

[引著格式] 郭得海, 李谋杰. 三维多属性体显示融合技术在储层地震预测中的应用 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2015, 37 (9+10): 22~25.

# 三维多属性体显示融合技术在储层地震预测中的应用

郭得海, 李谋杰 (油气资源与勘探技术教育部重点实验室 (长江大学)  
长江大学地物物理与石油资源学院, 湖北 武汉 430100)

**[摘要]** 目前地震属性技术已经成为地质目标预测和评价的主要地球物理手段之一, 但由于地震属性种类繁多, 且具有不同的固有物理意义和地质表述方式, 如何优选地震属性和多属性降维使得属性技术更具有针对性是必须考虑的问题。三维多属性体的显示融合技术是一种属性优化和降维的有效选择, 主要包括基于颜色基本特性和颜色基本模型 2 种类型, 根据这 2 种类型可构成多属性体交汇融合显示、透明度控制显示融合、RGB 基本构成模式融合等多种方式。该技术在河道、火山岩、岩溶风化壳等主要类型储层预测中的应用表明, 三维多属性体显示融合技术应用效果良好, 融合成果地质信息丰富, 能够有效地刻画储层空间分布形态和趋势, 有利于进一步的目标部署分析。

**[关键词]** 地震属性体; 多属性融合; 多颜色复合显示; 储层预测

**[中图分类号]** P631.44 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1000-9752 (2015) 09+10-0022-04

地震属性分析在储层预测和油藏描述中应用非常广泛, 是获取储层平面或立体分布特征的重要手段<sup>[1~4]</sup>。针对不同类型的勘探目标, 可以选用有效的地震属性去进行定性或定量预测。随着三维地震勘探的深入和三维可视化技术的发展, 地震属性的计算和解释分析方式也逐渐发生了改变<sup>[5]</sup>。地震属性的三维体计算由于可以避免人为因素 (如层位追踪质量、沿层时窗大小的影响) 而成为属性计算选择的主要方式, 相干体属性、曲率体属性等均是采用体计算方式获取<sup>[6]</sup>。随着属性计算方法的发展, 地震属性的种类也不断增多, 而且每一种地震属性都具有其固有的物理意义和地质应用方式。在应用地震属性技术去描述地质目标时, 都面临着如何优选和多属性降维的问题<sup>[7,8]</sup>。除了采用各种数学手段实现多属性降维外, 三维多属性体显示融合技术也是一种有效的选择。通过透明度控制混合、RGB (R 代表红色, G 代表绿色, B 代表蓝色) 颜色混合等体显示混合方式将多个地震属性体融合成一个色彩体, 可以同时从不同角度综合刻画地质目标, 突出目标空间形态。笔者就三维多属性体显示融合技术展开探讨, 并将该技术应用到河道、火成岩、风化壳等多类储层的地震预测中, 表明其应用的可行性和有效性。

## 1 三维多属性体显示融合技术

多属性体的显示融合并不是样点处不同种类属性值之间的简单数值加减运算, 而是利用颜色的基本视觉特性或者基本模型实现样点处属性的叠加显示。颜色具有色调、饱和度、明暗度等基本视觉特性, 同时又具有 RGB、CMY (C 代表青色、M 代表品红色、Y 代表黄色, 3 种基色合成色彩体)、HSV (H 表示色调、S 表示饱和度、V 表示透明度, 3 种方式合成色彩体) 等基本模型<sup>[9]</sup>, 综合应用颜色的基本特性或基本模型就可以实现多属性体的融合显示。

### 1.1 基于颜色特性的融合

颜色同时具有色调 (Hue)、饱和度 (Saturation) 和明暗度 (Lightness) 等 3 个基本视觉特性<sup>[10]</sup>,

**[收稿日期]** 2014-11-10

**[基金项目]** 国家自然科学基金青年基金项目 (41402113)。

**[作者简介]** 郭得海 (1980-), 男, 工程师, 现主要从事地震地质综合研究、软件技术服务工作; 通信作者: 李谋杰, 18535216@qq.com。

可以将这几个基本特性与属性输入分量关联起来实现属性的叠加显示融合。融合方式主要包括 2 种：

第 1 种为利用基本色调和饱和度特征形成的融合，如最常见的倾角方位角（Dip Azimuth）体显示融合属性。利用基本色调表示方位角的变化，同时其饱和度属性则体现在该方位时倾角特征的变化。该类融合成果可用于描述地层宏观展布和局部变化细节。

