

# Application of Shale Gas Geosteering Technology in Weiyuan Area

Hongfeng Shen

Logging Company of Great Wall Drilling Engineering Co., Ltd., CNPC, Panjin Liaoning  
Email: 68589423@163.com

Received: May. 30<sup>th</sup>, 2017; accepted: Jun. 7<sup>th</sup>, 2017; published: Oct. 15<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

With the deepening of development of shale gas reservoirs, the horizontal well which is one of critical techniques has been used widely to develop shale gas reservoirs. The data of well test and production test from drilled horizontal wells showed that the position of horizontal section in the reservoir was very important, and the production of a good layer was several times that of common layer. There were few shale gas exploration wells in Weiyuan area, so little knowledge on stratigraphic development condition and structures was less, and microstructure was complex and the variation of lithology of the target layer was not obvious, position of the drill bit judged by the conventional means was ambiguous. Identification of favorable layers while drilling and determination of formation location were the main problems in the field work. The target zone is finely divided based on the geosteering in the shale gas reservoir, so as to find the favorable layers. A detailed model is established by geosteering. The model can be dynamically adjusted, the trajectory is corrected in real-time to track the favorable reservoir to ensure the drilling-encounter ratio of the favorable reservoirs and success rate of horizontal wells, and reduce the geological and engineering risks.

## Keywords

Shale Gas, Elemental Logging, Geosteering, Favorable Reservoir

---

# 页岩气地质导向技术在威远地区的应用

沈宏峰

中国石油集团长城钻探工程有限公司录井公司, 辽宁 盘锦

作者简介: 沈宏峰(1981-), 男, 工程师, 现主要从事水平井地质导向技术支持工作。

Email: 68589423@163.com

收稿日期: 2017年5月30日; 录用日期: 2017年6月7日; 发布日期: 2017年10月15日

## 摘要

随着页岩气藏开发的深入, 利用水平井开发页岩气已成为一项重要技术并被广泛采用, 已钻水平井试油试采数据表明水平段在储层的位置十分重要, 优势储层的产量是一般储层产量的几倍。威远地区页岩气区域探井分布少, 地层发育状况探明程度低, 构造落实程度差, 微幅构造复杂; 目的层岩性变化不明显, 通过常规导向手段, 判断钻头所在储层中的位置存在多解性, 优势储层的随钻识别和钻探地层位置判断成为现场工作的主要难题。应用页岩气地质技术导向技术, 对目的层做出精细划分, 寻找出优势储层; 应用地质导向技术建立导向精细模型, 通过对精细模型的动态调整, 轨迹实时修正, 追踪优势储层, 能够确保优势储层钻遇率和水平井实施的成功率, 降低地质、工程风险。

## 关键词

页岩气, 元素录井, 地质导向, 优势储层

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

威远区块优质页岩厚度 40~50 m, 区块内已钻水平井 27 口, 水平段长度相同的情况下产量相差数倍, 单井产量与“优势储层”钻遇长度成正相关。通过对钻前地质建模、水平段着陆、平井段跟踪等技术进行研究, 形成了适合页岩气藏的地质导向技术, 提高了“优势储层”钻遇率, 到达了高效开发页岩气藏的目的。

## 2. 威远地区地质概况

威远地区页岩气三维区块内地面地腹构造格局一致, 构造简单, 西北高东南低, 轴线近东西向。威远地区龙马溪组优质页岩段发育在龙马溪组底部, 井段为 2534.0~2574.0 m, 厚 40 m; 储层电性特征较为明显: 伽马值较高, 约 139~437 API, 平均为 189 API; 铀值较高, 约 2.7~41 mg/L, 平均 12.6 mg/L; 中子孔隙度约 7%~23%, 平均 18%; 密度略低, 约 2.34~2.71 g/cm<sup>3</sup>, 平均 2.57 g/cm<sup>3</sup>; 声波时差 72~95 μs/ft, 平均 86 μs/ft; 电阻率略高, 为 4~650 Ω·m, 平均 43 Ω·m。最优储层位置为龙马溪最底部, 厚度为 6.0 m。

### 3. 页岩气水平井地质导向建模技术

页岩气水平井地质导向建模的关键点是对目的层构造、产状分布的精确认识。在建模过程中要收集区域邻井测井、录井及地震等资料，结合设计轨迹做出导向模型，对目的层及标志层深度进行预测。运用录井技术从烃源岩、含气性、脆性等方面表征优势储层[1]，为水平段优势储层跟踪提供依据。

