

# 基于测井系列校正的趋势面分析法标准化研究

李姊桐<sup>1</sup>,张庆国<sup>2</sup>,邢小林<sup>3</sup>

(1. 大庆油田有限责任公司第二采油厂第五作业区,黑龙江 大庆 163414;

2. 东北石油大学地球科学学院,黑龙江 大庆 163318;

3. 大庆油田有限责任公司第四采油厂第四油矿,黑龙江 大庆 163000)

**摘要:** 对测井资料进行标准化处理是地质精细解释的前提,不仅能提高测井资料的准确性,并且能保障测井解释精度。本文采用趋势面分析法对测井资料进行标准化。在进行第一次标准化处理时,由于研究区内新老井应用多种测井系列测量,出现了由测井系列差异引起的异常点。因此,将测井系列校正纳入标准化处理流程,即当工区开发历时较久、范围较大、测井系列较多时,在测井资料标准化之前必须先进行测井系列校正;提出了测井系列校正的方法,应用该方法对测井资料校正后,再进行第二次标准化处理。其结果检验表明,处理后的测井信息更加符合区域地质规律,证明该思路符合实际需求,能更加准确地完成区块测井资料的标准化,可以推广至全区及其它类似工区。

**关键词:** 测井曲线;标准化;测井系列校正;趋势面分析法;构造等高线

**中图分类号:** TE122.35 **文献标识码:** A

## 0 引言

准确的测量测井曲线深度与幅度是保证地质综合解释结果可靠的前提。但是,由于许多非地层因素的影响,不能保证各测井曲线幅度测量的准确性,因此在进行测井或地震解释之前,必须消除非地层因素对测井曲线的影响,即对测井曲线进行标准化处理<sup>[1-4]</sup>。

测井数据标准化这一问题首先是在1968年由Connolly提出的,随后Knox(1973)、Lang(1980)、Sheir(1982)、J H Doveton等<sup>[5]</sup>人分别对标准化的方法进行探讨。在国内有王志章、赖泽武等人先后对趋势面分析法标准化进行了详细探讨。现在,仍有很多学者<sup>[6-21]</sup>对测井资料的标准化问题再做各方面的研究,并取得了一定进展。

在进行标准化处理前,首先应明确需要进行标

准化处理的测井曲线种类。测井信息是为地质综合解释服务的,在具体进行测井解释时,有些曲线常用其相对值或者比值,如自然电位、自然伽马等曲线,因此不需要重新对其进行处理。但有些曲线则直接应用其刻度值,如声波时差、电阻率等测井资料,并且这类曲线受测井系列、时空关系、目的层埋深差异的影响较大<sup>[8-10]</sup>,因此对这类曲线的重新处理是非常必要的。本文将着重讨论用趋势面分析法对声波时差曲线进行标准化处理的方法。

## 1 研究区概况

本文研究的C区块位于松辽盆地南部中央坳陷区长岭凹陷,该区块开采的主要目地层为姚一段葡萄花油层和青三段高台子油层,其储层分布变化大,不稳定。工区局部发育黑帝庙油层和扶余油层,构造圈闭不太发育,主要以断层控制的岩性油藏

收稿日期: 2017-01-05; 责任编辑: 王传泰

作者简介: 李姊桐(1990—),女,硕士,2016年6月毕业于东北石油大学地球探测与信息技术专业,研究方向测井资料数字处理与解释、复杂性储层测井综合评价,测井资料地质综合解释与应用,成像测井沉积、构造、储层综合研究。通信地址:黑龙江省大庆市让胡路区银湖馨苑A12-1-1301;邮政编码:163000;E-mail:lizitong1226@foxmail.com,379351831@qq.com

为主<sup>[11]</sup>。C 区块勘探始于二十世纪五十年代,先后使用多种方法进行勘探直至今天,新老井共存,原始资料复杂。

## 2 关键井与标准层确定

在对测井资料处理之前,首先应进行关键井的选择,然后选择标准层。关键井选择需具备四个条件:①良好的井眼,②有理想的地质控制和相对比较系统的取心资料,③有比较完善的测井系列,④有试验分析资料。选择合理的标准层是为了尽可能的减小局部因素的影响,因此标准层应选择厚度稳定、岩性均匀、岩石成分稳定、电性特征比较明显的非渗透岩层<sup>[12-14]</sup>。

