

文章编号: 0253-2697(2015)08-0966-10 DOI:10.7623/syxb201508007

塔里木盆地东河 1 油藏滨岸砂岩隔夹层识别及空间展布

王梓媛¹ 潘 懋¹ 师永民¹ 董 越²

(1. 北京大学地球与空间科学学院 北京大学石油天然气研究中心 北京 100871; 2. 中国石油大学地球科学学院 北京 102249)

摘要:塔里木盆地东河 1 油藏石炭系 CⅢ 油组为滨岸厚层块状非均质胶结砂体,普通测井技术和编制测井曲线关系图件的研究方法无法识别该地区的隐蔽隔夹层。针对重点研究层段 CⅢ 1 油组,在对测井曲线归一化的基础上开展无量纲标准化处理,识别并评价了隔夹层的发育程度。利用多条测井曲线交叠进行单井隔夹层的识别,识别符合率达 80% 以上;进而在此基础上通过井间插值恢复隔夹层展布形态,对隔夹层平面和纵向上的展布规律进行了研究,研究结果表明:纵向上,CⅢ 1-1 油组、CⅢ 1-2 油组隔夹层相对不发育,CⅢ 1-3 油组隔夹层较为发育;平面上,隔夹层主要位于背斜构造翼部,中部相对不发育。该研究成果可以为东河 1 油藏顶部重力驱开发提供一定理论支持。

关键词:塔里木盆地;东河 1 油藏;隔夹层;测井识别;展布规律

中图分类号:TE34 **文献标识码:**A

Interlayer identification and spatial distribution in onshore sandstone, Donghe 1 reservoir, Tarim Basin

Wang Ziyuan¹ Pan Mao¹ Shi Yongmin¹ Dong Yue²

(1. School of Earth and Space Science, Peking University; Institute of Oil & Gas, Peking University, Beijing 100871, China;

2. Institute of Earth Science, China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: The Carboniferous CIII oil formation of Donghe 1 reservoir, Tarim Basin consists of onshore thick-massive heterogeneous cemented sand bodies, of which the concealed interlayer is unable to be identified using normal logging technology and logging curve relation map. Aiming at the target horizon CIII1 oil formation, non-dimensional standardization was carried out on a basis of logging curve normalization, so as to identify and evaluate the development degree of interlayer. Single-well interlayer was identified by intersection of multiple logging curves, and the identification coincidence rate was over 80%. On this basis, the distribution morphology of interlay was recovered by cross-well interpolation to study the planar and longitudinal distribution laws of interlayer. Research results indicated that in the vertical direction, CIII 1-1 and CIII 1-2 oil formations were less developed in the interlayer, where CIII 1-3 oil reservoir was relatively developed; on the horizontal level, the interlayer was mainly located in anticlinal wings, while less developed in the middle of anticline structure. These results can provide a certain theoretical support for gravity flooding development at the top of Donghe 1 reservoir.

Key words: Tarim Basin; Donghe 1 reservoir; interlayer; logging identification; distribution laws

引用:王梓媛,潘懋,师永民,董越.塔里木盆地东河 1 油藏滨岸砂岩隔夹层识别及空间展布[J].石油学报,2015,36(8):966-975.

Cite:Wang Ziyuan, Pan Mao, Shi Yongmin, Dong Yue. Interlayer identification and spatial distribution in onshore sandstone, Donghe 1 reservoir, Tarim Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2015, 36(8): 966-975.

巨厚砂岩油藏的最终采出程度不仅与自身的基础地质条件有关,而且还与采用的具体开发方案有关^[1,2]。塔里木盆地东河 1 油藏石炭系储层虽然整体上属于一个压力系统的块状底水油藏^[3],但由于隔夹层发育且油层纵向非均质性强,明显体现出层状油藏的开发特征。油藏开发中后期,随着含水率上升,层间矛盾更加突出,油藏剩余储量主要集中于 CⅢ 1 油组,后期针对该层实施的注水开发效果明显低于方案设计要求,采油井产量低于预期,注水井的吸水能力差,增

压注水效果不明显,采油速度也低于预期目标^[4,5]。因此,东河 1 油藏需要进一步有效地识别隔夹层,分析其展布规律,从而为开发方案的调整提供一定技术支持。前人在东河 1 油藏隔夹层的识别上主要采用的是常规测井识别方法^[6-9],但由于测井曲线垂向分辨率较低问题,该方法在隔夹层类型、厚度识别上存在一定误差。在此基础之上,笔者通过优选测井曲线,并将测井曲线进行标准化及归一化处理,运用测井曲线交叠分析方法,对研究区的隔夹层进行了

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973)项目(2009CB219302)资助。

第一作者及通信作者:王梓媛,女,1990 年 7 月生,2013 年获中国石油大学(北京)地质工程专业学士学位,现为北京大学石油地质学专业博士研究生,主要从事开发地质学、碳酸盐岩沉积-成岩作用研究。Email:dichuang09@sina.com

识别,从而为东河 1 油藏注气开发方案的编制提供了一定的地质依据。

1 研究区概况

塔里木盆地北部石炭系东河砂岩油藏是巨厚滨海相油层,含油段厚度可达 101 m^[10-12],其储层岩性以石英砂岩为主,成分成熟度和结构成熟度均较高^[13]。其中,东河 1 油藏位于塔北隆起中段东河塘背斜构造带上,构造带的西北为地层不整合构造带^[14-16],东南为南倾斜坡带和哈拉哈塘次凹陷(图 1)。东河 1 油藏东河砂岩油层属广海型滨岸沉积的前滨和临滨微相沉积^[17,18]。

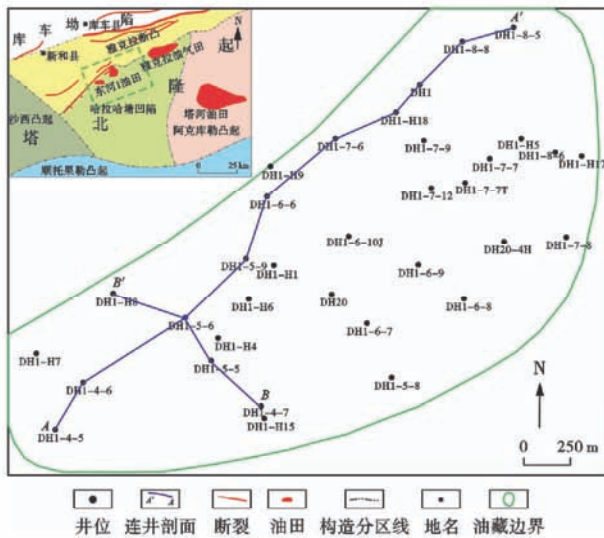


图 1 东河 1 油藏构造位置

Fig. 1 Structural location of Donghe 1 oilfield

2 测井曲线数据处理

2.1 测井资料误差分析

井眼环境对测井结果的影响较大,主要包括两方面^[19-21]:①井壁塌陷使测井仪器记录的信号主要反映泥浆而非地层的性质,如:在扩径处,密度测井值会明显变小,声波测井及中子视孔隙度值增大;②泥浆浸泡时间长,侵入深度增大以及泥浆矿化度与地层水矿化度差别过大,都会使测井方法求解地质参数的能力降低。

从研究区各井 C_{III} 1 油组的泥浆浸泡时间(表 1)可以看出,不同井目的层段泥浆浸泡时间差异大,泥浆比重也有一定的差异,造成不同井筒间泥饼厚度、侵入带及地层污染状况不同,导致测井结果出现误差。此外,研究区多处发育薄层状隔夹层(厚度在 0.2 m 以内),测井曲线隔夹层地质响应特征不明显,采用常规测井处理解释理论、技术及手段识别隔夹层误差较大。鉴于上述情况,原始测井曲线无法直接应用于隔夹层

