

地震勘探方法在川东深层富钾卤水勘探中的应用

阎建国, 侯 磊, 赵玉红, 杨晓玉

(成都理工大学地球物理学院, 成都 610059)

[摘要] 地震勘探方法作为地球物理勘探方法的一种, 不仅在其擅长的油气资源勘探领域, 而且在找寻其他矿藏领域也有广泛的应用。本文主要阐述用油气勘探的技术思路, 结合富钾卤水的地震响应特征, 确定地层深部富钾卤水的地震资料解释方法和应用效果, 总结寻找卤水矿藏可运用的地震勘探解释技术和流程。四川盆地东部某富钾卤水区的实际应用表明, 地震勘探方法能较好地圈定富钾卤水储层, 并能提出勘探远景区。

[关键词] 地震勘探; 富钾卤水; 裂缝; 层拉平; 四川盆地

[中图分类号] P5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2013)10-0059-07

1 前言

钾盐随着社会与科学技术的发展被广泛应用, 不但用于农业所需的钾肥, 而且广泛用于一些重要的工业产品如显像管、清洁剂、建筑材料和玻璃制造等, 需求量日益增大。地表浅层易于发现与开采的钾盐资源日益减少, 致使世界范围的找钾研究迅速扩大, 且不断深入。

钾盐矿石工业类型有很多种, 本文主要以地震勘探方法寻找液态钾矿石(即深层地下卤水)。四川盆地海相地层的残余海水为富钾卤水形成提供了可靠的物质基础; 厚大的砂泥岩盖层和较大的埋深是富钾卤水能保存至今的良好条件; 背斜褶皱和断裂、裂缝为富钾卤水渗流、富集提供了必要的空间^[1]。此外, 盆地内有大量的探井, 已发现并证实: 三叠系下三叠统嘉陵江组和中三叠统雷口坡组为富钾卤水层^[2]。富钾卤水资源在四川盆地已经具备生成和储集的条件。

地震勘探是利用人工激发的弹性波来定位矿藏, 获取地质信息, 它的主要优势在于获得深部地层信息^[3], 故将地震方法运用于寻找深部地层富钾

卤水矿中, 把卤水储层作为一种特殊的含流体沉积储层, 在储层特征研究中应充分发挥地震勘探及地球物理方法的优势和作用, 达到寻找富钾卤水的目的。

本文以四川东部某地为探卤区, 运用地震勘探方法寻找深层卤水, 总结概括出一套能运用于该地区寻找富钾卤水的地震勘探方法, 确定富钾卤水的层段、分布和勘探前景。

2 富钾卤水储层地震资料解释方法和流程

2.1 川东富钾卤水形成条件

川东雷口坡组岩性为白云岩、石灰岩、石膏及泥页岩的组合并夹杂紫红色的泥岩和泥灰岩。雷口坡组沉积时, 气候较干旱、蒸发强、盐度不正常, 故出现大量的白云岩、石膏和硬石膏沉积, 即使在水动力较强、沉积砂屑与藻砂屑的地方, 盐度也较高, 使粒屑间也多为硬石膏胶结, 这为后期溶蚀作用产生次生融孔, 形成优质储层提供了有利条件。

原始沉积卤水在长期的深埋条件下, 变质作用加深, 一方面卤水矿化度增高, 稳定成分富集, 另一方面沉积层中的水被挤出, 盐类结晶水脱出, 这两

[收稿日期] 2012-11-27

[基金项目] 国家地质调查项目(1212011085518)

[作者简介] 阎建国(1960—), 男, 副教授, 四川成都市人, 主要从事地球物探勘探方法的教学和研究工作; E-mail: 380104430@qq.com

类水运移到储层过程中,使卤水的化学组成发生了改造,特别是盐类物质的地热变质脱水溶融,加强了盐类的热融和水溶变质作用,使可溶盐组分不断转入液相,乃至 K^+ 、 Rb^+ 的加入,使原始卤水组成发生了极大的改变,浓度增高, K^+ 、 Rb^+ 含量增高,给富钾卤水提供了保障。