在本次研究中,通过对测井资料、取心资料的分析与地层精细对比,主要选取 R53、QS12 等井为关键井,这些井主要用 3700、5700 测井系列进行测量,由于本研究区多种测井系列共存,为考虑资料的全面性等因素,关键井中也包含应用 EXCELL2000 和 SKD3000 测井系列测量的井。同时,通过关键井间的对比分析,选取姚 2+3 底部稳定分布的泥岩层段作为标准层段,该层段厚度及电性稳定,深度差异小,且受井眼等环境影响小。

## 3 趋势面分析法标准化

### 3.1 基本原理

在实际地质情况中,影响测井曲线形态的地质参数受地质规律的支配,不同地质规律反映到测井曲线上会表现出不同形态。地质规律的影响因素则包含三个方面:区域性趋势值、局部异常值、随机性干扰值,这三方面共同作用得到了测井曲线的实际值<sup>[15]</sup>。趋势面分析法标准化就是利用多元分析技术,拟合出一个数学曲面,使其仅受区域性趋势值的影响,从而消除了局部性异常值和随机性干扰值的影响,这样就完成了对测井曲线的标准化。

通过上述对趋势面分析法的简单描述,可知趋势面分析法的重点就是以测井响应值为中间量,建立井位坐标与趋势值之间的多项式方程,即趋势函数

$$Z = \sum_{n=1}^m A(i) \cdot x^n + A(i+1) \cdot x^{n-1} \cdot y + A(i+2) \cdot x^{n-2} \cdot y^2 + \cdots + A(i+n-1) \cdot x \cdot y^{n-1} + A(i+n) \cdot y^n \quad \cdots \cdots (1)$$

$$2) \cdot x^{n-2} \cdot y^2 + \cdots + A(i+n-1) \cdot x \cdot y^{n-1} + A(i+n) \cdot y^n \quad \cdots \cdots (1)$$

由(1)式可知,当选取最佳拟合次数  $m$  时<sup>[16]</sup>,由工区内任意井位坐标  $(x, y)$  即可求出符合该趋势的趋势值  $Z$ ,其中,  $A(i)$  为符合曲面趋势的随机变量。由趋势值  $(Z)$  及原始测井响应值  $(z)$  则得残差值  $(\Delta Z = Z - z)$ 。

若趋势分析的残差图仅为随机变量,则是测井刻度误差造成的;若残差图上存在某些异常点,则可能是岩性的局部性变化引起的。因此,在用趋势分析法进行测井曲线标准化时,必须选择合理的标准层,这样就消除了残差值在局部异常点的影响,得到的残差值便可作为测井资料数据标准化的校正量。

### 3.2 标准化处理过程

首先,做出每口关键井标准层的声波时差值的频率直方图,并确定其分布频率及峰值,将峰值作为各井标准层的特征峰值;然后,用趋势面分析法处理这些数据。本次研究的处理过程应用 MATLAB 软件编程,程序中应用前文提到的趋势函数进行计算,趋势函数的最佳拟合次数选四次,计算得出一组趋势值和残差值,从而得到校正量。

## 4 一次标准化结果分析

经过上述标准化处理过程,得到标准层声波时差原始等值线图(图 1a)与标准层经一次趋势校正后的残差等值线图(图 1b)。经对比发现,在残差图中有一个由 C53 井和 QS24 井控制的局部异常点;通过复查得知,C53 井由 EXCELL2000 测井系列测得曲线值,这是本研究区的特殊之处。研究区中多种测井系列共存,这时残差图上异常点的出现就有可能由于测井系列的不同引起的,因此必须进行测井系列校正后,再进行趋势面分析法标准化才能够准确无误。

## 5 测井系列对比校正

测井系列的对比问题是进行测井资料预处理时容易忽略的问题,但当研究区开发历时较长、区块较大、新老井及各测井系列共存时,在进行测井资料数据标准化前,则必须先考虑对测井系列进行对比较

