

# Sedimentary Microfacies Recognition from Logging Curve

Yingchun Luo

Research Institute of Logging Technology and Engineering, Yangtze University, Jingzhou Hubei  
Email: ycluo@foxmail.com

Received: Jun. 23<sup>th</sup>, 2017; accepted: Aug. 17<sup>th</sup>, 2017; published: Oct. 15<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

Predicting favorable facies belts according to the sedimentary microfacies and sedimentary facies was a commonly used method in exploration, and identifying the sedimentary microfacies based on logging data was helpful for finding the exploration target quickly. By calibrating the gas logging, drilling time and other logging curves, the mud logging facies was obtained from core facies-logging facies with the reverse method, and the sedimentary microfacies logging identification chart was established. The results show that the logging curves of drilling-time and gas logging are more accurate in identifying sandstone, mudstone and coal seam with higher purity degree, which can reflect the characteristics of rock assemblage and the changes of sedimentary microfacies, and guide the exploration and development work effectively.

## Keywords

Drilling Time, Gas Logging, Mud Logging Facies, Sedimentary Microfacies

---

# 录井曲线的沉积微相识别

罗迎春

长江大学录井技术与工程研究院, 湖北 荆州

作者简介: 罗迎春(1978-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事石油地质综合研究工作。

Email: ylcluo@foxmail.com

收稿日期: 2017年6月23日; 录用日期: 2017年8月17日; 发布日期: 2017年10月15日

## 摘要

根据沉积微相和沉积相预测有利相带是勘探中常用的方法, 利用录井资料识别沉积微相, 有利于快速找到勘探目标。通过校正气测、钻时等录井曲线, 采用反推方法, 从岩心相 - 测井相反推到录井相, 确定了沉积微相录井识别图版。研究表明, 钻时、气测等录井曲线对纯度较高的砂岩、泥岩及煤层识别较为准确, 能够反映岩石组合特征及沉积微相的变化, 指导勘探开发工作的有效推进。

## 关键词

钻时, 气测, 录井相, 沉积微相

Copyright © 2017 by author, 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

录井资料是钻井的第一手资料, 具有即时性等特点, 充分挖掘录井所反映的地质信息, 有利于控制成本, 提高勘探成功率。对此, 前人做出了大量努力, 但有的侧重于从岩心、岩屑中寻找沉积微相标志 [1] [2], 有的侧重于通过测录井联合解释沉积微相 [3], 却很少有人直接通过录井曲线及录井岩性剖面来表征沉积微相, 使得录井本身的经济效益和价值没有充分体现, 钻井成本增加, 勘探时间延长。