2.2 解释方法与流程图

结合川东地区储卤地层特征,按照油钾兼探的指导思路,在对储层特征进行分析的基础上,以寻找油气储层的实际方法为手段,结合流体沉积储层的特殊性,对所获得的三维地震资料解释采用人机联作、纵横时间剖面相结合、相干属性、水平时间切片、层拉平技术、波阻抗反演等手段,对研究区块的储卤层进行构造精细解释和储层识别与预测。

根据前人的研究成果^[4],川东地质构造高陡,有良好的圈闭条件,同时根据沉积环境分析认为,研究区的嘉陵江组特别是雷口坡组地层是主要的储卤层。受构造运动及古沉积环境的约束,裂缝发育区及古凹陷区将是寻找富钾卤水的有利区域。

根据以上所述的研究思路和研究方法,笔者等总结了川东地区三叠系富钾卤水勘探地震资料解释方法的流程图(见图1),从地震属性和古构造分析以及反演三方面探讨储卤构造,并预测储卤有利区块。

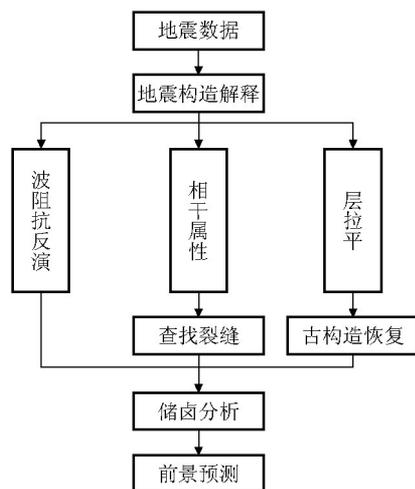


图1 资料解释方法流程图

Fig.1 Data interpretation method flow chart

3 应用实例

3.1 工区地层概况

该地区下、中三叠统嘉陵江组和雷口坡组地层岩性组合为碳酸盐岩与蒸发岩互层,其中的断裂、褶皱及其总体构造形变特征等与卤水的富集有着极为密切的关系,该层段为主要含卤层段。

三维地震数据体包含丰富的地层、岩性等信息,对三维数据体进行层位拾取,地震时间层位解释剖面(见图2)上,自上而下四条层位分别为X1底(雷口坡顶)、L2、J5、J4。X1底到J4层段之间岩性主要为白云岩、石灰岩、石膏及泥页岩的组合并夹杂紫红色的泥岩和泥灰岩,有时夹杂杂卤石。