表 1 钻遇 C_{III} 1 钻井泥浆浸泡时间及测井地质参数

Table 1 Mud soaking time and logging geological parameters in C_{III} 1 formation

井名	泥浆浸泡时间/h	泥浆比重/(g·cm ⁻³)	深度/m
DH1-6-9	456	1.25	5 715.21
DH1-H15J	48	1.25	5 815.13
DH1-H17J	96	1.24	5 758.99
DH1-H18	864	1.28	5 721.51
DH1-H4J	192	1.20	5 722.02
DH1-H5J	120	1.24	5 773.27
DH1 H6J	96	1.25	5 712.27
DH1-H7	144	1.25	5 786.81
DH1-H8J	96	1.25	5 768.42
DH1-H9J	192	1.26	5 755.38
DH20-4HJ	120	1.25	5 740.39

识别分析,因此应首先进行测井曲线标准化和归一化处理。

2.2 测井曲线标准化

笔者采用测井曲线标准化处理技术,可有效消除井间存在的系统偏差。

标准层是测井曲线标准化的地质基础,其选取条件应满足:沉积稳定、分布广泛,具有一定的厚度;岩性、电性特征明显,便于全区追踪对比^[22]。依据研究区具体情况,在 C_{III} 1 油组上方选择沉积厚度 5~10 m,井径曲线稳定的泥岩层段作为标准层,做出各标准层测井数据频率直方图,与关键井进行对比,并计算两者差值作为校正值得^[23-26],根据校正值得即可完成测井曲线标准化。标准化后的曲线既保留了单井地质响应特征,又消除了系统偏差,从而保证了利用校正曲线识别隔夹层结果的合理性和可靠性。

2.3 测井曲线归一化

由于原始测井曲线隔夹层地质响应特征不明显(图 2)。因此针对 GR(自然伽马)、SP(自然电位)、Rxo(冲洗带地层电阻率)、Rm(泥浆滤液电阻率)、Rt(地层真电阻率)及 AC(声波时差)测井曲线进行归一化处理。

$$X_1 = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (1)$$

式中: X_1 为归一化处理后的测井曲线值; X 为原始测井曲线值; X_{\max} 为处理井段测井最大值; X_{\min} 为处理井段测井最小值。

经归一化处理后的测井曲线值 X_1 被严格控制在 0~1,为无量纲的相对值。其可以一方面消除了新、老测井资料量纲不同的影响;另一方面使不同类型测井曲线值可以进行对比和运算,便于进行隐蔽隔夹层的对比和识别。