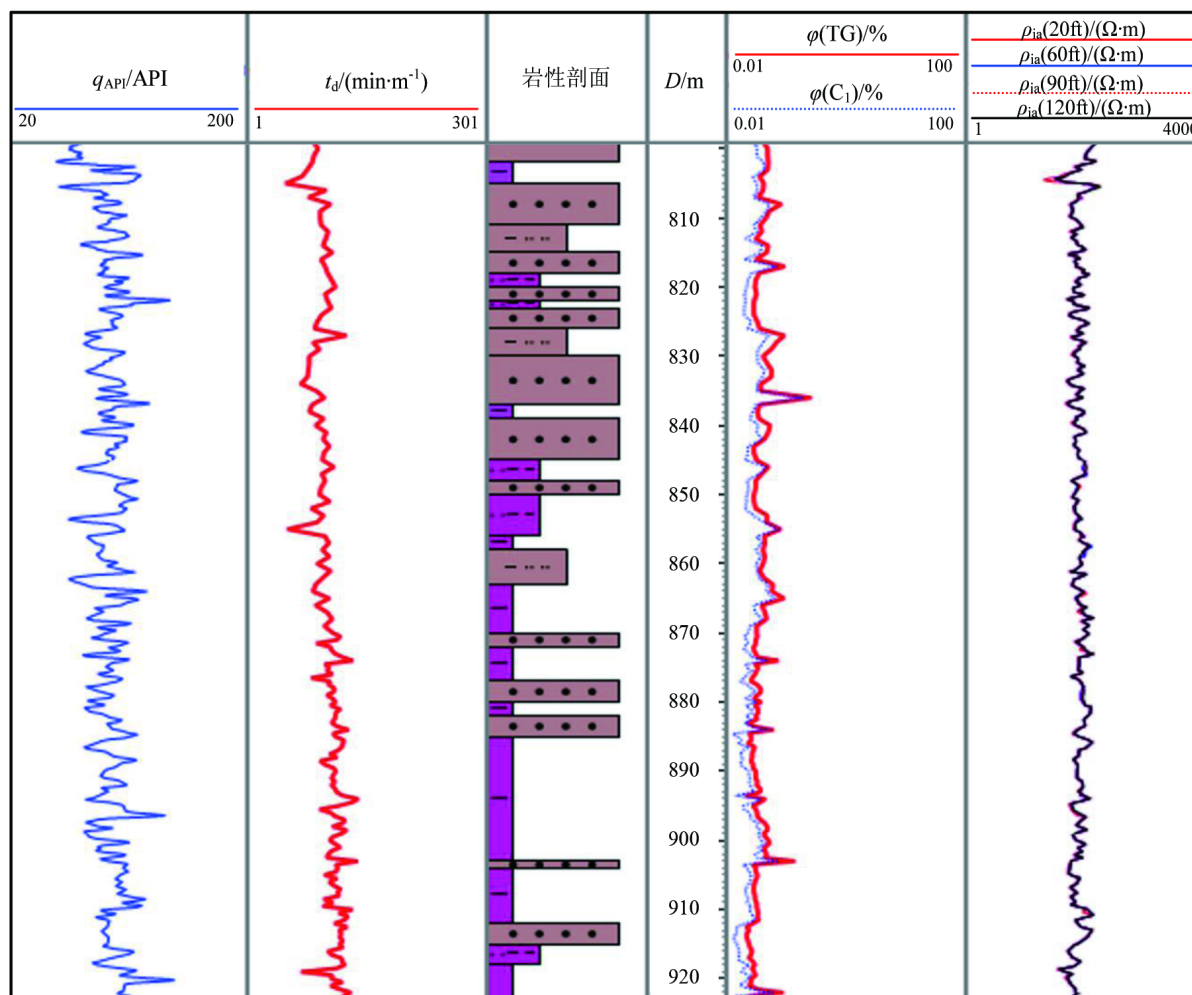
笔者通过对鄂尔多斯盆地东部临兴 - 神府区块的研究发现, 钻时与气测曲线能够较为准确地反映岩石组合特征, 可以用录井曲线取代测井曲线生成录井相模式, 但前提是要对录井曲线进行准确的校正。

## 2. 气测资料的校正

影响气测资料的因素很多, 总体可归纳为 5 点: ① 受已钻穿未封堵的油气层影响, 起下钻或接单根时, 容易产生起下钻气、接单根气以及单纯受钻井条件影响的空气垫等, 其表现形式有规律可循, 一般地层气或后效气为一个迟到时间, 空气垫峰为一周时间, 两者间相差一个下行时间; ② 受烃源岩影响, 会造成气测基值的抬升, 影响后续油气层的发现; ③ 由于钻井液静止时间过长, 导致有机质在高温高压条件下裂解, 形成假异常; ④ 在钻井取心时, 由于破碎的岩石体积减小, 多数情况下钻时增加, 气测显示降低; ⑤ 还要考虑井底压差的影响以及钻井施工过程中钻头、钻压、排量、转速的变化等情况 [4]-[9]。

上述因素导致气测曲线上规律性出现单根峰或双单根峰，或气测基值升高，或气测显示降低，或局部产生假异常等。

以鄂尔多斯东部临兴区块石炭系 - 三叠系为例，分析气测资料的校正方法。结合区域地质资料、前人研究成果、岩心露头地层特征可知，该区块上二叠统 - 第四系中基本不含烃源岩和油气层，因此在气测资料上有规律出现的单根峰多为空气垫峰。如图 1 所示，气测曲线上单根峰每隔 9~10 m 出现一次，但峰值较小，应为空气垫峰。



注： $q_{API}$  为自然伽马； $t_d$  为钻时； $D$  为井深； $\varphi(TG)$  为全烃体积分数； $\varphi(C_1)$  为甲烷体积分数； $\rho_{ia}(20ft)$ 、 $\rho_{ia}(60ft)$ 、 $\rho_{ia}(90ft)$ 、 $\rho_{ia}(120ft)$  分别为探测深度为 20 英尺、60 英尺、90 英尺、120 英尺的高分辨率阵列感应电阻率。下同。

