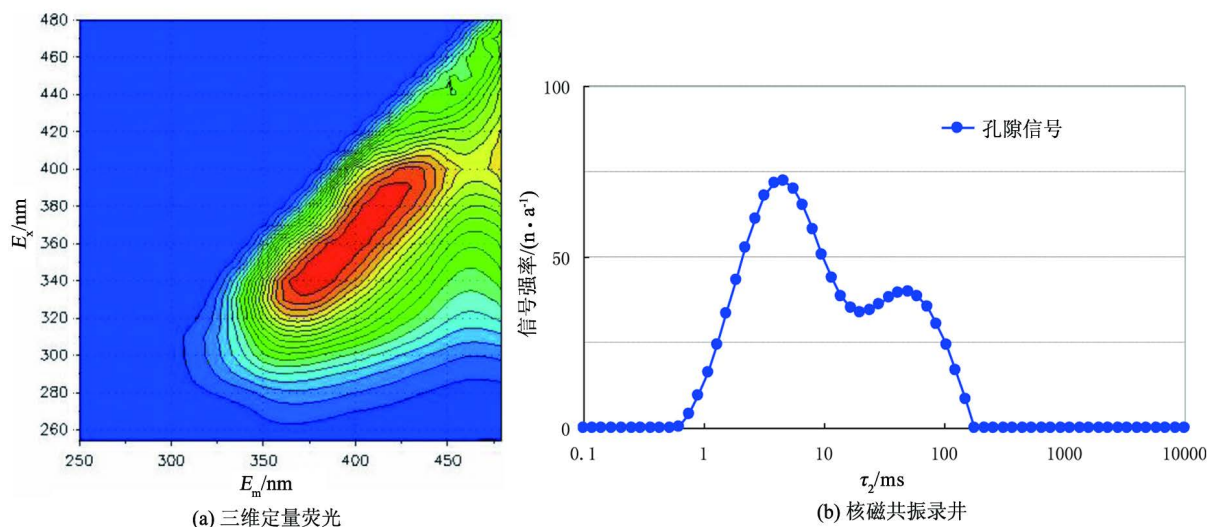


Figure 4. The diagram of 10 rhythm 3D quantitative fluorescence and NMR loggings in Qian 3⁴
图 4. 潜 3⁴10 韵律层三维定量荧光与核磁共振检测图

3) 脆性矿物含量。王 99 井岩心录井表明, 潜江组页岩中的脆性矿物主要为石英、长石和碳酸盐(方解石和白云石), 潜江组三段与四段脆性矿物的含量差异性较大。潜三江组段潜 3⁴油组脆性矿物含量最高, 体积分数平均为 66.03%, 潜四江组段脆性矿物体积分数平均为 64.4% (主要为碳酸盐矿物)。

4.2. 发展思考

围绕涪陵工区页岩气勘探开发, 江汉录井历经探索、试验、成熟 3 个阶段的发展, 形成了较完善的页岩气录井技术。而在页岩油录井解释评价方面, 目前仍处在探索阶段。在王 99 井, 根据潜江组页岩特点, 选取的录井系列运用效果较好, 为页岩油的录井评价提供了数据支持。但在地质研究、录井数据一体化管理及应用方面还有待改变。

4.2.1. 创建无线远程录井系统

通过无线远程录井系统, 远程观察现场岩屑、岩心图像, 对岩屑、岩心图像进行分析、描述、定名, 加强地区井旁构造分析, 结合远程录井系统, 实现快速决策, 达到降本增效的目的。作为远程录井的一部分, 岩心图像扫描技术表现突出。

岩心图像扫描技术通过数字成像技术再现岩心表征, 通过平动扫描、360°滚动扫描、荧光扫描图像, 地质技术人员只需在网上就可完成对特殊地质构造、层理结构、粒度以及含油性的直观观察分析(图 5)。