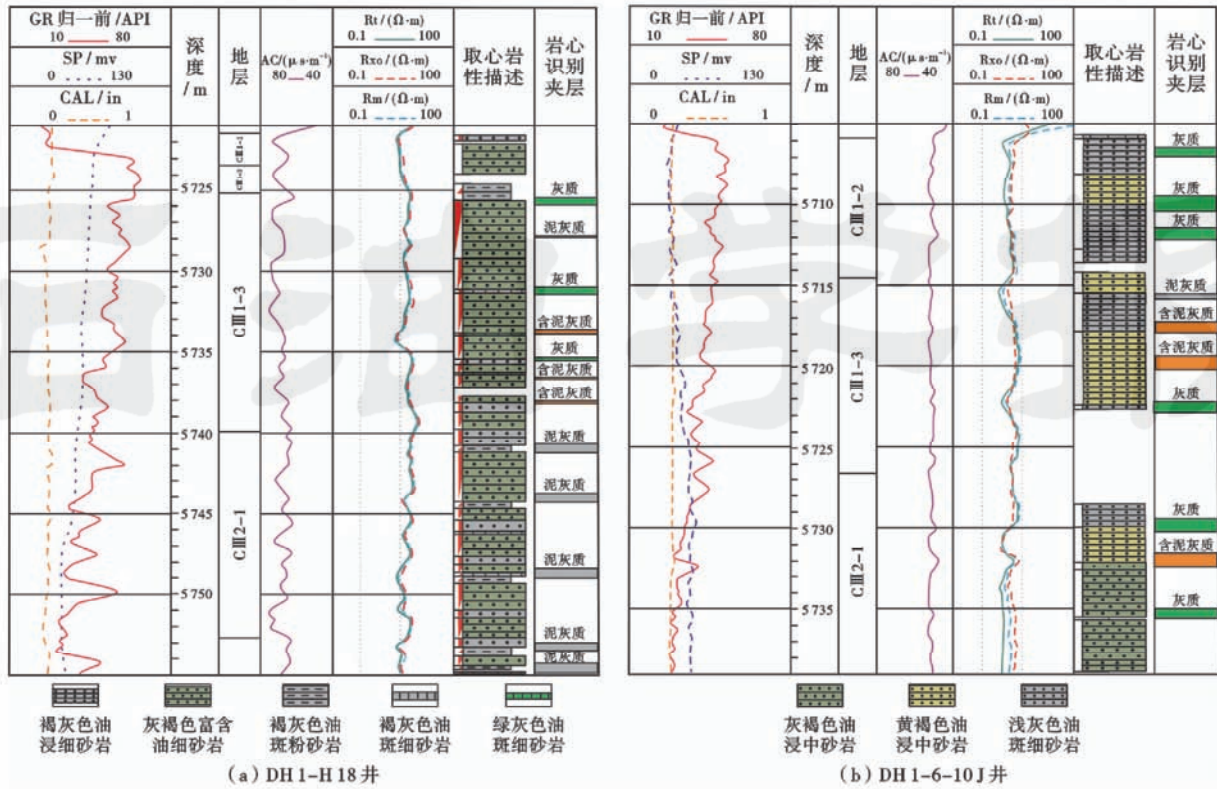


图2 原始测井曲线

Fig. 2 Original logging curves

图3 为对取心井测井资料进行归一化处理后的测井曲线综合柱状图。如图3所示,红色测井曲线为处理前的原始值,蓝色测井曲线为处理后的相对值。红色、蓝色

测井曲线之间的黄色幅度差直观地反映出了经过上述处理,单条曲线测井隔夹层响应被有效地放大。而且该方法还消除了量纲对不同类型测井曲线对比的影响。

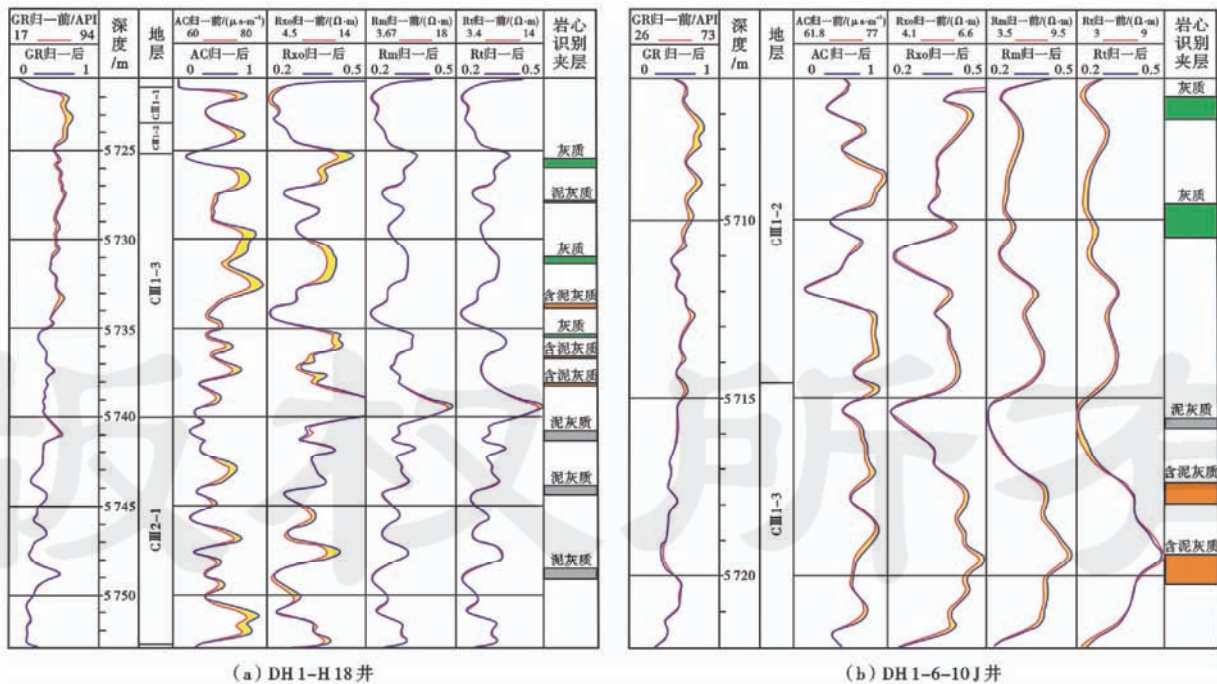


图3 标准化及归一化前、后的测井曲线

Fig. 3 Logging curves before and after formalization and normalization

3 无量纲多参数交叠法识别隔夹层

不同类型的隔夹层在各类测井曲线上均有特定的响应特征。对测井曲线进行标准化及归一化处理之后,消除了各类曲线的量纲,因而可以在统一尺度下比对不同类型测井曲线值的大小。在岩心资料标定的基础之上,选取不同类型隔夹层识别敏感曲线,总结各类曲线之间的交叠关系,并绘制隔夹层测井交叠识别模板,进而应用到取心井的非取心段及非取心井的隔夹层识别划分中。

3.1 敏感测井曲线选取

东河 1 油藏石炭系东河砂岩岩心识别隔夹层主要发育 3 种类型:灰质隔夹层、含泥灰质隔夹层和泥灰质隔夹层^[8]。由于各井常规测井曲线较全,笔者从声学特性、放射特性和电学特性对测井曲线划分隔夹层进行分析。一般情况下,AC 曲线对于灰质组分的响应较好,GR 曲线对于泥质组分的响应较好(图 4),因此需要选取一条电阻率测井曲线,分别与 AC 曲线和 GR 曲线进行交叠,进而进行隔夹层划分。

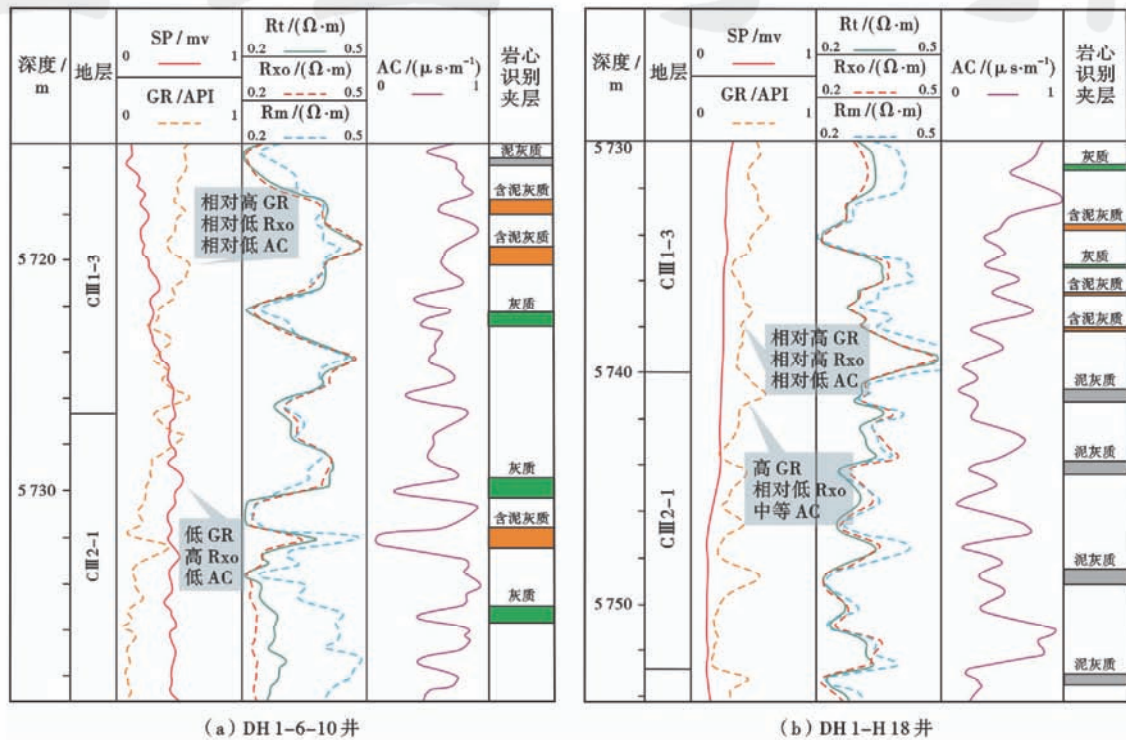


图 4 隔夹层测井地质响应分析

Fig. 4 Geological logging response of interlayer

该区电阻率测井曲线有 R_{xo} 、 R_m 和 R_t 。 R_{xo} 曲线与其他 2 条曲线相比,测量过程中的回路半径(电极距一半)最小^[27],在岩层界线处有明显变化,突出了岩石的渗透性与致密程度,因此相对于其他 2 条电阻率曲线, R_{xo} 曲线纵向分层能力强,适于划分薄层和岩性界面。

如图 5 所示,在测井曲线归一化的基础上,将 R_{xo} 、 R_t 、 R_m 曲线分别与 AC 曲线进行交叠,并利用岩心资料进行标定,从交叠结果可以看出, R_{xo} 曲线与 AC 曲线的交叠结果与取心井隔夹层具有很好的对应关系,尤其是对厚度较薄的隔夹层(0.2 m 以内)也具有很好的响应特征;而 R_t 曲线、 R_m 曲线与 AC 曲线交叠结果与岩心隔夹层响应不明显,特别是对厚度较

薄的隔夹层。因此,针对研究区隔夹层厚度小、渗透性差、不连续分布的特点,选用 R_{xo} 曲线既可以最大程度地保证隔夹层的纵向分辨率,同时又能保证其在幅度差上的准确性。

将岩心识别各类隔夹层对应的 R_{xo} 值分别与 AC 值和 GR 值在坐标系内投点(图 6),可见泥灰质隔夹层具有高 GR 值和低 R_{xo} 值的特性,灰质隔夹层具有低 AC 值和高 R_{xo} 值的特性,因此可以采用 GR 值和 R_{xo} 值交叠识别泥灰质隔夹层,AC 值和 R_{xo} 值交叠识别灰质隔夹层。由于含泥灰质隔夹层中本身泥质含量极少(大部分以泥质条纹和碎屑存在),与灰质隔夹层很难区分,因此在研究中拟与灰质隔夹层进行合并统一进行划分。