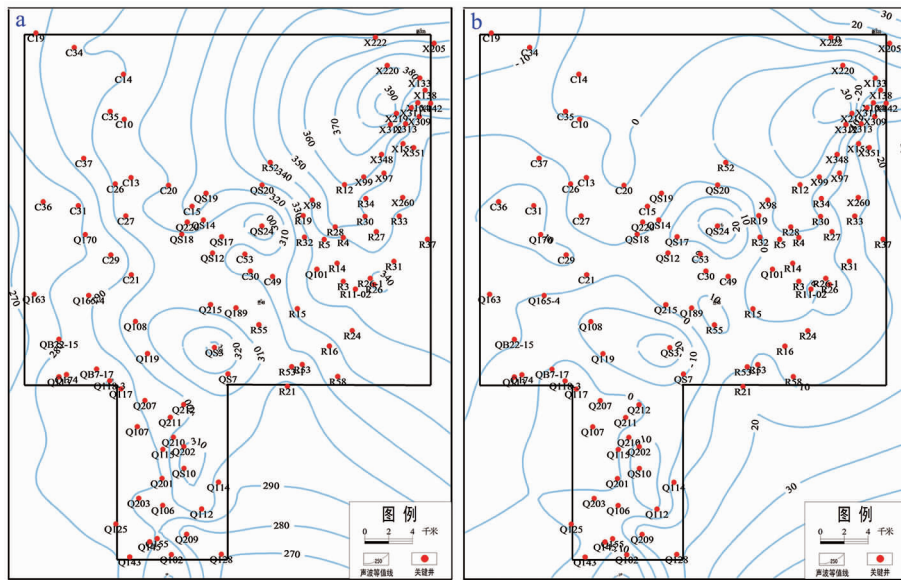


图 1 标准层声波时差原始等值线图与趋势校正后残差等值线图对比

Fig. 1 Comparison of the original contour map of interval transit time of standard layer and the post trend surface process residual error contour map

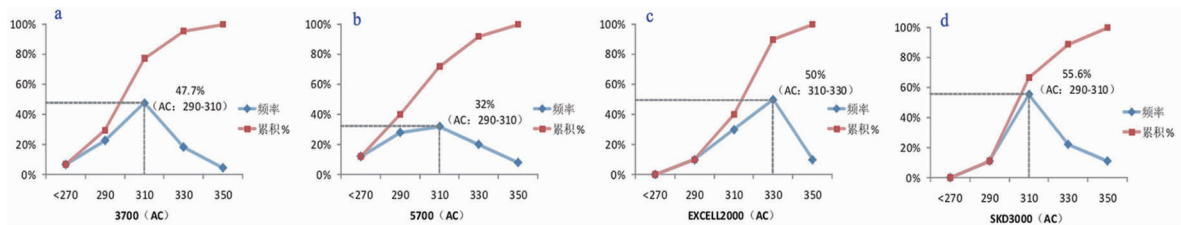


图 2 四种测井系列频率累积折线图对比

Fig. 2 Comparison of frequency accumulative curves of 4 well logging series

正。在前人的研究中提到过测井系列的不同会对标准化的结果以及后续测井解释、储层预测工作造成不利影响<sup>[3,17-18]</sup>,但始终并未给出方法和落实到实际处理中,本文将给出测井系列校正的过程并且与本区块标准化结果相结合,讨论其校正效果的优劣。

测井系列对比较校正过程首先是在研究区内选择合适的测井系列为标准系列,再以标准系列为基础刻度,其它测井系列分别与之对比,求出差值,从而建立全研究区测井系列的统一刻度标准。该方法要求标准系列在研究区应用井数最多,这样既减少后续工作量,同时保证所用测井数据的准确性,并且,无论是标准系列或非标准系列,所选取的关键井要求广泛分布于全区,有较全面的测井数据。