第 2 种为利用三维渲染显示时控制颜色透明度属性形成的融合，也可称为透明度控制融合。在实现体显示融合时，将两类属性体中的一种作为底层背景，另一种则作为当前层叠加显示在其上面。调整当前层属性体的透明度曲线，保留与地质目标有关联意义的样点值，在三维空间形成显示融合体。由于该体同时显示底层和当前层属性各自与地质目标关联的有效区域，使得融合体可以从多个方面描述地质目标特征。

### 1.2 基于颜色模型的融合

颜色的基本模型主要包括 RGB、CMY、HSV 等，其中 RGB 模型是最基本的，也是最常见的。肉眼所看到的五颜六色都来自于三原色的 RGB 模式混合结果。在 RGB 模式时，最终融合显示颜色与三原色所占比例及值有关。如当三原色值均为 255 时，融合显示结果为白色，而当三原色值均为 0 时融合显示为黑色。

将颜色模型混合模式引入到地震多属性体分析中，加强地震属性相关性分析。如 RGB 混合模式时，可将 3 种属性体分别设置为 R、G、B 等 3 种通道输入分量，然后以 RGB 模式混合显示，形成 RGB 模式合成颜色体<sup>[11]</sup>。实际操作时需要将各属性体幅值标准化为 0~255 范围内的颜色值，其中 0 为最小属性值，呈现为黑色；255 为最大属性值，呈现为纯色，如红色；然后将这 3 种属性体进行 RGB 颜色混合，这时每个采样点得到一种合成颜色，合成颜色与各体在该点的颜色值有关。假如在某采样点处 3 种属性均表现为强值（单色值均接近 255），RGB 方式混合后合成颜色将呈现为近白色。使用 CMY 模式时，3 种地震属性体分别被赋为 C、M、Y 通道输入分量后形成 CMY 混合颜色体，样点处的合成颜色正好与 RGB 模式相反。在某样点处 3 种属性均表现为强值（单色值接近 255），CMY 方式混合后合成颜色将呈现为深黑色。

## 2 实际应用

在实际储层预测中应用该技术时，主要技术思路是：首先分析地质目标特性，明确预测目的；然后根据经验或者分析对比优选与其关联的地震属性体计算；选择有效的显示融合方式，将计算得到的多属性体作为输入源进行体融合，获得显示融合体，在此基础上实现地质目标的形态描述和分布预测。

### 2.1 在河道预测中的应用

在松辽盆地某三维工区中通过钻井和沉积相分析认为，在 H 反射层附近水下分流河道很发育，在地震剖面上河道表现为一系列连续短同相轴、较强波谷反射特征。

分频技术<sup>[12]</sup>在河道识别和刻画中已经成为一种常规选择，但多使用单频成果开展研究。选用小波频谱分解技术对叠后振幅数据进行处理，获得一系列离散的调谐振幅数据体。选择 40、50、60Hz 频率的调谐振幅属性体以 RGB 模式混合，形成融合色彩数据体。利用沿层切片进行分析，如图 1（b）为沿 H 反射层的 RGB 模式融合属性体切片，图 1（c）为沿 H 反射层的 CMY 模式融合属性体切片，在 RGB 模式切片上河道显示为弯曲枝状的蓝白色特征，而在 CMY 模式切片上则显示为灰黑色。对比观察，多属性融合切片上对于河道的空间分布形态刻画得很清楚，而在图 1（a）的 50Hz 单个分频振幅切片上，由于受断裂的影响河道形态是比较模糊的。