页岩气开发以水平井为主，区块内部一般有 1~2 口直井，山区地震资料精度较低，难以达到精准地质建模的目的。以 W 井区、M 井区最初两个平台为例，导向模型精度低。W 井区平台水平段入口点层实际深度与设计深度相差最小 8.43 m，最大 16.48 m，平均 10.79 m。端点实际深度与设计深度相差最小 4.30 m，最大 64.33 m，平均 23.04 m。M 井区平台水平段入口点层实际深度与设计深度相差最小 5.14 m，最大 34.3 m，平均 17.19 m。端点实际深度与设计深度相差最小 34.31 m，最大 172.19 m，平均 87.19 m (见表 1)。

**Table 1.** The statistics of evaluation of drilled and designed errors

**表 1.** 评价实钻与设计误差统计表

井号	入口点误差/m	端点误差/m	井号	入口点误差/m	端点误差/m
MH2-1	-16.49	-34.31	WH3-1	-13.71	-17.4
MH2-2	-34.3	-41.55	WH3-2	-12.58	-24.94
MH2-3	-10.45	-42.4	WH3-3	-16.48	-64.33
MH2-4	26.71	172.19	WH3-4	-11.69	-21.54
MH2-5	5.14	141.63	WH3-5	-1.83	-4.3
MH2-6	-10.05	91.06	WH3-6	-8.43	-5.73
平均	17.19	87.19	平均	10.79	23.04

1) 目标层显化表征。通过已钻井资料结合导眼井资料建立出不同区块的目标层显化表征，寻找出目标层顶底面伽马、地化、特征元素变化规律，以便实钻时依据随钻测录井参数判断钻头位置。

2) 精细地层划分。结合邻井目的层伽马曲线特征，细分储层，为着陆施工提供有效的对比跟踪依据。

3) 三维地层重构技术。通过已钻水平井及地震资料对储层的构造进行重新刻画，达到精准建模的目的。区域内已钻井越多模型精准度越高。重构后依据构造图建立的模型精度远远高于最初两个平台，导向模型与实钻结果误差率不到最开始两个平台的 30%。

### 4. 页岩气水平井着陆技术

#### 4.1. 标志层选取及特征

根据随钻伽马大小变化建立出不同标志层，着陆时逐层对比，结合导向模型精准着陆目的层(图 1)。根据元素组合和地化特征确定标志层特征。

#### 4.2. 水平井着陆技术

1) 地质导向逼近着陆控制。根据邻井测井资料，将实钻标准层进行逐层对比，实施逼近控制，确保准确着陆。

2) 由地层厚度计算倾角。根据邻井标志层间真厚度与实钻井标志层间视厚度相对关系计算地层倾角，确定落靶角度根据所钻各标志层厚度变化计算出地层倾角  $\alpha$ ，根据地层倾角及标志层间厚度预测目的层埋深，校正导向模型(图 2)。