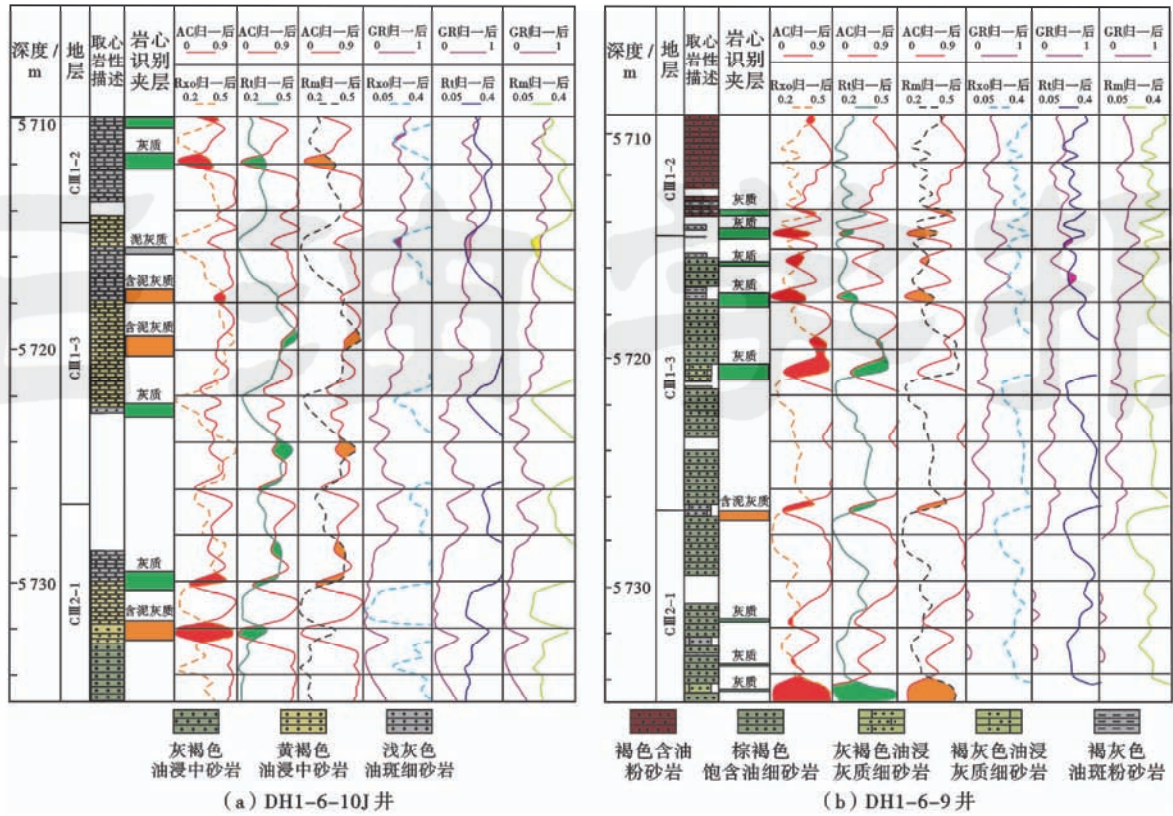


图5 测井电阻率-声波交叠识别对比

Fig. 5 Comparison for identification of intersection of resistivity and sonic logging

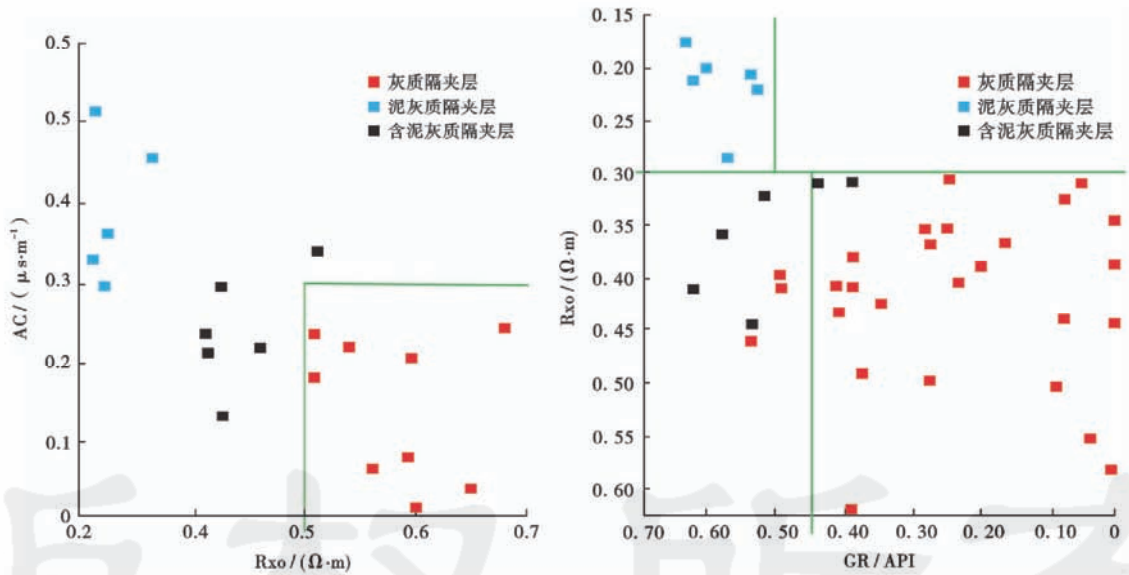


图6 取心测井隔夹层响应

Fig. 6 Assay plan of cores in wells of geological logging response of interlayer

通过上述分析,即可利用 R_{xo} 值分别与 AC 值和 GR 值结合识别灰质、含泥灰质隔夹层和泥灰质隔夹层。识别结果如图 7 所示,红色的交叠区为识别出的灰质和含泥灰质隔夹层,黄色的交叠区为识别出的泥灰质隔夹层,交叠区的幅度即代表隔夹层厚度,从识别结果可见,测井识别出的隔夹层与岩心观察的吻合度较高。

3.2 隔夹层识别及其效果

利用研究区 4 口取心井 DH1-6-7 井、DH1-6-9 井、DH1-6-10J 井和 DH1-H18 井的测井资料,在筛选针对不同类型隔夹层敏感曲线的基础上,应用无量纲多参数交叠法对研究区 3 口取心井 DH1-6-6 井、DH1-6-8 井和 DH1 井的隔夹层进行识别(图 8)。将隔夹层识别数量、类型及厚度与岩心资料进行对比,对比结果如表 2 所示。