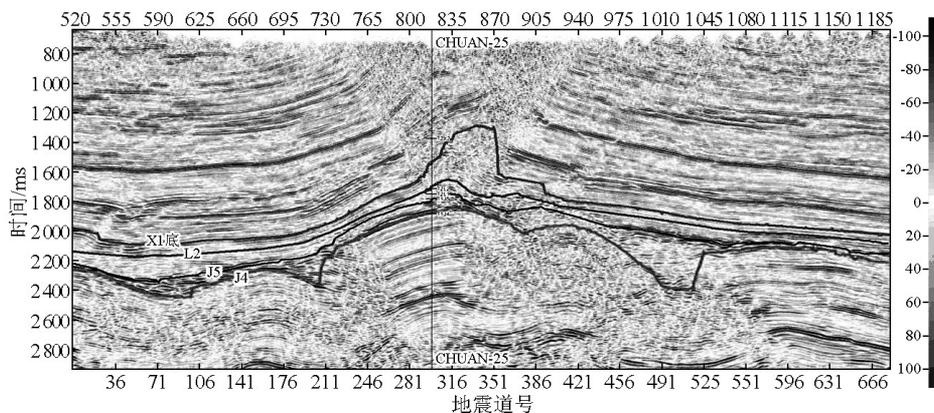


图2 层位解释剖面图

Fig.2 Horizon interpretation section

3.2 地震剖面特征

川东三叠统嘉陵江组和雷口坡组地层在地震

剖面上反映为一系列复杂的断垒、断堑及其复合形式的构造、断裂极发育,且断裂多与上下构造层不

相通。地震剖面L2—J5层段间,同相轴断点多而杂,并且绕射纵横交错,各种波长交叉叠置,岩层内

部绕射波异常丰富,绕射尾巴长,能量强(见图3)。

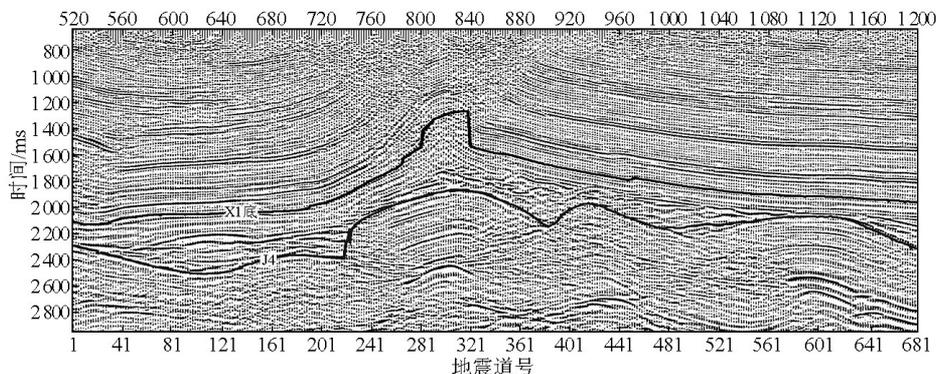


图3 L2—J5层段地震剖面

Fig.3 The seismic section of L2—J5 layers

除此以外,结合川东地质构造特征,X1底到J4层段之间主要储集类型以裂缝和裂缝-孔隙性为主,地震剖面(见图2)上断层发育明显,断层之间交错发育,具有良好的储渗关系。

3.3 构造及裂缝特征

在对三维数据体层位拾取的基础上,绘制出中部L2层构造图和深部J4层构造图,L2层构造图(见图4)断裂发育复杂,断裂有前后期之分,前期断裂主要呈现北东-南西走向,后期断裂主要从北西-南东走向切割早期断层,形成现在的复杂断裂发育。局部看来C25井附近断裂构造较为复杂,B2井与DW3井附近断裂相对发育简单,断裂主要呈北东-南西走向。

J4层构造图(见图5)断裂相对不发育,仅存在北东-南西向断裂,构造条件较简单。常规三维地震资料解释(三维数据体的二维解释)的工作量很大,而且很难得到隐藏在三维地震数据体中关于断层和特殊岩性体的清晰且准确的直观图像。相干数据体通过道间相似性等属性的计算,实现三维振幅数据体向三维相似系数等属性体的转换^[3]。

从L2层位的相干属性切片(见图6)中能够看出,深色区域为裂缝发育区域,在北东-南西方向有两条大的裂缝带,北西-南东方向也有较小的裂缝带发育,整体发育复杂,呈现十字交叉状,以北东-南西方向发育为主,C25井、B2井、DW3井也均处在深色区域,即裂缝发育区域。