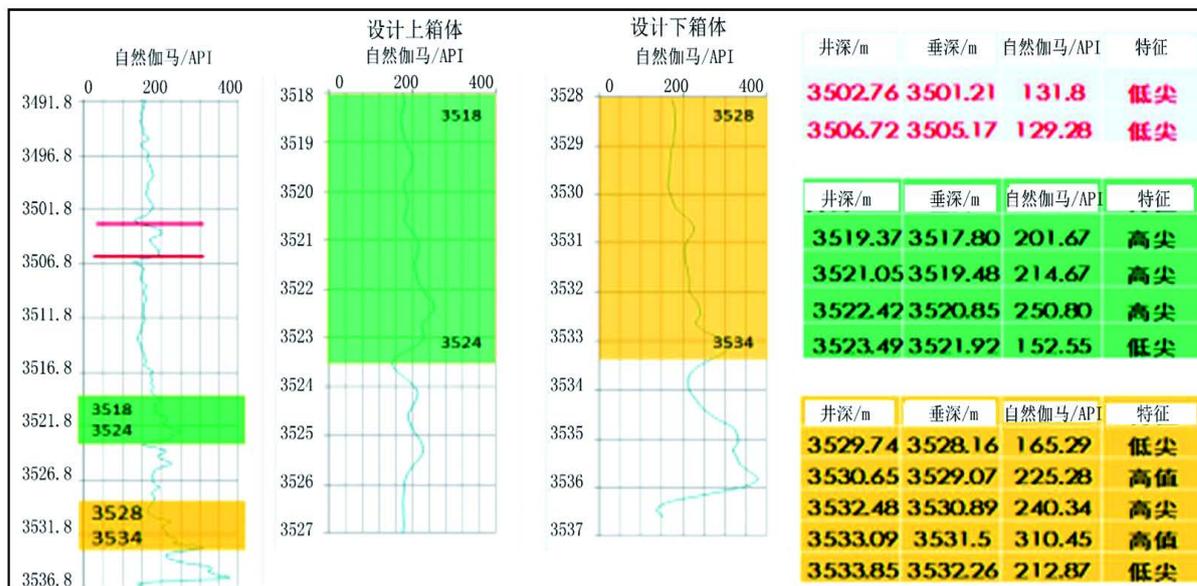


Figure 1. The marker layer while drilling in Wellblock M

图 1. M 井区随钻标志层

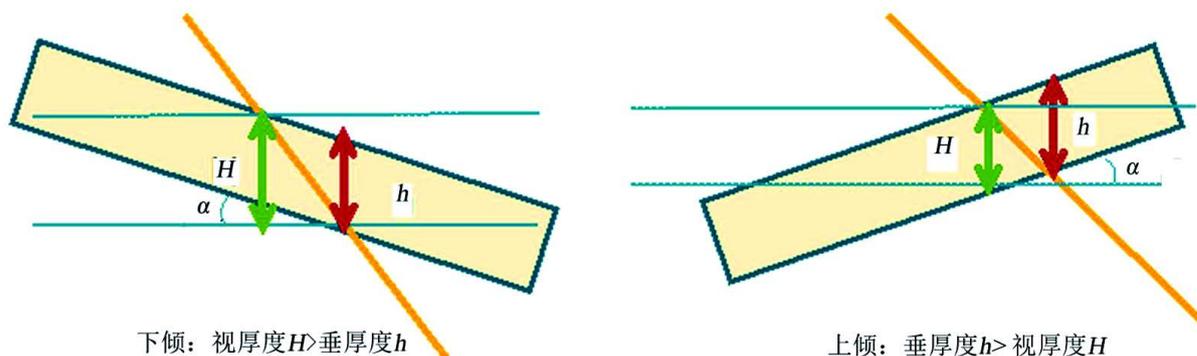


Figure 2. The relation model for calculating the variation of marker layer and formation dip angle

图 2. 标志层厚度变化与地层倾角计算关系模型

### 5. 页岩气水平井段跟踪技术

页岩气水平段跟踪技术主要依据实钻测录井参数大小与标准化剖面对比分析判断钻头位置，利用三维地层重构技术动态调整导向模型，预测待钻地层产状。

- 1) 地震跟踪技术。地震资料能够反映出水平段地层倾角变化，根据地震剖面指导现场施工(图 3)。
- 2) 伽马属性跟踪技术。钻前建立伽马导向模型，模拟出水平段各位置伽马大小，在实钻过程中当伽马值与模拟不相符时，校正导向模型，预测待钻地层埋深(图 4)。
- 3) 地化元素录井跟踪技术。利用单伽马导向时伽马值大小变化存在多解性，即钻头位于储层的不同位置伽马数值大小相同，通过特色录井技术的应用可以弥补这个缺陷。应用 TOC、游离气含量、吸附气含量、脆性指数等参数，从烃源岩、含气性、脆性等方面进行综合性的随钻页岩优势储层识别与评价，形成优势储层判别标准，指导水平段钻进。

在水平段钻进过程中，参考元素录井、地化录井标准化剖面，综合利用随钻伽马、地化、元素录井参数实时与标准化剖面对比，分析计算钻头位于储层中的位置，达到导向效果(图 5)。