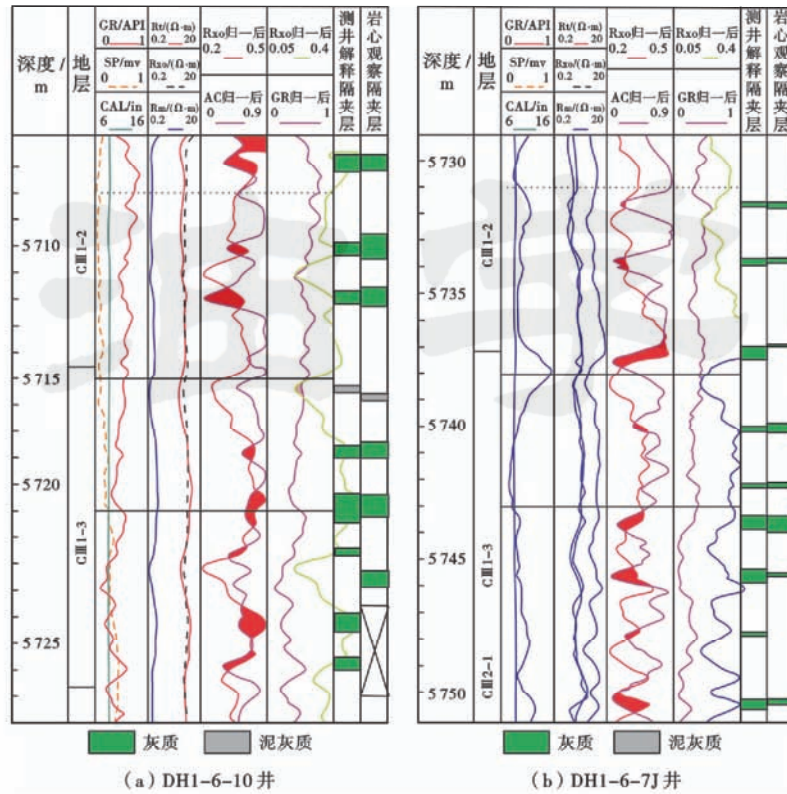


图 7 取心井测井解释隔夹层与岩心识别隔夹层对比

Fig. 7 Comparison of well log versus core identification of interlayer in single coring well

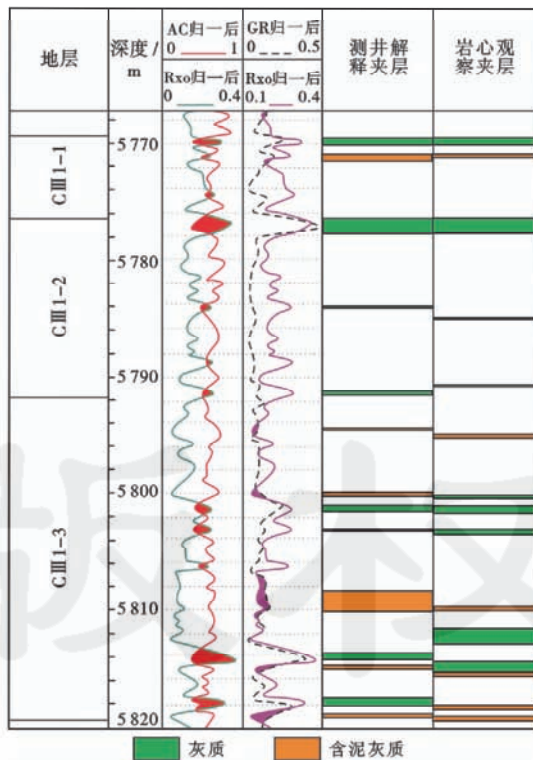


图 8 DH1 井隔夹层识别与检验评价

Fig. 8 Identification and estimation of interlayers in Well DH1

通过测井识别结果与岩心观察结果的对比分析可以看出,隔夹层数量识别的精度可达约 80%,灰质/含泥灰质和泥灰质隔夹层类型识别准确率可达 90%。然而,测井识别结果与岩心观察结果对比发现厚度识别的误差偏大(图 9),因此需要对测井识别出的各类型隔夹层厚度进行进一步的校正。

3.3 隔夹层测井识别厚度校正

针对研究区测井识别隔夹层厚度整体偏大的问题,通过统计取心井测井识别厚度与岩心观察厚度值,进行拟合确定两者之间的函数关系式(图 10),从而对研究区非取心井测井识别的隔夹层厚度进行校正。

4 隔夹层空间展布

以隔夹层识别及验证方法为基础,对研究区 30 口非取心井进行隔夹层类型识别及厚度校正,进而对其进行空间展布研究。

在纵向上,利用井间插值法对研究区目的层段沿平行和垂直背斜长轴方向(垂直和平行物源方向)分别绘制连井剖面(图 11、图 12)。由图 11 和图 12 可见,纵向上愈向下,隔夹层相对愈发育,且上部以泥灰质为主,下部以灰质、含泥灰质隔夹层为主。

表 2 CⅢ1 隔夹层识别精度统计

Table 2 Statistics of interlayer identification accuracy in CⅢ1 formation

编号	DH1-6-6 井				DH1-6-8 井				DH1 井			
	测井识别		岩心观察		测井识别		岩心观察		测井识别		岩心观察	
	厚度/m	类型	厚度/m	类型	厚度/m	类型	厚度/m	类型	厚度/m	类型	厚度/m	类型
1	0.28	灰质	0.42	灰质	0.22	灰质	0.20	泥灰质	0.63	灰质	0.63	灰质
2	0.16	灰质	0.53	灰质	0.63	灰质	0.60	灰质	0.37	泥灰质	0.38	泥灰质
3	0.21	灰质	0.22	灰质	0.36	灰质			1.14	灰质	1.30	灰质
4	0.54	泥灰质	0.94	泥灰质	0.28	灰质	1.40	灰质	0.14	灰质	0.04	灰质
5	0.42	灰质	0.32	灰质	0.36	泥灰质	0.30	泥灰质	0.14	灰质	0.06	灰质
6	0.21	灰质	0.29	灰质	0.44	灰质	0.40	灰质	0.14	泥灰质	0.29	泥灰质
7	0.34	泥灰质	0.67	泥灰质	0.14	泥灰质	0.50	泥灰质	0.14	泥灰质	0.16	灰质
8	0.33	灰质	0.65	灰质	0.49	灰质	0.78	灰质	0.50	灰质	0.76	灰质
9			1.03	泥灰质	0.30	泥灰质	0.21	泥灰质	0.08	灰质	0.37	灰质
10	0.32	灰质	0.52	灰质	0.40	泥灰质	0.80	泥灰质	1.58	泥灰质	0.33	泥灰质
11	0.09	灰质	0.14	灰质	1.08	灰质	0.70	灰质			1.17	灰质
12	0.22	灰质	0.52	灰质	0.64	泥灰质	1.00	泥灰质	0.72	灰质	0.88	灰质
13	0.46	灰质	0.25	灰质	0.85	灰质	1.90	灰质	0.14	泥灰质	0.30	泥灰质
14	0.50	泥灰质	0.35	灰质					0.72	灰质	0.30	泥灰质
15	0.17	灰质	0.72	灰质					0.33	泥灰质	0.36	泥灰质
16			0.47	灰质								
17	0.21	灰质	0.12	灰质								
18	0.48	泥灰质	0.11	泥灰质								
识别个数	16		18		13		12		14		15	
平均值	0.33		0.46		0.48		0.73		0.48		0.49	

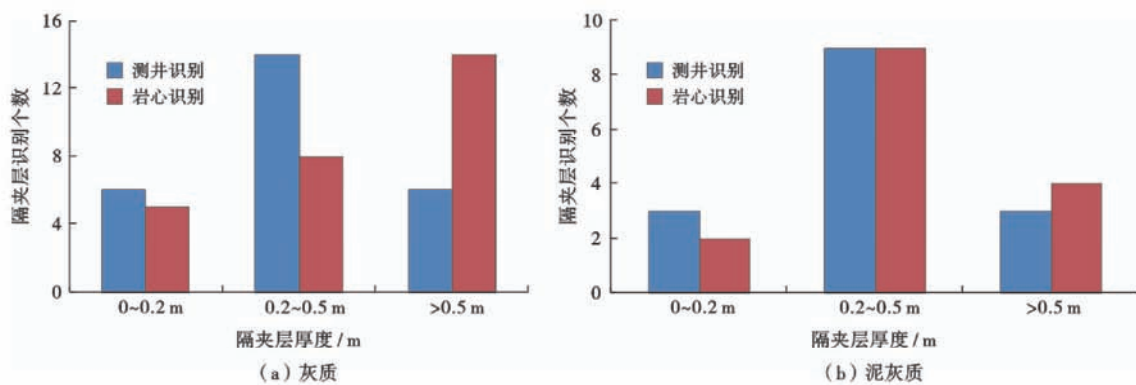


图 9 测井与岩心识别隔夹层厚度分布直方图

Fig. 9 Histogram of the thickness of interlayers identified from well logs and core data