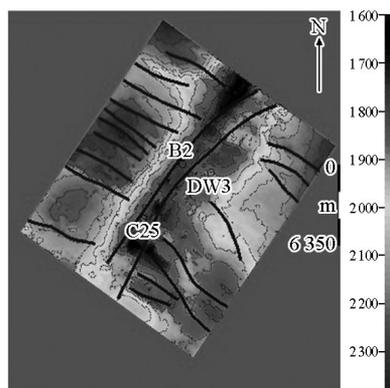


图4 L2层构造图

Fig.4 The structure diagram of L2 layer

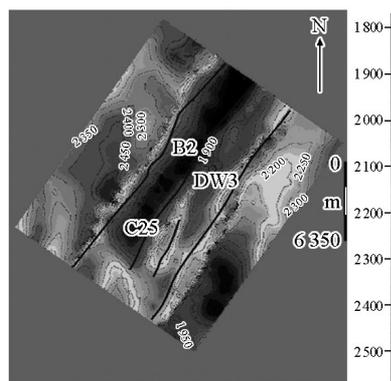


图5 J4层构造图

Fig.5 The structure diagram of J4 layer

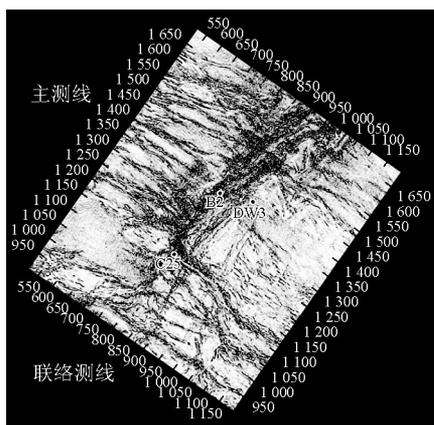


图6 相干属性体的L2层切片

Fig.6 The L2 layer section of coherent attribute body

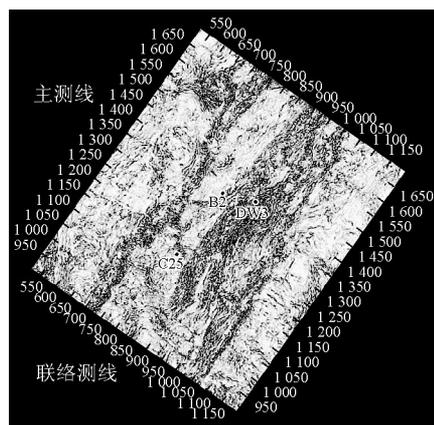


图7 相干属性体的J4层切片

Fig.7 The J4 layer section of coherent attribute body

从J4层位的相干属性切片(见图7)能够看出裂缝发育的走向已经从北西-南东向与北东-南西向的走势变为仅有的北东-南西向裂缝,C25井、B2井、DW3井已基本处于裂缝边缘地带。两层裂缝发育方向发生急剧变化,L2—J4层段之间可能发育有裂缝性储层。

3.4 古构造恢复

层拉平方法是在层序地层学和物探新技术上发展起来的一种比较简单直观的古地貌恢复方法^[5],本文运用层拉平方法恢复古地貌,寻找古地貌特

征,查找有利储层区域范围。

另一方面,残留可容纳空间是物源水系进入盆地后的主要运输空间,控制着沉积体系乃至储集体的宏观分布^[6]。促使笔者等使用古构造恢复方法探测地下是否存在上述的残余可容纳空间。

本文主要采用层位拉平技术将顶层拉平,观察其下层地质特征:由图8能够看出拉平X1底,在C25井与B2井所处区域的古地貌存在地质古凹陷,即上文所提到的残余可容纳空间。