### 2.2 在火成岩有利相带预测中的应用

目前，国内许多油田都在对埋藏较深的火山岩储层进行勘探开发<sup>[13]</sup>。但由于火山岩储层形成机制十分复杂，储层的非均质性很强，研究难度比较大。已钻井成果证实，火山口及火山口附近区域往往是含油气圈闭所在区域，寻找有利的火山机构则成为储层预测的首要任务<sup>[14]</sup>。

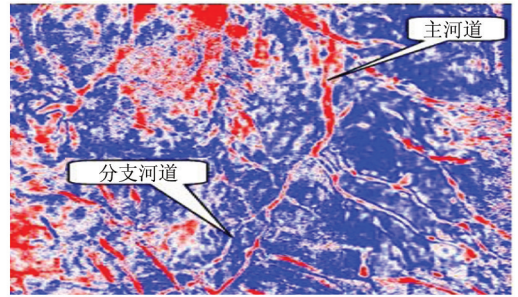
由于典型的火山喷发后沉积下来的形态基本呈椭圆状或丘状，反射特征上火山中心是很杂乱的，反射相对来说也较弱；往两侧由火山灰堆积或者火山熔岩流溢成因使得在地震特征上形成比较连续的、较强相位的反射，而且由于地层倾角大，波峰波谷变化频率很高，同相轴显得很窄，呈密集状分布，上述

特征为选择合适的地震属性提供了依据。据此可以选用混沌 (Chaos) 属性来表征反射振幅不连续变化的强弱程度, 而方位角 (Azimuth) 属性可用于寻找火山溢流区域。在计算得到这 2 种属性体后, 选用透明度控制混合方式进行融合。

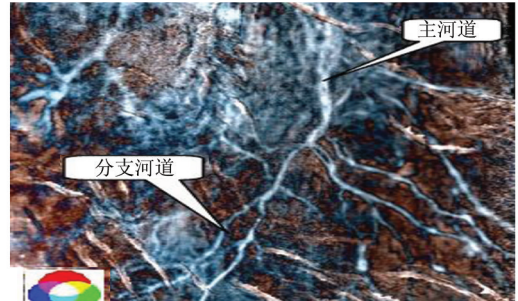
图 2 为我国西部某工区的火山岩储层预测实例。W1 井正好钻在火山喷发中心, 其左侧为火山岩溢流区域, 形成同一个方向的陡倾地层, 在图 2 (a) 方位角属性切片上表现得很清晰, 图中黄色指示即为方位角属性 (Azimuth) 描述的火山溢流区域。而其右侧至大断层为界区域则为火山中心区域, 主要以杂乱特征为主。图 2 (b) 为方位角 (Azimuth) 属性体与混沌 (Chaos) 属性透明融合属性切片, 既可反映图 2 (a) 中黄色所代表的溢流相带, 也可反映 Chaos 属性所描述的杂乱、反射较弱的喷发相带, 可以明确划分出火山喷发中心与溢流带, 从而为下一步的目标部署提供依据。

### 2.3 在古岩溶风化壳储层预测中的应用

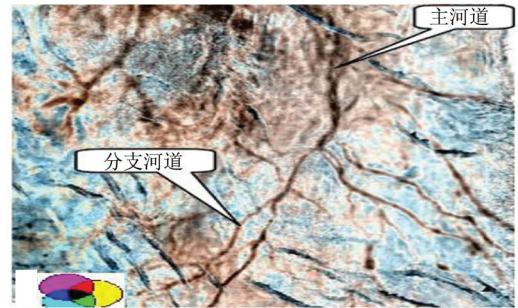
古岩溶风化壳储层由于遭受风化剥蚀、淋滤、溶蚀等作用改造, 原来致密的灰岩地层段内孔隙增加, 同时也发育大量裂缝, 形成主要以裂缝为主的储层<sup>[14]</sup>。通过井震标定, 观察到风化壳顶含油气层段在反射振幅响应上的强度明显弱于致密灰岩段。由此可以选用对裂缝比较敏感的断裂指示属性 (SOF) 寻找裂缝相对发育区域, 同时选用振幅包络属性 (Envelop) 刻画弱振幅反射区域。2 种属性体计算完后, 选用透明度控制融合方式进行显示融合。