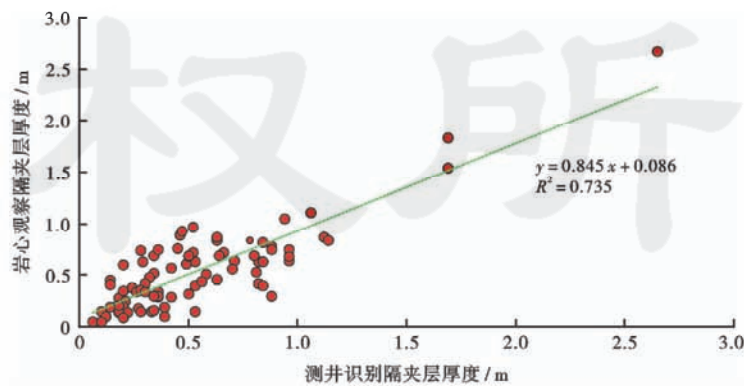


图 10 取心井岩心观察与测井识别隔夹层厚度散点对比

Fig. 10 Comparison scatter chart of interlayer thickness from core observation and well log identification

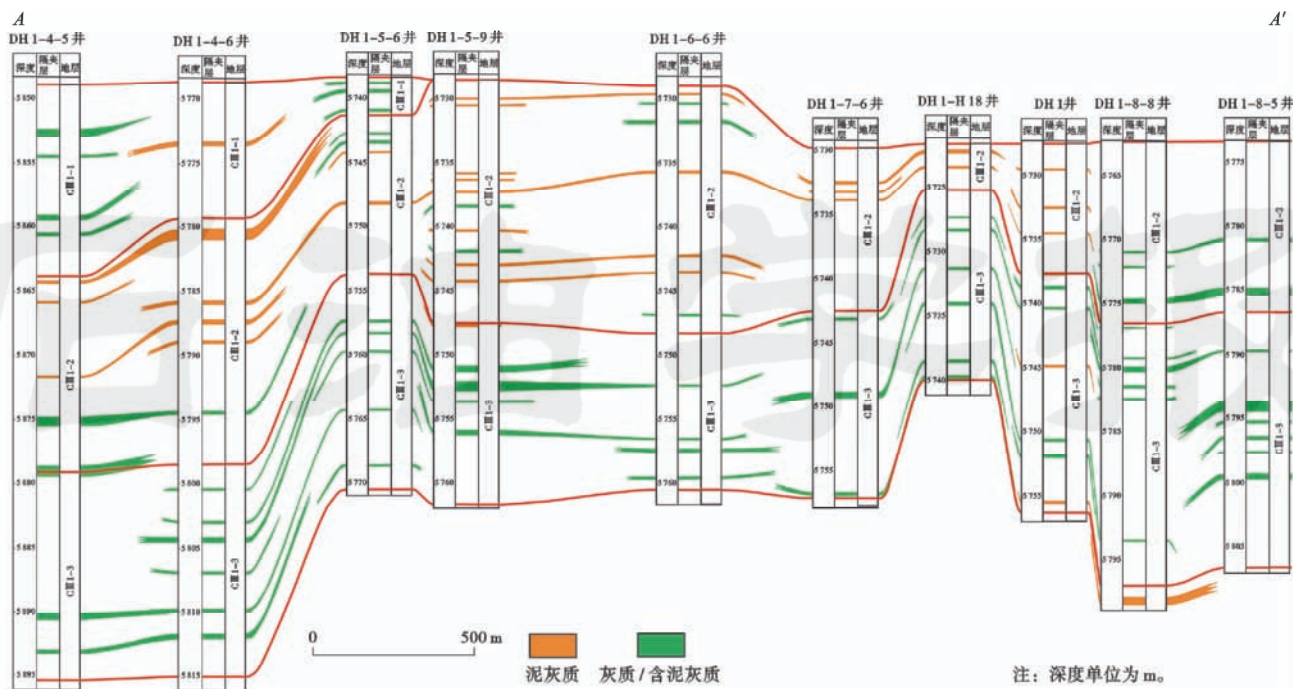


图 11 东河 1 油藏平行背斜长轴连井剖面(剖面位置见图 1)

Fig. 11 Well section that parallel to long axis of the anticline in Donghe 1 reservoir(location see Fig. 1)

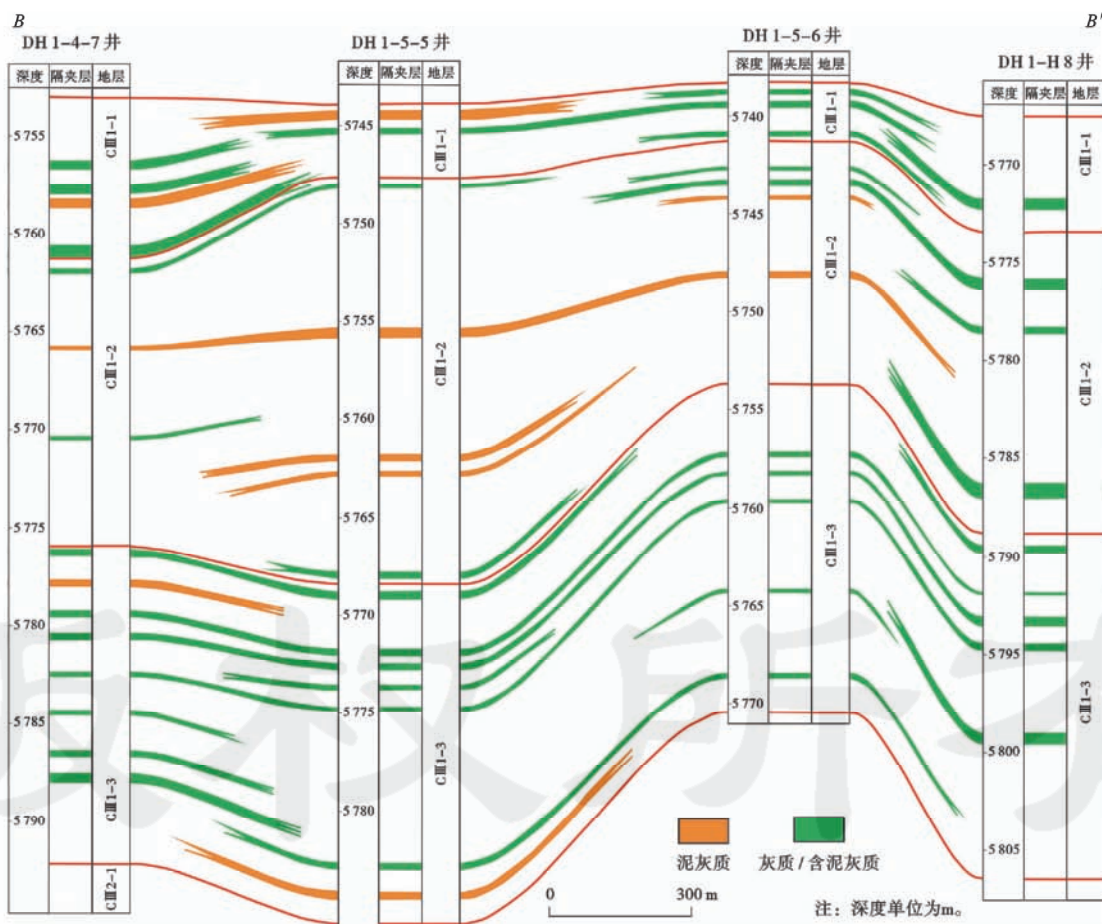
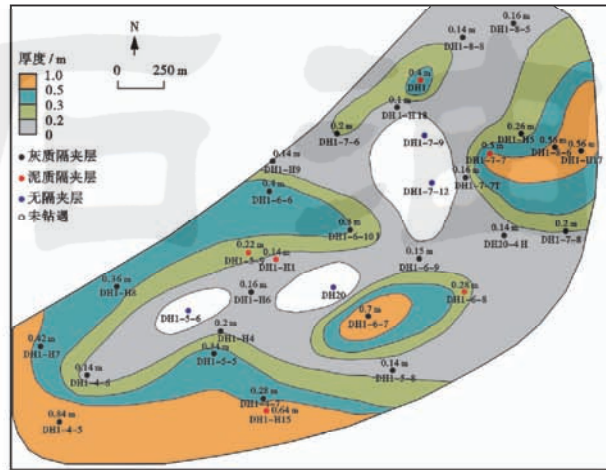