根据上述要求,选取研究区的 3700 测井系列为标准系列,将工区内其它测井系列包括 5700、EX-CELL2000、SKD3000 分别做出频率累积折线图并

与 3700 测井系列进行比较(图 2),得到声波时差校正量(表 1)。

## 6 二次标准化结果分析

根据上文得到的声波时差校正量将非 3700 测井系列测量的关键井进行校正。例如,上文提到的 C53 井测井曲线为 EXCELL2000 系列测得,其原始声波时差值为  $326.596 \mu\text{s/m}$ ,根据上文的研究成果,将其校正到 3700 测井系列的声波时差值为  $312.747 \mu\text{s/m}$ 。按此方法校正关键井,得到经测井系列校正后的声波时差原始等值线图(图 3a)和经过二次趋势校正后的残差等值线图(图 3b),经对比,两图趋势一致,并且在残差图上无明显异常点。

表 1 四种测井系列校正结果表  
Table 1 Results of 4 well logging series' corrections

| 测井系列<br>侧 净 值                   | 3700    | 5700    | EXCELL2000 | SKD3000 |
|---------------------------------|---------|---------|------------|---------|
| 声波 AC( $\mu\text{s}/\text{m}$ ) | 299.116 | 295.579 | 312.965    | 305.701 |
| 声波 AC 校正量                       | /       | 3.537   | -13.849    | -6.585  |

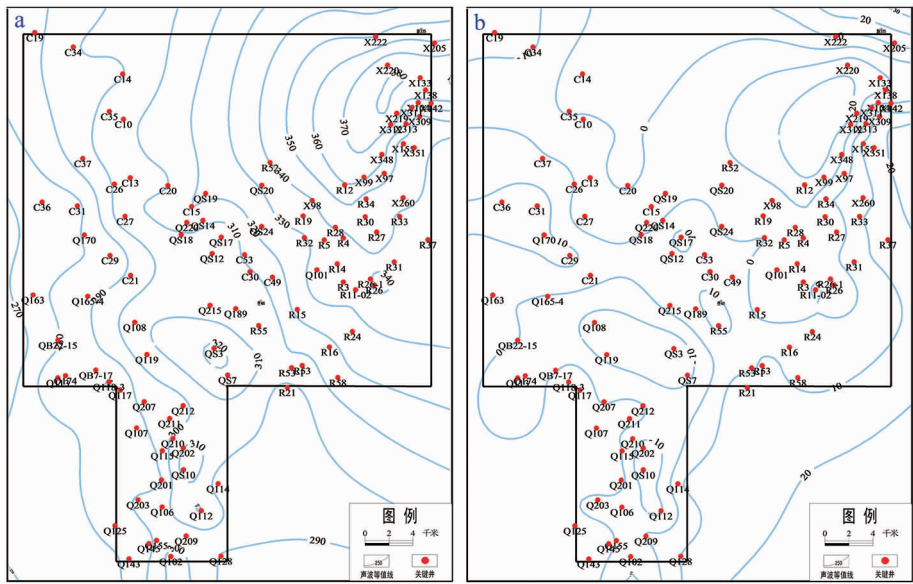


图 3 测井系列校正后的声波时差原始等值线图与二次趋势校正后残差等值线图对比  
Fig. 3 Comparison of the post correction original contour map of interval transit time and the post second trend surface procession residual error contour map