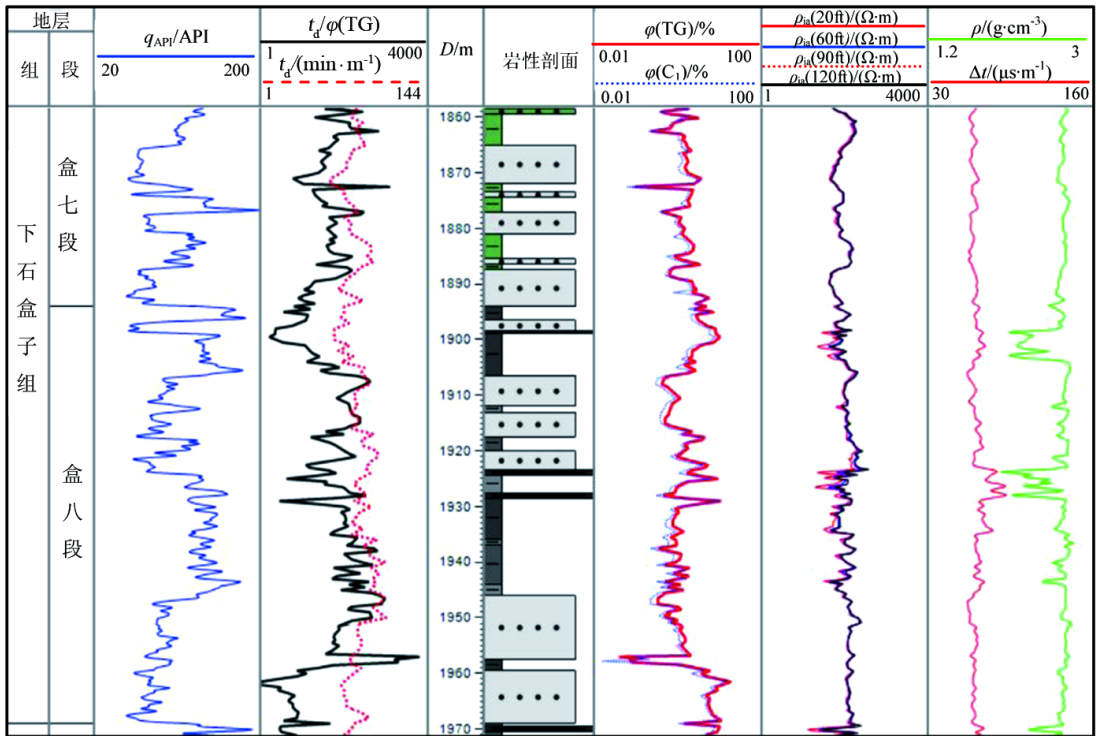
Figure 1. The air cushion peak regularly appeared on the gas logging curve (Well Linxing 10)

图 1. 气测曲线上规律性出现的空气垫峰(临兴 10 井)

### 3. 钻时曲线的处理

对钻时曲线的处理主要有横向比例放大法、对数显示法、微钻时处理法等，上述方法有利于显现不同岩性的细微钻时差别，尤其微钻时处理法有利于反映储层裂缝的变化。此外，还可以通过标准化钻时法消除钻头、钻速等因素的影响，或采用钻时全烃比值法使其能更好地反映岩性界面的变化[10][11][12][13][14]。

图 2、图 3 中采用钻时全烃比值法，相对于钻时曲线，能更好地反映砂泥岩、煤层的变化。



注： $\rho$  为密度； $\Delta t$  为声波时差。

Figure 2. The feature of logging curve in the lower segment of lower Shihezi formation in Well Linxing 1