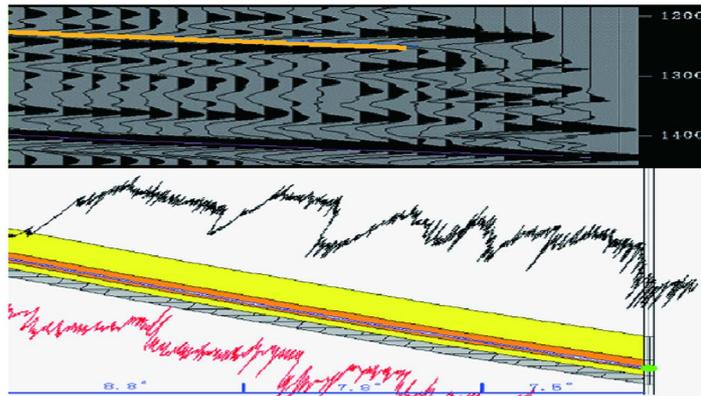


Figure 3. The seismic tracking plot  
图 3. 地震跟踪图

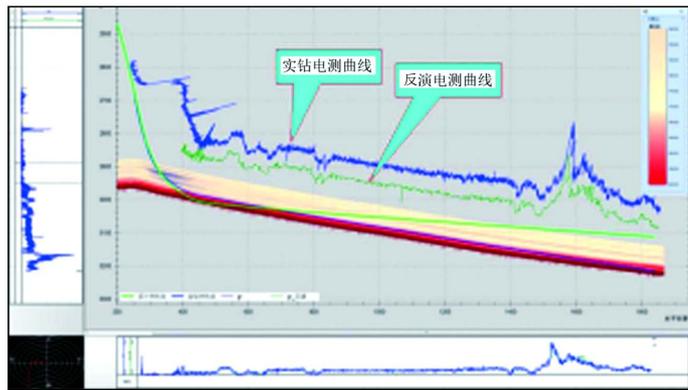


Figure 4. The track steering of gamma attribute inversion  
图 4. 伽马属性反演轨迹导向图

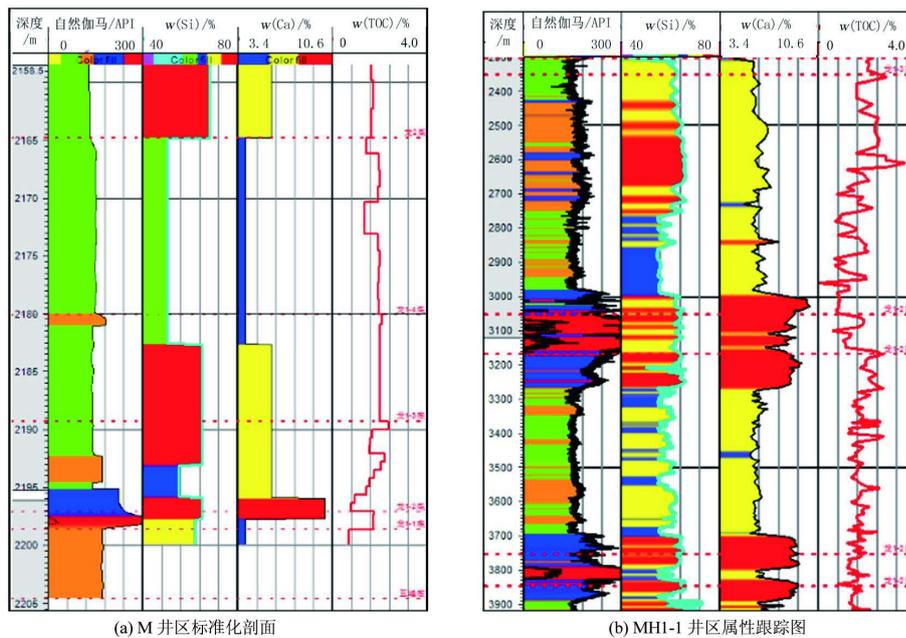


Figure 5. The tracking contrast of geochemical element logging  
图 5. 地化元素录井跟踪对比图

## 6. 应用效果分析

将该方法应用于 27 口井实现了优质页岩钻遇率 98%。现场测试结果: 日累计最低产气量  $3.8537 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 日累计最高产气量  $27.5149 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 日累计平均产气量  $15.2878 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。产量最高平台 6 口井日产量超过  $100 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

实例 WH2-4 井。依据邻井设计 WH2-4 井目的层箱体特征, 其标志特征: 进入箱体后 Ca 元素含量骤降, Si 元素含量增高; 进入箱体中下部 Ca 元素含量下降, Si 元素含量增高(高达 70%)。钻井过程中通过优质页岩顶部及各个标志层逐层计算地层产状及预测目的层垂深。其中在 3310~3340 m 时 Ca 含量明显降低, Si 含量明显升高, 判断钻至箱体底部, 及时上调追箱体; 钻至 4335 m Si 含量高于 Ca 含量, 判断钻头位于箱体顶部, 4335 m 后降斜追到箱体中部; 钻至 4775 m 后钻至箱体底部, Ca 含量高于 Si 含量, 增斜完钻。该井优势储层钻遇率 100%, 水平段压裂后, 目前试气, 排液  $340.44 \text{ m}^3$ , 累计排液  $8312.94 \text{ m}^3$ , 返排率 22.61%, 井口压力 40 MPa, 气产量  $270,160 \text{ m}^3$ , 折合日产气量  $27.2 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

## 7. 结语

针对威远地区页岩气储层特征, 从钻前地质建模、着陆分析、水平段储层跟踪等方面有针对性地建立了该区导向方法。在实际应用过程中有效地指导了水平井钻进, 提高了“优势储层”钻遇率, 改善了开发效果, 为同类油藏水平井地质导向提供参考。

## 参考文献 (References)

- [1] 韩国生, 周艳红, 田野, 等. 四川威远页岩气储集层录井解释评价方法[J]. 录井工程, 2015, 26(3): 75 -79.

[编辑] 帅群

**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)