(a)50Hz 分频振幅属性沿层切片



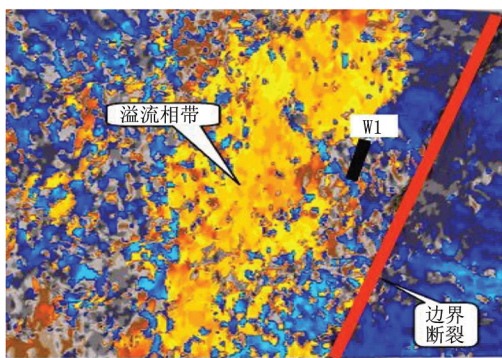
(b)RGB 模式混合属性沿层切片



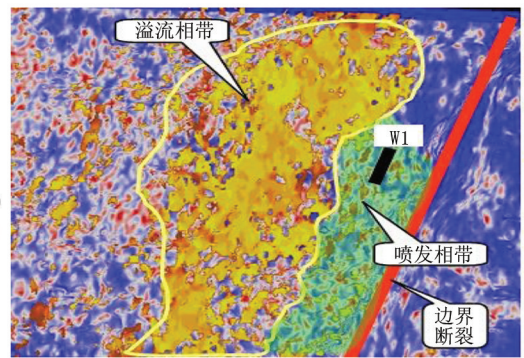
(c)CMY 模式混合属性沿层切片

注: (a) 图中红色反映河道特征; (b) 图中白色反映河道特征; (c) 图中黑色或深色反映河道特征。

图 1 三维多属性融合技术在河道识别中的应用



(a)沿层方位角属性切片



(b)沿层方位角与混沌属性融合切片

图 2 三维多属性显示融合技术在火成岩有利相带识别中的应用

图 3 为沿风化壳顶面的属性融合切片, 图中红色指示振幅弱值, 而蓝黑色指示可能的断裂。通过图 3 可以预测, 风化壳储层有利区域主要为古构造背景上的残丘凸起区域, 如 W9 井区、W3 井-W11 井区域以及工区东南角区域。

从三维多属性显示融合技术在各种类型储层预测中的应用效果表明，多属性体融合成果具有丰富的地质信息，能够从多角度对地质目标进行三维成像显示，突出目标的空间形态及内部变化细节。需要注意的是，多属性体显示融合只是利用颜色特性及其组合在三维空间中的一种显示混合，其成果无法用单一色板来表征，需要结合原属性体所具有的物理意义来解释。

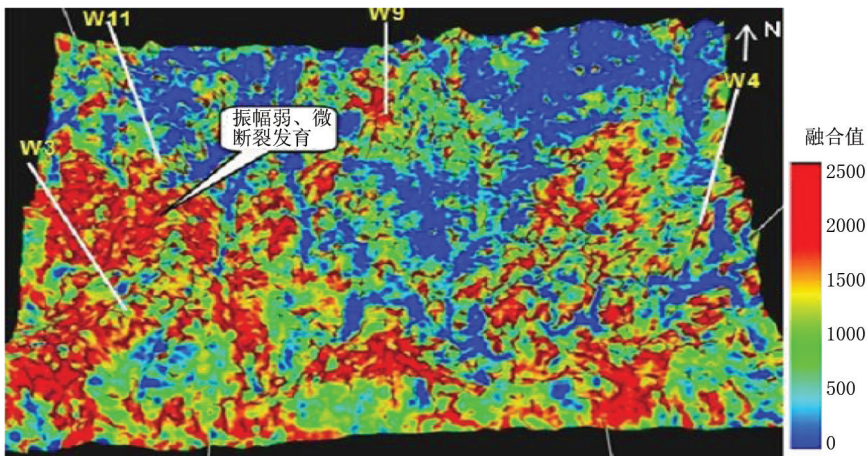


图 3 沿风化壳顶面断裂指示属性与振幅包络属性融合切片

### 3 结论与建议

1) 地震属性在储层预测方面是非常关键的工具，如何更好地利用地震属性、挖掘更多地质信息是解释人员应该考虑的问题。三维多属性体显示融合技术基于颜色的视觉特性和基本模型，为地震属性优选及储层预测提供了新的表达方式和思路，在多种类型储层预测中的应用表明了其可行性和有效性。