图 2. 临兴 1 井下石盒子组下部测录井曲线特征

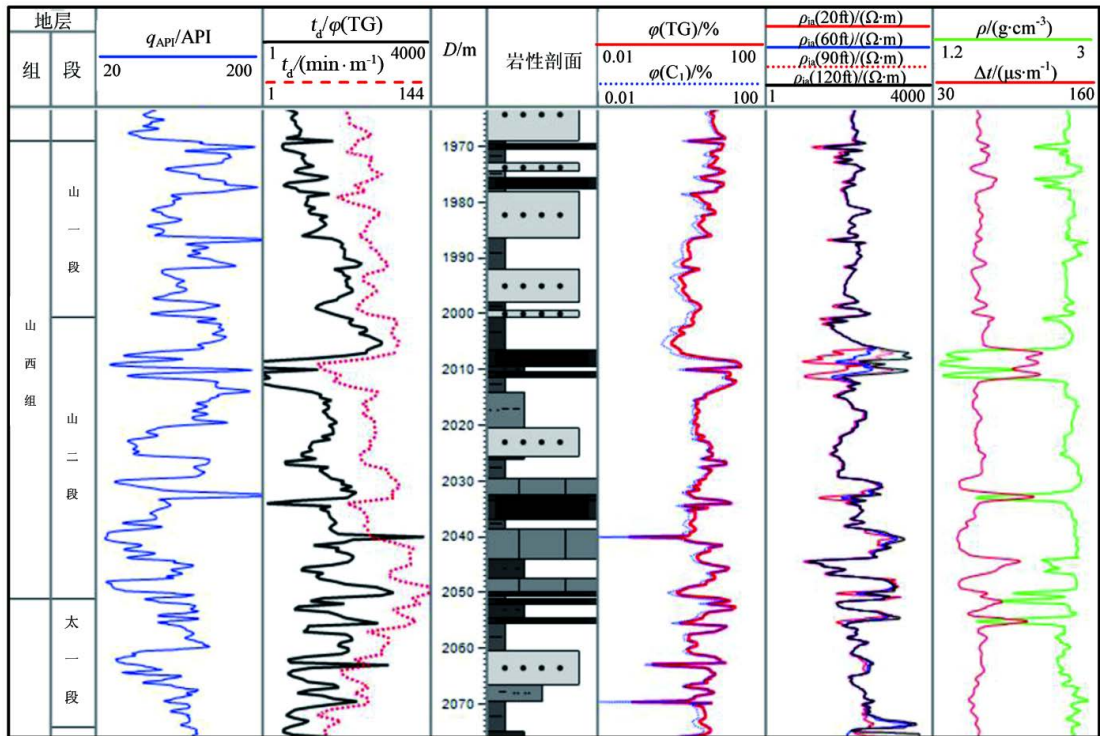


Figure 3. The feature of logging curve Shansi formation in Well Linxing 1

图 3. 临兴 1 井山西组测录井曲线特征



## 4. 录井曲线识别沉积微相

经过校正后的气测曲线主要与含气性有关，它与电阻率一般对应较好，但对岩性的反映较迟钝；钻时曲线的灵敏度和准确度虽然不如自然伽马曲线，但能够较好地反映砂泥岩、煤层的变化，特别是对较纯的砂岩和泥岩。但对灰岩或灰质成分较重的砂泥岩等坚硬岩石，钻时曲线值较大，与自然伽马呈现低值是相反的。

### 4.1. 岩心岩性特征

从研究工区岩心资料来看，石千峰组、上石盒子组均可见到含砾粗砂岩(图 4(a), 图 4(b))，但石千峰组中砾石粒径可达 2 cm 左右，而上石盒子组中砾石粒径一般在 0.5 cm 左右，最大不超过 1cm。结合录井剖面可知，石千峰组的泥岩多为紫红色，而上石盒子组泥岩颜色大多为褐灰、绿灰等灰色色调，仅在盒一段呈现紫红色。表明盒一段 - 石千峰组为暴露环境，可能为三角洲平原 - 冲积平原沉积；而盒四段 - 盒三段为水下沉积，可能为三角洲前缘环境。

下石盒子组岩心中可见河道底部砾石滞留沉积、冲刷面等，所夹泥砾为灰黑色(图 4(c))。从录井岩性剖面来看，泥岩颜色为灰色、褐灰色、绿灰色等灰色色调，表明下石盒子组为水下沉积环境，可能为三角洲前缘沉积。