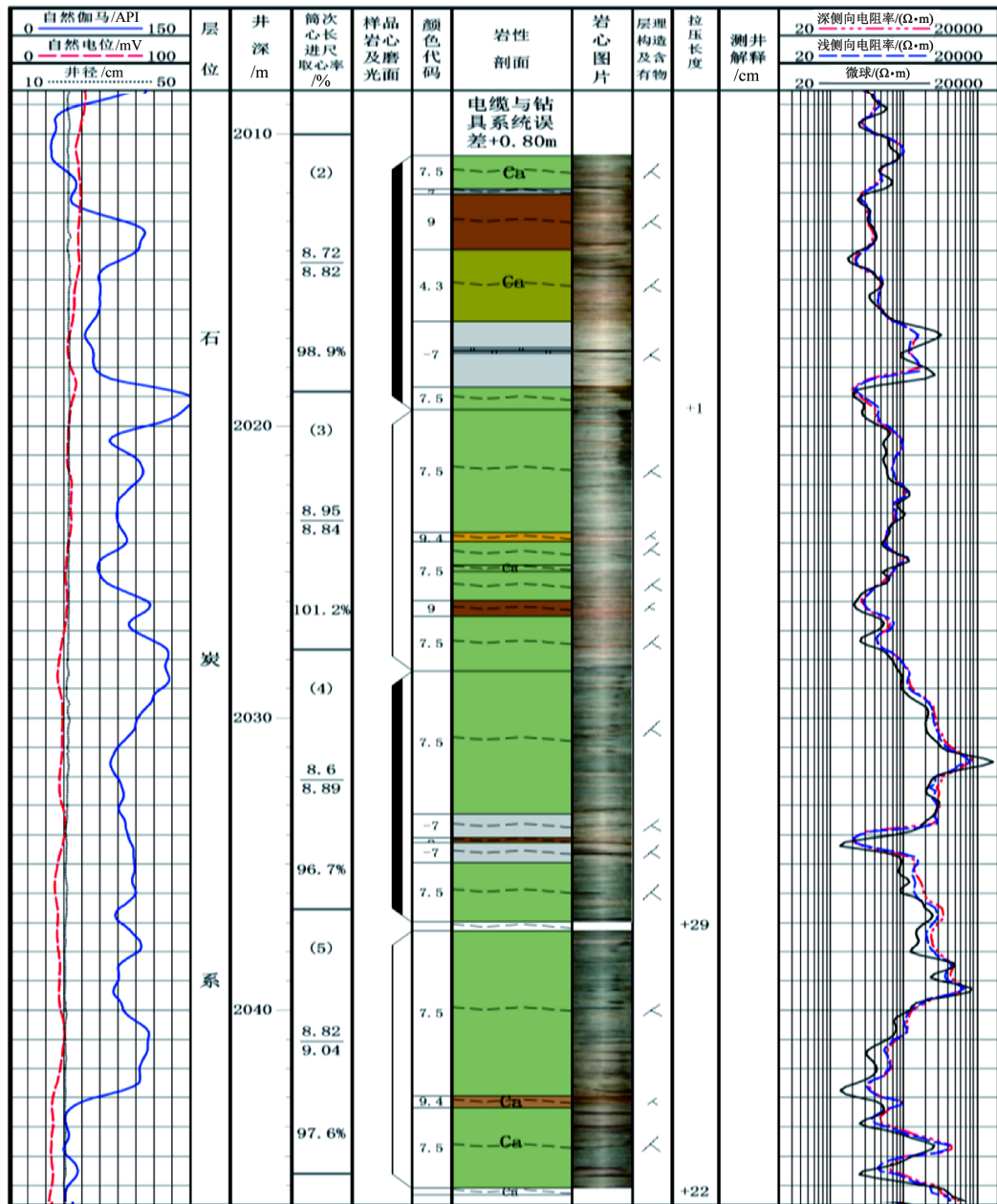


Figure 5. The result of core image scanning logging
 图 5. 岩心图像扫描录井成果图

岩心图像扫描技术成功地解决了岩心保管问题，避免了岩心长期自然存放造成的氧化及风化[6]，使岩心的观察描述实现了数字化、网络化，由于是在录井现场使用，为快速决策提供了资料支持。江汉录井先后为中国华电集团、中国地质调查局提供技术服务，快捷的服务受到顾客好评。

4.2.2. 建立页岩油录井解释数据库

对气测、岩屑、地化、定量荧光等录井数据进行校正处理，与地层孔渗参数相结合，进行相关性分析，结合试油数据，对页岩“甜点”层进行交会图分析与评价，实现对页岩储集层的定量评价，在此基础上建立页岩油录井解释数据库。

4.2.3. 录井数据一体化

目前,录井现场数据较为单一,仅为录井实时采集的数据,钻井、录井信息未能有机结合,而工程服务专业融合是大势所趋,录井在发挥专业优势的同时,可为相关合作方提供衍生服务,拓展业务范围。录井数据应该不仅仅局限于录井,还应包括钻井参数仪、井口试压仪等实时数据[7]。

5. 结论

1) 在王 99 井,根据潜江组页岩特点,选取的录井系列运用效果较好,为建立页岩油录井评价模型及未来页岩油的开发提供数据支持,实践证明录井技术系列应根据不同的需要灵活配置,以满足不同钻井条件、地质条件和技术接受者的特殊要求。

2) JHL-8000 江汉石油工程录井资料处理与验收系统,实现了录井完井资料无纸化验收,降低了资料运行时间及成本,实践也证明通过录井数据中心对录井数据进行管理和应用是降本增效的有效手段之一。

3) 利用互联网技术及无线远程录井系统,可通过对岩屑、岩心图像进行分析、描述、定名,实现快速决策,能够达到降本增效的目的。

4) 工程服务专业融合是大势所趋,录井数据一体化能够使录井专业在发挥更大优势的同时,可为相关合作方提供衍生产品和增值服务,保障钻录测行业生存与促进其健康发展。

基金项目

国家重大科技专项(2016ZX05038-006); 中国石油化工集团公司油田先导项目(YTXD-1508)。

参考文献 (References)

- [1] 蒋裕强,董大忠,漆麟,等. 页岩气储层的基本特征及其评价[J]. 地质勘探, 2010, 30(10): 6-12.
- [2] 石文睿. 焦石坝区块页岩气储层含气性测井评价方法研究[D]: [硕士学位论文]. 荆州: 长江大学, 2016.
- [3] 黄艳琼,李美群,刘志刚,等. 东濮凹陷泥页岩油气层录井评价方法[J]. 录井工程, 2015, 26(2): 1-6.
- [4] 严永慧. 基于互联网技术的录井完井资料处理与验收[J]. 江汉石油职工大学学报, 2017, 30(1): 51-54.
- [5] 方锡贤,姚芳虎,张淑琴,等. 非常规油气储集层录井技术应用与发展思考[J]. 录井工程, 2013, 24(2): 22-26.
- [6] 郭怀玉,王新,张欣欣,等. 开拓工程技术一体化数据服务探索录井服务新领域[C]. 第三届中国石油工业录井技术交流会论文集. 东营: 中国石油大学出版社, 2015.
- [7] 彭澜,马玉忠. 岩心数字化网络发布系统的实现与应用[J]. 录井工程, 2013, 24(2): 62-66.

[编辑] 邓磊

Hans 汉斯

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: jogt@hanspub.org