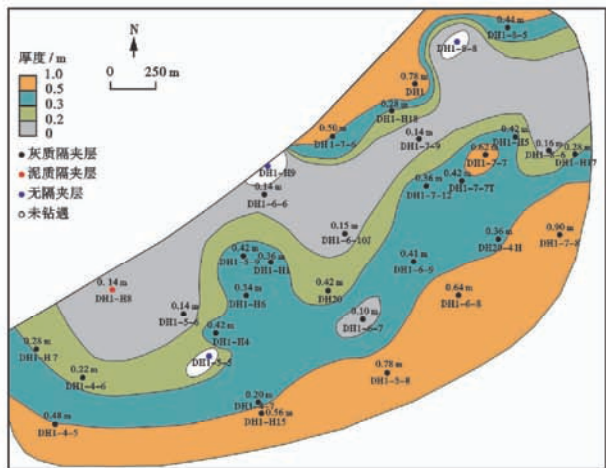
图 12 东河 1 油藏垂直背斜长轴连井剖面(剖面位置见图 1)

Fig. 12 Well section that perpendicular to long axis of the anticline in Donghe 1 reservoir(location see Fig. 1)

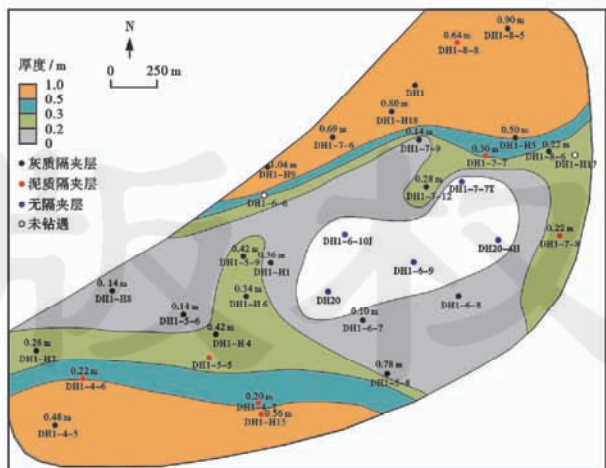
在平面上,针对 C_{III}1 重点层位绘制隔夹层累积厚度分布(图 13)。图 13 中由灰色向红色过渡部分的隔夹层发育。综合以上分析可以看出,研究区隔夹层主要位于构造翼部,中部相对不发育。



(a) C_{III}1-3 顶部



(b) C_{III}1-3 中部



(c) C_{III}1-3 底部

图 13 C_{III}1 重点层位隔夹层累积厚度分布

Fig. 13 Distribution of the gross thickness of key interlayers in C_{III}1 Formation

5 结论

(1) 东河 1 油藏石炭系储层主要发育 3 种类型隔夹层:灰质隔夹层、含泥灰质隔夹层和泥灰质隔夹层。通过对测井曲线进行标准化、归一化等预处理,可以有效地消除井间系统误差和量纲对不同测井曲线对比的影响,同时放大了测井曲线隔夹层响应特征,降低了隐蔽性隔夹层的识别难度。

(2) 在测井曲线数据处理的基础上,应用无量纲多参数交叠法,选取针对不同类型隔夹层的敏感曲线进行隔夹层类型识别,通过交叠区幅度进行隔夹层厚度识别。该方法避免了常规测井处理解释标准的限制,且交叠区的幅度除反应隔夹层厚度外还可以反应隔夹层发育密度,幅度越大密度越大。经取心井验证,应用该方法识别隔夹层个数的精度可达 80%,隔夹层类型识别的准确率可达 90%。

(3) 通过井间插值,对 C_{III}1 油组隔夹层空间展布情况有了明确的认识:①在纵向上,C_{III}1-1 油组隔夹层普遍不发育,累积厚度较小,且以泥灰质隔夹层为主;C_{III}1-2 油组隔夹层以泥灰质隔夹层为主,累积厚度不大,分布零散;C_{III}1-3 油组隔夹层较为发育,以灰质(含泥灰质)隔夹层为主。②在平面上,隔夹层主要位于构造翼部,中部相对不发育。

参考文献

- [1] 章威. JAKE-S 油田注气提高采收率研究[D]. 长江大学,2012. Zhang Wei, A research of EOR by hydrocarbon gas injection in JAKE-S oilfield[D]. Yangtze University,2012.
- [2] 范坤,朱文卿,周代余,等. 隔夹层对巨厚砂岩油藏注气开发的影响——以塔里木盆地东河 1 油田石炭系油藏为例[J]. 石油学报,2015,36(4):475-481. Fan Kun, Zhu Wenqing, Zhou Daiyu, et al. Effect of interlayers in thick reservoir for gas injection: a case study of Donghe 1 Carboniferous oil reservoir in Tarim Basin[J]. Acta Petroli Sinica, 2015,36(4):475-481.
- [3] 顾家裕. 塔里木盆地石炭系东河砂岩沉积环境分析及储层研究[J]. 地质学报,1996,70(2):153-161. Gu Jiayu. Sedimentary environment and reservoir characters of the carboniferous Donghe sandstone in the Tarim Basin[J]. Acta Geological Sinica,1996,70(2):153-161.
- [4] 束青林. 孤岛油田陶馆组河流相储层隔夹层成因研究[J]. 石油学报,2006,27(3):100-103. Shu Qinglin. Interlayer characterization of fluvial in Guantao Formation of Gudao oilfield. [J]. Acta Petroli Sinica,2006,27(3):100-103.
- [5] 刘辉,陈红军,郭建春,等. 东河 C_{III}1 岩性段低渗透砂岩储层注水伤害实验研究[J]. 石油化工应用,2009,28(9):26-29. Liu Hui, Chen Hongjun, Guo Jianchun, et al. Study of water injection damage in low permeability sandstone reservoir of Donghe C_{III}1 reservoir[J]. Petrochemical Industry Application,2009,28(9):26-29.
- [6] 陈伟. 东河 1 油田东河砂岩段储层测井评价[D]. 成都:成都理工