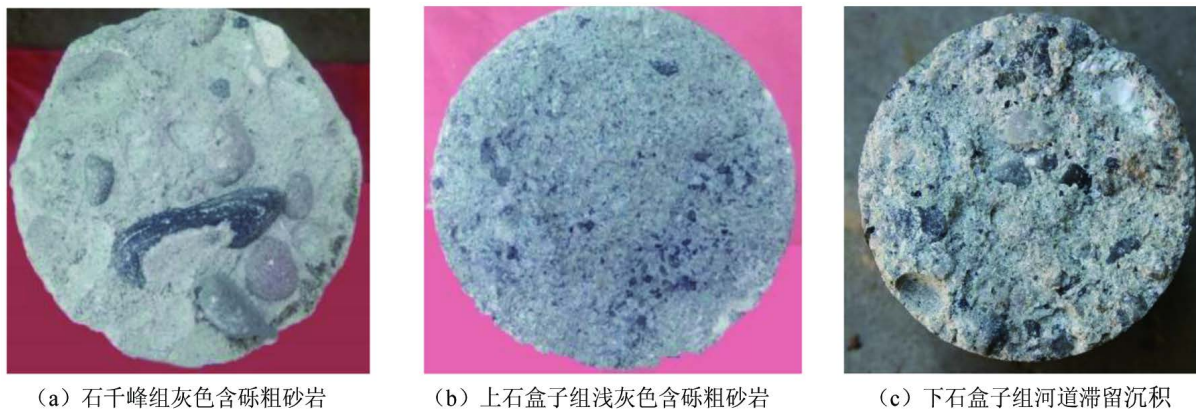


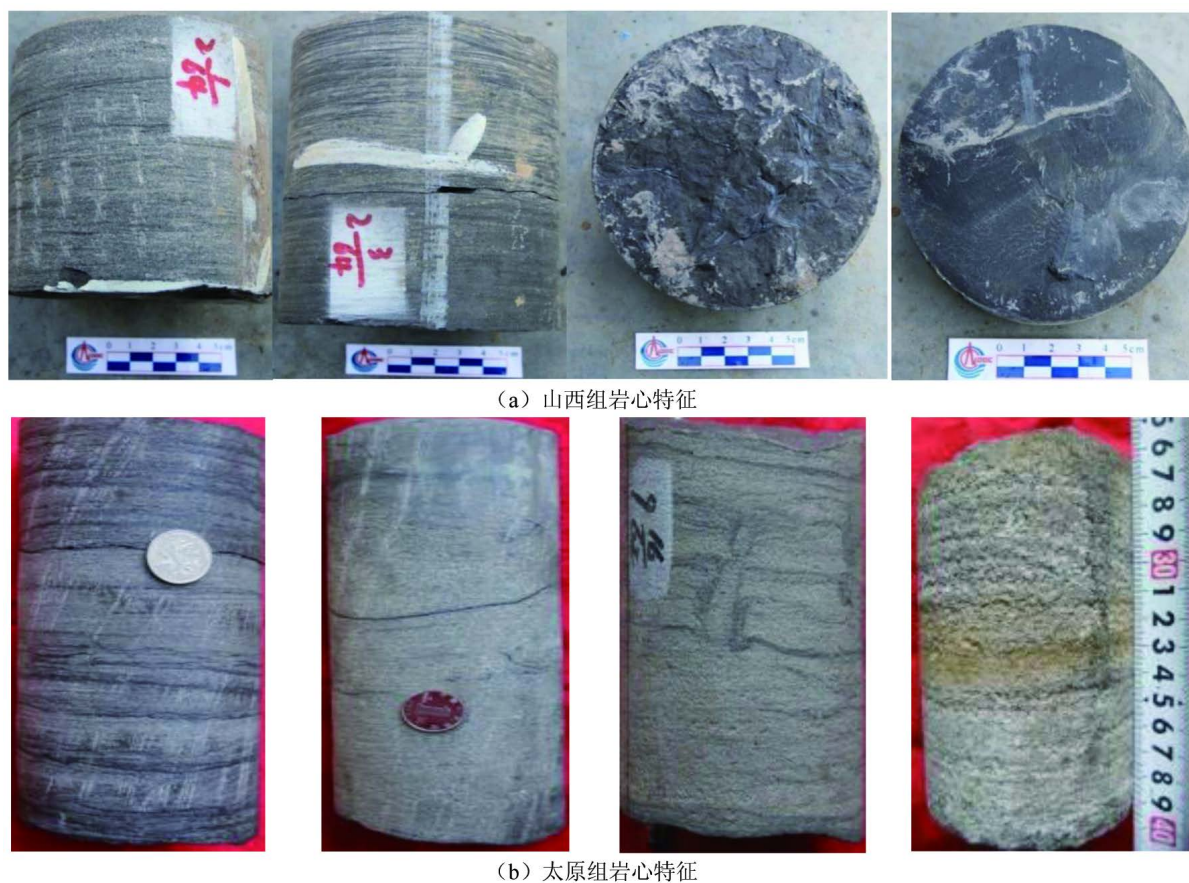
Figure 4. The feature of typical cores from lower Shihezi formation-Shiqianfeng formation in Shenfu block  
图 4. 神府区块下石盒子组 - 石千峰组典型岩心特征