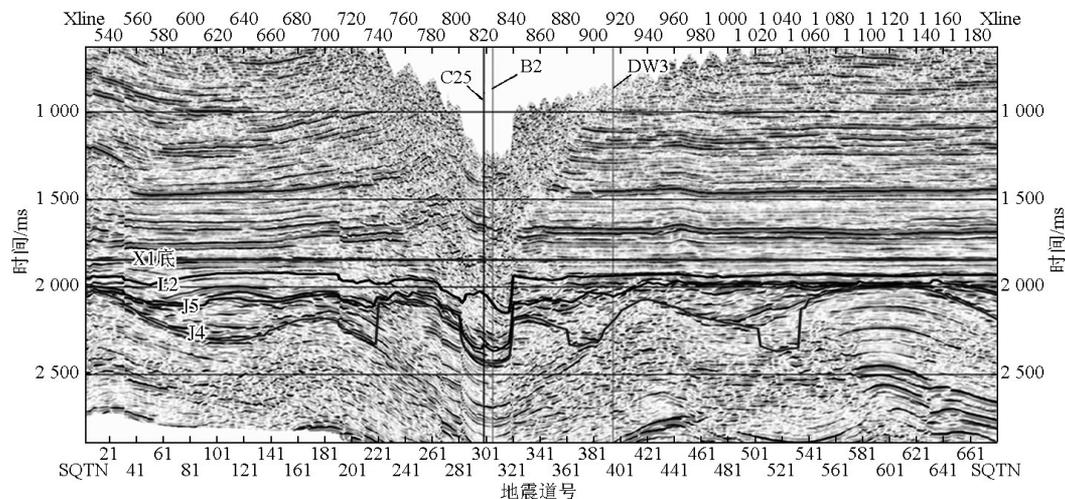


图8 拉平X1层剖面图

Fig.8 The flatten of X1 layer section

拉平L2层(见图9)剖面图上,在C25井和B2井附近仍存在这个局部古凹陷。拉平J5层(见图10)剖面图上,J4层古凹陷已经不能够被观察,而现今

构造中的X1底、L2层突起已经显现,根据此种现象以及钻井等地质资料可以确定储层区域为L2—J5层段。

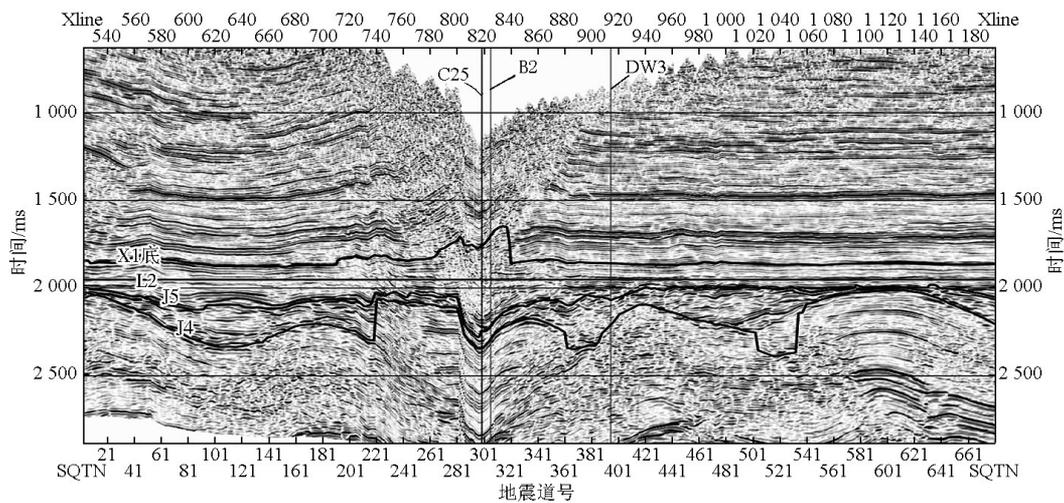


图9 拉平L2层剖面图

Fig.9 The flatten of L2 layer section

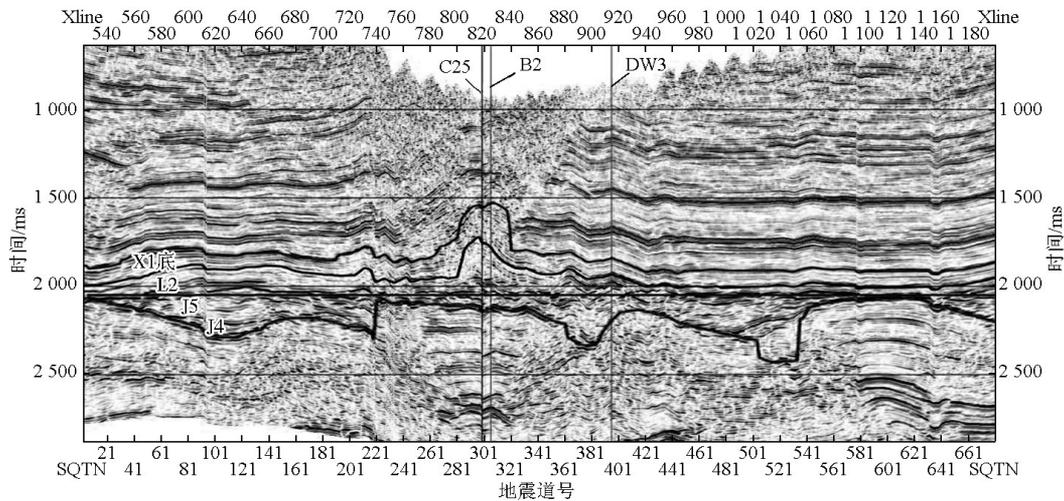


图10 拉平J5层剖面图

Fig.10 The flatten of J5 layer section

3.5 反演预测

前人在川西地区卤水勘探中应用波阻抗反演、电阻率反演、伽马反演等得出川西富钾卤水储层具有低(速)阻抗、低电阻率、高伽马的地球物理响应特征。在川东地区,笔者等对研究区块有利层段进行波阻抗反演。川东研究区L2—J5层段之间岩性主要为白云岩、灰岩和硬石膏,其岩性特征与前人研究的川西储卤层岩性类似,川西储卤区波阻抗反演特征为低阻抗特性^[7],从图11中能够看出,围绕C25井周围波阻抗特性也为低值。故此,川东富钾卤水储层也具有低阻抗特性,并且印证川东富钾卤水主要储集在L2—J5层段,由于本文重点在利用地