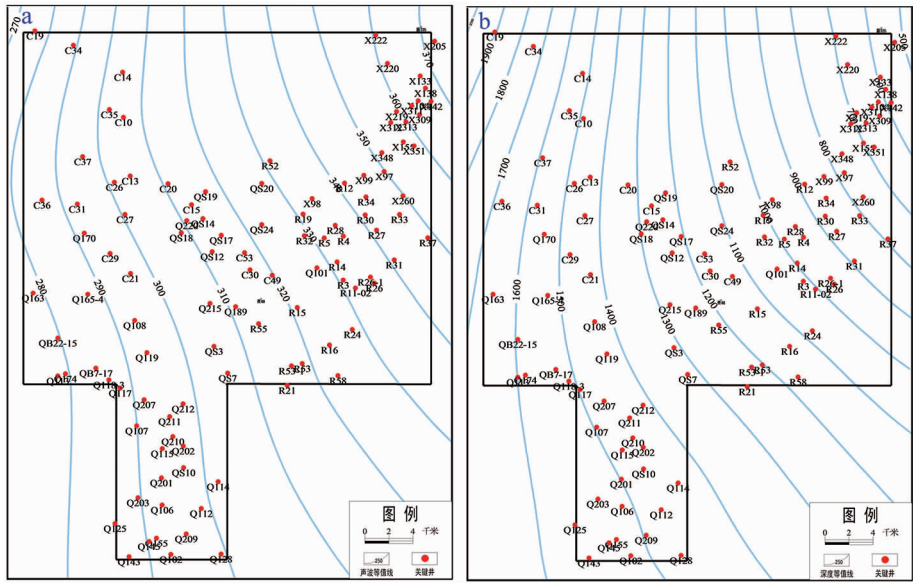


图 4 二次标准化后声波时差趋势等值线图与区块构造等高线图对比  
Fig. 4 Comparison of the post second normalization trend surface contour map interval transit time and the block structural contour map

## 7 标准化效果分析

测井资料标准化处理是为了使目标区内所有井的曲线整体特征与实际地质特征达到最佳吻合的目的。研究选取的标准层岩性均匀,沉积环境类似,但标准层的测井响应并不是一成不变的,而是随标准层埋深的变化而具有一定的变化趋势<sup>[2,5,7,19-21]</sup>。

本次研究进行二次标准化后得到声波时差测井曲线的四次趋势面(见图 4a)与研究区构造等高线的四次趋势面(见图 4b)基本一致,并且声波时差值与深度值具一次线性关系,相关系数为  $R=0.9317$ (图 5),表明位于相同或相邻构造等高线上的各井具有相同或相似的测井响应特征,这样便建立了研究区测井响应趋势面与区域地质模式的联系,验证了趋势面的有效性,同时也检验了测井系列校正结果的准确性。

在关键井分布的适当范围内,可以做声波时差趋势面的预测,因此本次研究中二次标准化后所得的声波时差趋势面可以推广至工区范围,但不能在工区外进行外推。

## 8 结语

(1)当工区面积较大,开发时间较长时,会存在多种测井系列测量的情况,在这种情况下进行测井资料的标准化时,需要在标准化前对不同测井系列进行校正,并且测井系列校正需要选择在工区内测量井数最多的测井系列作为标准系列,这样标准化

的结果会更符合区域地质规律。这种结合了测井系列校正的趋势面标准化方法可以推广至其它类似的工区。

(2)无论是测井系列校正还是曲线标准化,之前都要慎重选择关键井和标准层,这两者的适当与否关系着下面测井资料处理工作的准确性与合理性,是至关重要的环节。

(3)进行结果校验时,可将标准化所得的测井曲线趋势面与区域构造等高线的趋势面对比,这样既给测井曲线趋势面赋予了地质意义,又验证了标准化结果的准确性。

### 参考文献:

- [1] 李东安, 宁俊瑞, 刘振峰. 用神经网络和地质统计学综合多元信息进行储层预测[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(4): 493-498.
- [2] 李占东, 赵伟, 李阳, 等. 开发地震反演可行性研究及应用[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(5): 797-806.
- [3] 侯伯刚, 刘文岭, 罗娜. 地震反演中测井数据的预处理[J]. 物探与化探, 2009, 33(3): 331-336.
- [4] 肖佃师, 黄文彪, 张小刚, 等. 王府凹陷青山口组含油气泥页岩层的测井曲线标准化[J]. 东北石油大学学报, 2014, 38(1): 46-53.
- [5] Doveton J H, Borneman E. Log normalization by trend surface analysis [J]. The Log Analyst, 1983, 22(4): 3-8.
- [6] 蔡忠, 信荃麟. 油气田测井数据标准化方法研究[J]. 地质评论, 1993, 39(4): 371-377.
- [7] 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.
- [8] 范宜仁, 李虎, 丛云海, 等. 测井资料标准化方法适用性分析与优选策略[J]. 特种油气藏, 2013, 20(2): 8-11.
- [9] 王营营, 孙莉莉, 王志章. 测井资料趋势面分析法标准化流程建立[J]. 油气地球物理, 2010, 8(4): 5-8.
- [10] 熊琦华, 王志章, 曾文冲. 牛庄洼陷万全油田测井资料数据标准化[J]. 石油大学学报, 1991, 15(3): 28-35.
- [11] 张庆国, 鲍志东, 那未红, 等. 松辽盆地中央拗陷南部下白垩统泉头组四段沉积相[J]. 古地理学报, 2007, 9(3): 267-276.
- [12] 雍世和, 张超谟. 测井数据处理与综合解释[M]. 山东: 石油大学出版社, 2002: 105-108.
- [13] 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): 191-215.
- [14] 刘爱群, 盖永浩. 测井约束反演过程中测井资料统计分析研究[J]. 地球物理学进展, 2007, 22(5): 1487-1492.
- [15] 赖泽武, 张一伟, 熊琦华, 等. 具有趋势的克里格方法在测井资料数据标准化中的应用[J]. 石油勘探与开发, 1999, 26(6): 91-94.
- [16] 李汉林, 赵永军, 查明. 影响趋势面拟合度的主要因素和选择最佳趋势面的方法[J]. 地质论评, 1994, 40: 33-38.
- [17] 程道解, 王慧. 基于双标准层趋势面分析的测井资料标准化