山西组岩心中可见黑灰色中薄层泥岩、炭质泥岩夹浅灰色薄层粉砂岩，含科达木、织羊齿等植物化石(图 5(a))，录井岩性剖面上以灰色 - 深灰色泥岩夹薄煤层为主，反映山西组中存在沼泽环境，可能为三角洲平原沼泽。太原组砂岩岩心(图 5(b))中可见波状层理(SM-04 井，2217.37 m)、槽状交错层理(SM-04 井，2195.6 m)、虫孔构造(SM-5 井，2055.96 m)、平行层理，含黄铁矿的中砂岩(SM-17 井，2107.2 m)，录井岩性剖面中还可见灰色 - 黑灰色泥岩、灰岩、煤层，反映太原组也存在沼泽环境，可能为三角洲平原沼泽。

### 4.2. 沉积体系划分

沉积体系指的是成因上相关的沉积环境及沉积体的组合，即受同一物源和水动力系统控制的，成因上有内在联系的沉积体或沉积相在空间上有规律的组合，沉积相是沉积体系的基本组成单元。

沉积体系的划分是在沉积相划分的基础上进行的，而沉积相是沉积环境及在该环境中形成的沉积岩(物)特征的综合响应。因此，根据构造背景下的沉积环境和沉积物特征分析，包括沉积岩岩性、结构、



**Figure 5.** The feature of typical cores from Taiyuan formation-Shanxi formation in Shenfu block  
**图 5.** 神府区块太原组 - 山西组典型岩心特征

构造及测井电性特征来进行沉积相识别和划分。沉积相分析是从详细观察和描述相标志开始的。相标志指的就是最能反映沉积相的一些标志，是进行沉积相分析的基础，早期主要指 3 个大类，即岩性的、古生物的和地球化学的标志，后期随着地球物理科学的进步，相标志最终演化为现今的 4 个方面：岩性标志、古生物标志、地球物理标志和地球化学标志。

该次研究主要根据岩心、录井岩性剖面、测井曲线特征，结合前人研究成果对研究区二叠系沉积体系进行了划分，如表 1 所示。太一段 - 上石盒子组主要发育三角洲平原和三角洲前缘亚相，太二段为陆源障壁海岸沉积，发育潮坪、潟湖、障壁岛、沼泽等亚相。

#### 4.3. 测井相

不同的沉积微相具有不同的测井响应。测井相分析包括测井响应序列的选择、测井响应曲线特征分析和测井相分析。研究区主要沉积体系为陆源障壁海岸 - 三角洲沉积。对工区内 36 口完整资料井，选择自然伽马曲线、阵列感应电阻率曲线进行测井相分析效果较好，见表 2。以此为基础，对工区内 36 口资料较全的井进行了单井沉积相划分。

#### 4.4. 录井相

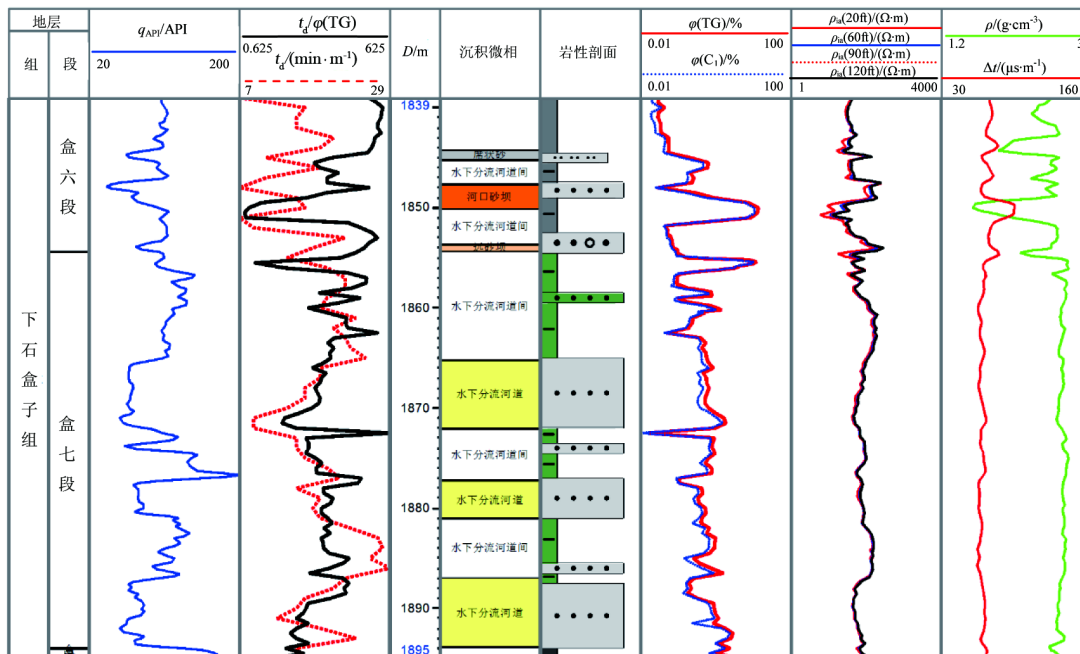
录井曲线可以在一定程度上取代测井曲线，反映岩石组合特征，通过建立沉积微相与录井曲线的关系，确定沉积微相的录井相模式。图 6 为三角洲前缘环境沉积微相录井相识别图版。对水下分流河道微相，