震属性和层拉平技术寻找有利卤水富集,对于反演的应用就不再赘述。

3.6 储卤有利区分析

根据C25井钻井资料,富钾卤水产出于3 251.1 ~ 3 269.3 m井段内,其具体出卤部位有3段:
a. 3 251.1 ~ 3 251.5 m,岩性为薄层白云岩夹硬石膏岩;
b. 3 258.0 ~ 3 261.1 m和3 263.9 ~ 3 269.3 m,其岩性为大套石灰岩夹具针孔状溶孔的粒屑云岩,后两套出卤段厚度较大,为C25井主要出卤段,出卤段在钻井分层数据上对应着L2和J5层,所以主要出水段在L2底界和J5顶界之间。

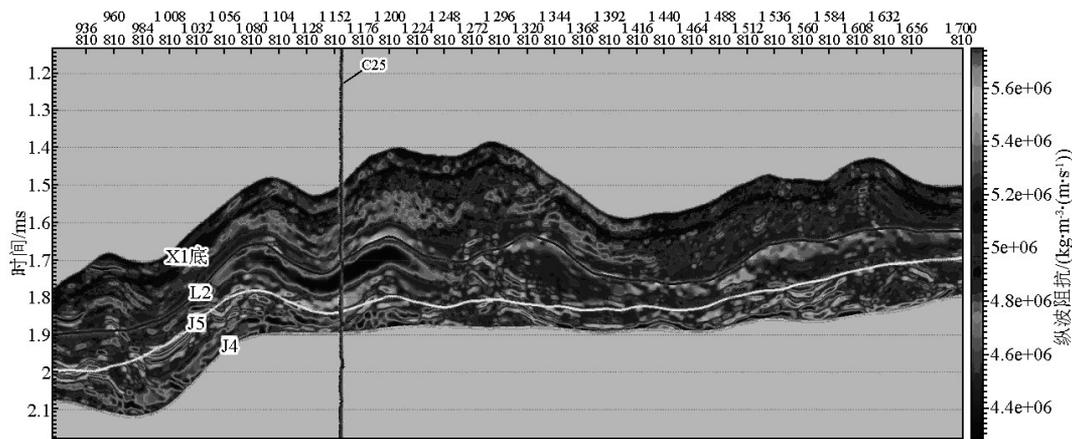


图11 波阻抗反演剖面

Fig.11 The inversion section of wave impedance

测井数据的结果与地震相干属性、反演得到的结果一致,川东富钾卤水主要储存于以L2为盖层的L2—J5层段。

综合地震相干属性与层拉平结果,有利区块的预测是通过拉平X1底,得到J5的古构造显示,浅灰色及其中间深色区域为古凹陷区域,该区域呈现条带状分布,这与时间厚度图(见图12)相互呼应,该区域现今厚度较大,古构造为凹陷区块,再结合裂缝区域预测结果,这是块呈北东-南西走向的亮色区域为储卤有利区块,该区卤水储层发育主要位于L2与J5之间,具有可观的预测储量,应当加快勘探步伐。预测的有利区带(图13黑框区),其中包括已经查明具有卤水资源的C25井和B2井。