- 大学,2011.
- Chen Wei. The logging evaluation on reservoir of DongHe Sandstone in Donghe 1 oilfield[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2011.
- [7] 姬安召. 东河1油田石炭系东河砂岩段地质建模研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2011.
- Ji Anzhao. The study on the geological modeling of Donghe sandstone member in the Donghe 1 carboniferous oil reservoir[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2011.
- [8] 何香香. 哈得逊地区东河砂岩测井资料隔夹层识别[J]. 海洋石油, 2012, 32(4): 70-74.
- He Xiangxiang. Identification on interbedded layers among Donghe sandstones in Hadexun district with well logging data[J]. Offshore Oil, 2012, 32(4): 70-74.
- [9] 徐寅, 徐怀民, 郭春涛, 等. 隔夹层成因、特征及其对油田开发的影响——以塔中地区海相砂岩储层为例[J]. 科技导报, 2012, 30(15): 17-21.
- Xu Yin, Xu Huaimin, Guo Chuntao et al. Origin, characteristics and effects on oilfield development of interlayer of shore sandstone reservoir in Tazhong area[J]. Science & Technology Review, 2012, 30(15): 17-21.
- [10] 朱怀诚, 罗辉, 王启飞, 等. 论塔里木盆地“东河砂岩”的地质时代[J]. 地层学杂志, 2002, 26(3): 197-201.
- Zhu Huaicheng, Luo Hui, Wang Qifei, et al. The age of the Donghe sandstone in the Tarim Basin[J]. Journal of Stratigraphy, 2002, 26(3): 197-201.
- [11] 王洋, 刘婧, 汪建国, 等. 塔里木盆地东河1油藏东河砂岩隔夹层形成的主控因素及流体来源[J]. 石油学报, 2015, 36(2): 174-181.
- Wang Yang, Liu Jing, Wang Jianguo, et al. Major controlling factors for the formation of inter-layer of Donghe sandstone of Donghe1 reservoir in Tarim Basin and its fluid source[J]. Acta Petroli Sinica, 2015, 36(2): 174-181.
- [12] Liu Jingyan, Steel R J, Lin Changsong, et al. Geomorphology control on the development of reservoir depositional systems, Devonian Donghetang Formation in the Tabei Uplift of the Tarim Basin, China[J]. Marine and Petroleum Geology, 2012, 38(1): 177-194.
- [13] 郭凯, 史静. 塔中4油田东河砂岩储集层变差函数规律研究[J]. 新疆石油天然气, 2008, 4(3): 4-8.
- Guo Kai, Shi Jing. Study on variation function of Donghe san reservoir in Tazhong 4 oil field[J]. Xinjiang Oil & Gas, 2008, 4(3): 4-8.
- [14] 姬安召, 袁清芸, 刘海涛. 东河塘1油田块状巨厚CIII砂岩油藏断层封堵性研究[J]. 重庆科技学院学报: 自然科学版, 2011, 13(1): 107-109.
- Ji Anzhao, Yuan Qingyun, Liu Huatao. Research on fault sealing capacity in the Donghetang 1 Carboniferous thick block sand rock oilfield[J]. Journal of Chongqing University of Science and Technology: Natural Sciences Edition, 2011, 13(1): 107-109.
- [15] Zhu Guangyou, Zhang Shuichang, Su Jin, et al. Secondary accumulation of hydrocarbons in Carboniferous reservoirs in the northern Tarim Basin, China[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2013, 102: 10-26.
- [16] Long Ming, Xu Huaimin, Jiang Tongwen, et al. Performance evaluation for littoral-facies clastic reservoir architecture[J]. Petroleum Exploration and Development, 2012, 39(6): 802-812.
- [17] 朱筱敏, 张强, 马立驰. 塔里木盆地东河砂岩层序地层分析[J]. 海相油气地质, 1999, 4(4): 13-17.
- Zhu Xiaomin, Zhang Qiang, Ma Lichi. The strata sequence stratigraphic analysis of Donghe sandstone in the Tarim Basin[J]. Marine Origin Petroleum Geology, 1999, 4(4): 13-17.
- [18] 朱筱敏, 张强, 吕雪雁, 等. 塔里木盆地塔北与塔中地区东河砂岩段沉积特征对比[J]. 中国地质, 2005, 32(4): 648-654.
- Zhu Xiaomin, Zhang Qiang, Lu Xueyan, et al. Comparison of the sedimentary characteristics of the Donghe sandstone section between the Tabei and Tazhong areas, Tarim Basin[J]. Geology in China, 2005, 32(4): 648-654.
- [19] 李梅. 测井资料环境校正方法及其在大牛地地区的应用[J]. 江汉石油科技, 2010, 20(2): 15-19.
- Li Mei. Logging data environment correction methods and its application in daniudi area [J]. Jianghan Petroleum Science and Technology, 2010, 20(2): 15-19.
- [20] 王智. 测井资料环境校正技术研究及应用[D]. 成都: 西南石油大学, 2006.
- Wang Zhi. The research and application technology of logging data environment correction [D]. Chengdu: Southwest Petroleum University, 2006.
- [21] 宋子齐, 谭成任, 陆万雨, 等. 辽河滩海地区盐水泥浆测井资料分析校正方法及应用[J]. 特种油气藏, 2002, 9(1): 18-22.
- Song Ziqi, Tan Chengren, Lu Wanyu, et al. Analytical correction method and its application in saline mud-log in Liaohe tidal zone and shallow water area[J]. Special Oil and Gas Reservoirs, 2002, 9(1): 18-22.
- [22] 柯年日, 张超谟, 王英伟. 正态分布法测井曲线标准化在M油田的应用[J]. 长江大学学报: 自然科学版, 2010, 7(4): 76-78.
- Ke Nianri, Zhang Chaomo, Wang Yingwei. The application of normal distribution method of standardization of well logging curve[J]. Journal of Yangtze University: Natural Science Edition, 2010, 7(4): 76-78.
- [23] 王志章, 熊琦华, 宋杰英. 测井资料标准化及应用效果[J]. 测井技术, 1993, 17(6): 453-460.
- Wang Zhizhang, Xiong Qihua, Song Jieying. Normalization of well logging data and its application result in Zaonan K1 Formation of Zaoyuan oilfield[J]. Well Logging Technology, 1993, 17(6): 453-460.
- [24] 徐延勇, 邹冠贵, 曹文彦, 等. 测井曲线标准化方法对比研究及应用[J]. 中国煤炭地质, 2013, 25(1): 53-57.
- Xu Yanyong, Zou Guangui, Cao Wenyan, et al. Comparative study and application of logging standardization methods[J]. Coal Geology of China, 2013, 25(1): 53-57.
- [25] 纪智, 张庆国, 孙德瑞. Z区块测井曲线的标准化方法[J]. 黑龙江科技大学学报, 2014, 24(2): 191-194.
- Ji Zhi, Zhang Qingguo, Sun Derui. Standardized method of logging curves in Z block[J]. Journal of Heilongjiang University of Science & Technology, 2014, 24(2): 191-194.
- [26] 彭美霞. 测井多井储层评价技术在广华油田的应用[J]. 江汉石油职工大学学报, 2004, 17(6): 41-42.
- Peng Meixia. Application of the technology of multi-well logging reservoir evaluation in Guanghua oilfield[J]. Journal of Jianghan Petroleum University of Staff and Workers, 2004, 17(6): 41-42.
- [27] 秦长春, 韩要记, 宋晓蛟. 浅谈石油测井常规方法在延安地区井场解释中的应用[J]. 陕西地质, 2012, 30(1): 55-59.
- Qin Changchun, Han Yaoji, Song Xiaojiao. Conventional oil logging for interpretation of oil field in Yan' an region [J]. Geology of Shaanxi, 2012, 30(1): 55-59.