**Table 1.** The division of permian depositional systems in Shenfu-Linxing block  
**表 1.** 神府临兴区块二叠系沉积体系划分

界	系	统	组	沉积相	亚相	微相	
上古生界	二叠系	中统	上石盒子组、下石盒子组	三角洲	三角洲前缘	水下分流河道	
						支流间湾	
						河口沙坝	
						远砂坝	
						席状砂	
		下统	山西组 太一段	三角洲	三角洲	三角洲平原	分支河道
							分支河道间
							平原沼泽
							陆上天然堤
							决口扇
下统	太二段	陆源障壁海岸	陆源障壁海岸	潟湖	潮坪		
					砂坪		
					泥坪		
					砂坝		
					泥		
障壁岛	沼泽	障壁岛	障壁岛	障壁岛	障壁砂坝		
					沼泽		

**Table 2.** The feature of permian logging facies in Shenfu-Linxing block  
**表 2.** 神府临兴区块二叠系测井相特征

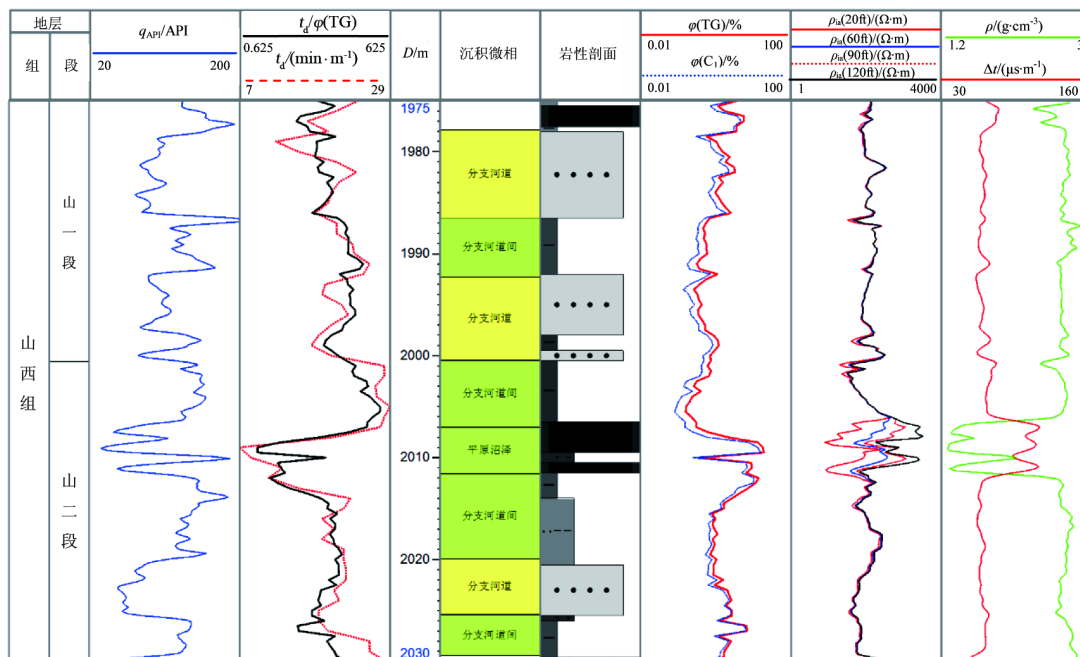
相	亚相	微相	测井曲线模式	曲线特征描述
三角洲	三角洲前缘	水下分流河道		自然伽马低值箱形或钟形，顶底面突变接触 阵列感应电阻率高值
		水下分流河道间		自然伽马平直或弱齿，高值 阵列感应电阻率低值
		河口沙坝		自然伽马漏斗形，多为双峰 阵列感应电阻率上高下低，下部重合齿化
		远砂坝		自然伽马小漏斗形或指状 阵列感应电阻率中值
		席状砂		自然伽马指状 阵列感应电阻率可见脉冲波
	三角洲平原	分支河道		自然伽马箱形或钟形 阵列感应电阻率高值
		分支河道间		自然伽马平直或弱齿，高值 阵列感应电阻率光滑顺直
		平原沼泽		自然伽马低值 阵列感应电阻率具有较大的幅度差
		决口扇		自然伽马小漏斗形 阵列感应电阻率上高下低，下部重合齿化
		陆上天然堤		自然伽马指状 阵列感应电阻率尖峰状