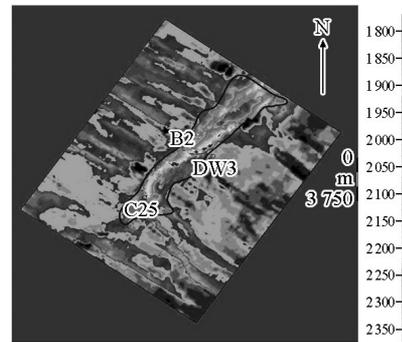


图13 川东有利区块预测图

Fig.13 The prediction map of sweet area in East Sichuan

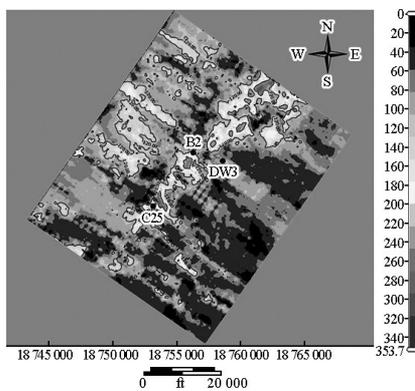


图12 L2—J5层段时间厚度图

Fig.12 The time-thickness map between L2 and J5 layer

富钾卤水储层,已经探明该区储卤构造主要为盐盆(石膏层中夹杂有盐岩^[8])储水,富钾卤水储层具有低阻抗特征,川东地区具有两头高、中间低的隆升特征,与本文所得到的主要富集为古地理拗陷一致,裂缝为主要的渗流通道,卤水的分布主要受控于裂隙和古凹陷系统。

本文通过地震勘探方法对四川东部某区块富钾卤水储层的探索性勘探,总结出了一套关于寻找四川东部深层富钾卤水的地震勘探方法,即通过地震剖面上地震反射轴的变化特征并结合该地区地质特征确定可能层段,再通过地震属性、层拉平技术、反演技术,结合测井响应特征,确定具体储卤层段,最后利用之前得到的富钾卤水地质特征,预测该区勘探远景。

4 结语

通过在四川东部某区应用地震勘探方法寻找

参考文献

- [1] 郑大中,郑若锋.论钾盐矿床的物质来源和找矿指示[J].盐湖研究,2006,14(4):9-17.

- [2] 林耀庭,唐 庆. 四川盆地卤水分布及开发前景展望[J]. 四川地质学报,2001,21(1): 209-214.
- [3] 陆基孟.地震勘探原理[M]. 山东:中国石油大学出版社,2008.
- [4] 高彩霞,邵龙义,李大华,等. 四川盆地东部上三叠统须家河组层序-古地理特征[J]. 煤炭学报,2011(10): 1660-1667.
- [5] 李家强. 层位拉平方法在沉积前古地貌恢复中的应用[J]. 油气地球物理,2008(4): 46-48.
- [6] 谢晓军,邓宏文. 陆相断陷盆地构造-层序地层研究需注意的几个问题[J]. 天然气地球科学,2007(12):840-841.
- [7] 杨晓玉. 地震勘探在四川盆地富钾卤水资源评价中的应用效果分析[J]. 地质找矿论丛,2012(12): 510-513.
- [8] 徐国盛. 四川盆地嘉陵江组岩相古地理与聚钾中心预测[J]. 物化探计算技术,2012(1): 62-68.

Application of seismic exploration method in East Sichuan deep-seated potassium-rich brine exploration

Yan Jianguo, Hou Lei, Zhao Yuhong, Yang Xiaoyu
(College of Geophysics, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

[Abstract] Seismic exploration method, a kind of the geophysical exploration methods, has a wide range of application, which is not only good at oil and gas resources exploration areas, but also other mineral deposits. This paper mainly expounds the technical ideas in oil and gas exploration, combined with rich potassium brine of the seismic response characteristics, determine the formation of deep rich potassium brine of seismic data interpretation method and application effect. The author summarizes the seismic exploration technology and process which is used to explain the looking for brine mineral resources. The practical application in a rich brine potassium of the eastern Sichuan Basin shows that the seismic prospecting method can better delineation of potassium rich brine reservoir, and then put forward exploration prospect area.

[Key words] seismic exploration; rich potassium brine; fracture; layer flattening; Sichuan Basin