2) 三维多属性体显示融合结果是一种具有多维色标的颜色数据体。由于该融合技术从基本原理来说就是一种显示手段，所以无法明确定义颜色数据体所具有的物理意义。在实际应用中需要解释人员从输入属性体分量所具有的地球物理及地质意义角度来综合解释最终的颜色数据体，赋予融合结果有意义的地质价值。

3) 在使用颜色融合方式时，需要针对不同的储层特征和属性所属类别来选择，如不同类型的属性在融合时可采用透明度控制混合以突出目标形态特征，而同类型的属性则可采用 RGB 模式混合以突出目标内部变化细节。同时由于是颜色融合显示，对于颜色的调整也需要技巧，这样有助于更清楚地对目标体成像。

#### [参考文献]

- [1] Chopra S, Marfurt K J. Seismic attributes——A historical perspective [J]. *Geophysics*, 2005, 70 (5): 1~28.
- [2] 刘登明, 郭翔, 朱峰, 等. 地震属性分析在三塘湖盆地火山岩储层预测中的应用 [J]. *特种油气藏*, 2011, 18 (4): 14~18.
- [3] 曹鉴华, 张学丰. YQ 地区奥陶系碳酸盐岩岩溶储层地震属性预测 [J]. *特种油气藏*, 2012, 19 (2): 42~45.
- [4] 熊冉, 刘玲利, 刘爱华, 等. 地震属性分析在轮南地区储层预测中的应用 [J]. *特种油气藏*, 2008, 15 (2): 32~34.
- [5] Chopra S, Marfurt K J. Emerging and future trends in seismic attributes [J]. *The Leading Edge*, 2008, 27 (3): 298~318.
- [6] James H, Peloso A, Wang J. Volume interpretation of multi-attribute 3D surveys [J]. *First Break*, 2002, 20 (3): 176~179.
- [7] 畅永刚, 黄丹. 基于奇异值分解的地震属性优化分析技术研究 [J]. *特种油气藏*, 2012, 19 (4): 42~45.
- [8] 印兴耀, 孔国英, 张广智. 基于核主成分分析的地震属性优化方法及应用 [J]. *石油地球物理勘探*, 2008, 43 (2): 179~183.
- [9] 刘浩学, 武兵, 黄敏, 等. 以颜色视觉理论贯穿色彩学教学体系 [J]. *中国印刷与包装研究*, 2010, 2 (4): 28~31.
- [10] 林福宗. 多媒体技术基础 [M]. 第 3 版. 北京: 清华大学出版社, 2010.
- [11] 曹鉴华. RGB 视频显示技术在某工区河道识别中的应用 [J]. *勘探地球物理进展*, 2010, 33 (5): 355~358.
- [12] 张延章, 尹寿鹏, 张巧玲, 等. 地震分频技术的地质内涵及其效果分析 [J]. *石油勘探与开发*, 2006, 33 (1): 64~66.
- [13] 邹才能, 赵文智, 贾承造, 等. 中国沉积盆地火山岩油气藏形成与分布 [J]. *石油勘探与开发*, 2008, 35 (3): 257~270.
- [14] 王伟明, 卢双舫, 尚教辉, 等. 松辽盆地南部深层火山岩气藏分布及成藏模式 [J]. *特种油气藏*, 2011, 18 (4): 35~38.
- [15] 康志宏. 塔河碳酸盐岩油藏岩溶古地貌研究 [J]. *新疆石油地质*, 2006, 27 (5): 522~525.