**Figure 6.** The mud logging identification chart of sedimentary microfacies in delta front environment  
**图 6.** 三角洲前缘环境沉积微相录井相识别图版

钻时全烃比值曲线为箱形特征，气测曲线中高值；对席状砂微相，钻时全烃比值曲线为单峰状，气测曲线中高值；对河口砂坝微相，钻时全烃比值曲线为指状，气测曲线高值。

图 7 为三角洲平原环境沉积微相录井相识别图版。分支河道微相的钻时全烃比值曲线中低值，为箱形或漏斗形，气测曲线中高值；平原沼泽发育煤层，钻时全烃比值曲线为低值，漏斗形，气测曲线高值。



**Figure 7.** The mud logging identification chart of sedimentary microfacies in delta plain environment  
**图 7.** 三角洲平原环境沉积微相录井相识别图版



## 5. 结论

1) 经过校正后的气测曲线主要与含气性有关, 它与电阻率对应较好, 但对岩性的反映较迟钝; 钻时曲线的灵敏度和准确度虽然不如自然伽马曲线, 但能够较好地反映砂泥岩、煤层的变化, 特别是对较纯的砂岩和泥岩。但对灰岩或灰质成分较重的砂泥岩等坚硬的岩石, 钻时曲线值较大, 与伽马呈现低值相反。

2) 录井曲线可以在一定程度上取代测井曲线, 反映岩石组合特征, 因此可以建立沉积微相与录井曲线的关系, 从而建立沉积微相录井相模式。

3) 直接通过录井曲线及录井岩性剖面来表征沉积微相, 有利于充分发挥录井本身的经济效益和价值, 降低钻井成本、缩短勘探时间。

## 参考文献 (References)

- [1] 郁万里. 有关录井的沉积微相研究[J]. 钻采工艺, 2010, 33(S1): 104-109.
- [2] 徐开志, 唐勇, 王海东, 等. 用计算机实现判别沉积微相方法[J]. 新疆石油地质, 1999, 20(2): 127-129.
- [3] 廖东良, 刘江涛, 张元春, 等. 应用测、录井资料联合识别渤南洼陷滩坝砂岩沉积微相[J]. 科学技术与工程, 2012, 12(31): 8379-8383.
- [4] 陈恭洋, 王志战. 录井地质学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2014.
- [5] 宋义民, 陈永红, 李瑞民, 等. 浅谈气测录井双单根峰的识别[J]. 录井技术, 2003, 14(3): 1-12.
- [6] 余明军, 郑俊杰, 李胜利. 气测录井全烃曲线异常的判断及应用[J]. 录井工程, 2010, 21(3): 48-50.
- [7] 郑新卫, 刘喆, 卿华, 等. 气测录井影响因素及校正[J]. 录井工程, 2012, 23(9): 20-24.
- [8] 王研. 气测录井技术在深层气层评价中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 大庆: 大庆石油学院, 2008.
- [9] 方立亭. 气测资料在油气水层中识别与评价的方法研究[D]: [硕士学位论文]. 大庆: 东北石油大学, 2012.
- [10] 郭学增. 钻时资料与地层信息[J]. 石油学报, 1986, 7(3): 117-122.
- [11] 王丽, 曹凤俊. 综合录井资料处理过程中微钻时计算方法[J]. 录井工程, 2011, 22(2): 5-8.
- [12] 李普涛. 基于 dc 指数公式的钻时变换方法探讨[J]. 录井工程, 2014, 25(1): 16-20.
- [13] 刘凤荣, 温林荣. 标准钻时录井法[J]. 石油钻探技术, 1996, 24(3): 14-15.
- [14] 冯顺利. PDC 钻头钻进井段钻时与岩性对比分析[J]. 西部探矿工程, 2006, 18(S1): 358-359.

[编辑] 龚丹

**Hans 汉斯**

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2471-7185, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [jogt@hanspub.org](mailto:jogt@hanspub.org)