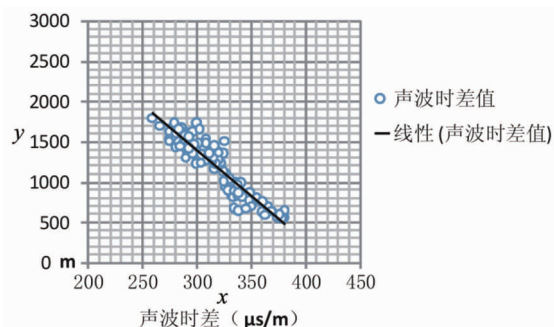


图 5 二次标准化后声波时差值与深度线性关系图

Fig. 5 The post second normalization interval transit time VS the depth linear

- 方法[J]. 石油地质与工程, 2012, 26(2): 39-41.
- [18] 邹德江, 于兴河, 王晓畅, 等. 油藏研究中测井曲线标准化优化方法探讨[J]. 石油地质与工程, 2007, 21(4): 55-58.
- [19] 魏汝岭, 孙建孟. 多维网格技术在测井曲线重构中的应用[J]. 勘探地球物理进展, 2010, 33(4): 284-288.
- [20] 孟恩, 徐刚, 沈财余, 等. 约束地震反演中测井数据的标准化及储层的精细标定[J]. 石油地球物理勘探, 2005, 40(2): 226-232.
- [21] 肖佃师, 卢双舫, 陈海峰, 等. 基于频谱分解的测井曲线标准化方法[J]. 石油与天然气地质, 2013, 34(1): 129-136.

## Normalization study of trend surface analysis based on logging series' correction

LI Zitong<sup>1</sup>, ZHANG Qingguo<sup>2</sup>, XING Xiaolin<sup>3</sup>

(1. *The Fifth Section Production of the Second Oil Extraction Plant of Daqing Oilfield Company Limited, Daqing 163414, Helongjiang, China;*

2. *Earth Sciences Institute, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, Helongjiang, China;*

3. *The Fourth Section Production of the Fourth Oil Extraction Plant of Daqing Oilfield Company Limited, Daqing 163000, Helongjiang, China)*

**Abstract:** Logging data normalization is the premise of fine geological interpretation, which can not only improve the accuracy of logging data, but also can guarantee the accuracy of log interpretation. In this paper, trend surface analysis method is used for logging data normalization. During the first normalization, some outliers appeared due to different logging series used in the old and new wells. Therefore, this paper introduces the logging series' correction to the normalization process, i. e. for working areas which are in large area having a long exploitation history and multi-logging series were used the correction of logging series must be done before the normalization. This paper proposes a logging series' correction method. After logging data correction with this method begin the second normalization. Result of the normalization procession t shows that the processed logging information is more consistent with the law of the regional geological condition. Such normalization meets need of the actual situation and completes regional logging data normalization more accurately so it can be popularized to the whole region and other similar regions.

**Key Words:** well log curve; normalization, well logging series' correction, trend surface analysis method, structural contour maps