

文章编号:0253-9993(2009)11-1512-05

基于 RGB 渲染技术的地震多属性分析技术

李艳芳, 程建远, 朱书阶, 王 成

(煤炭科学研究总院 西安研究院, 陕西 西安 710054)

摘 要: 讨论了 RGB 联合渲染技术的原理, 提出采用聚类分析与主成分分析相结合的方法, 从众多的地震属性中优选出 3 类属性进行 RGB 联合渲染, 并从人眼视觉结构角度对 6 个 RGB 合成地震属性图像质量给出了定量评价方法. 实际资料对比表明: RGB 联合渲染技术获得的地震属性图像层次清晰, 细节丰富, 提高了从地震资料中快速提取地质体异常信息的能力.

关键词: RGB; 渲染技术; 地震多属性; 图像质量

中图分类号: P631.4 文献标识码: A

Seismic multi-attribute analysis based on RGB color blending technology

LI Yan-fang, CHENG Jian-yuan, ZHU Shu-jie, WANG Cheng

(Xi'an Research Institute, China Coal Research Institute, Xi'an 710054, China)

Abstract: The principle of RGB color blending technology was illustrated, the combination of cluster analysis and principal component analysis method was adopted. Three integrated attributes optimized from many attributes was used in RGB color blending. The quantitative evaluation method of six combinations of RGB image was done from the perspective of human visual structural. Actual data shows that RGB color blending technology allows highly informative displays that often show features with greater clarity and increase detail compared to conventional display. The ability of rapid extraction abnormal geological information from seismic data is improved.

Key words: RGB; blending technology; seismic multi-attribute; image quality

目前地震属性分析技术已经被应用于地震勘探和开发的许多领域, 如地震解释性处理、地震构造填图、地震地层解释、地震岩性模拟等. 但是, 由于地球物理勘探手段不可避免地存在多解性, 仅用单一地震属性或复合后的单一综合属性开展地质解释问题往往容易产生偏差, 以往的地震属性优化技术中很难同时利用振幅、相位和频率等多个属性的变化来进行综合显示与解释, 无形中浪费了大量的有效信息^[1]. 为了进一步提高地震资料的利用率, 本文在地震属性的优化、显示等方面, 引入了基于 RGB 联合渲染技术的地震多属性显示、优选与评价方法, 取得了初步的成效.

1 常规地震属性优选方法与显示技术

常规地震属性优选方法与显示技术地震属性是指地震波的几何形态、运动学特征、动力学特征和统计学特征的特殊测量值. 地震属性的门类众多, 许多学者都提出了地震属性的不同分类方案^[1-2]. 从地震属性的渊源来看, 不同地震属性对于既定的地质解释目标均有不同程度的显示, 从地震资料地质解释的角度出发, 要求最终能够提供一个或一组最优的地震属性或属性组合, 以利于做出综合的地质评判. 因此, 地震属性的优化以及优化后地震属性的显示对于地震地质解释至关重要.

收稿日期: 2009-02-12 责任编辑: 王婉洁

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973)基金资助项目(2006CB202208); 科技部科研院所技术开发研究专项基金资助项目(NCSTE-2007-JK-ZX-190)

作者简介: 李艳芳(1979—), 女, 山西晋城人, 博士研究生. E-mail: liyanfangxuzhou@163.com

地震属性优化是利用人的经验或数学方法, 优选出对所求解问题最敏感或最有效、最有代表性的、个数最少的地震属性组合, 以提高地震储层预测精度. 以往用于地震属性优选的方法主要有聚类分析、主成分分析、神经网络、因子分析、关联度分析方法等^[3-6]; 受传统的地震属性显示技术的制约, 地震属性通过不同的优化方法最后只能得到 1 个综合属性, 利用图像显示软件, 通过人为设置色标加以显示, 供地质人员解释使用. 图 1 是用 Surfer 软件对某区优化后的地震属性的显示效果, 其缺陷在于色标的编辑是人为的, 没有实现计算机自动编辑, 需要花费很长时间进行色标的对比, 即使找到了合适的色标, 由于所含信息量不足, 可能引起某些信息的丢失. 本文采用基于 RGB 联合渲染技术的显示方式, 在属性优化后可以同时选取 3 个综合属性进行真彩色显示, 其显示效果较常规地震属性显示方式具有明显的优势.

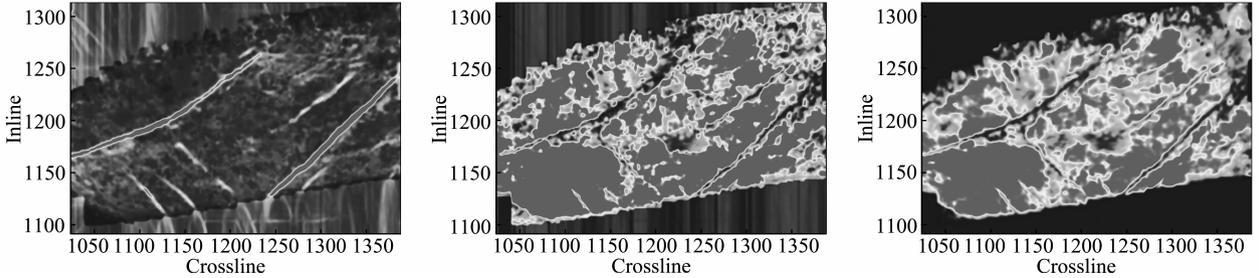


图 1 综合地震属性常规显示效果

Fig. 1 The display results of integrated seismic attribute

2 基于 RGB 联合渲染技术的属性优选方法

2.1 RGB 联合渲染技术原理

目前, 微机硬件的能力已经允许可视化在高位或真彩色模式下操作, 可引入更复杂的多属性显示技术. RGB 联合渲染技术是通过定义一映射函数 S 来形成, S 对 3 个输入体的每个值进行比例变换, 最终形成的输出数据体中每个点对应某一颜色值, 即 $I_{RGB} = S(I_R, I_G, I_B)$, 其中, R, G, B 分别为红绿蓝的三原色; 而 I_{RGB} 为不同 I_R, I_G, I_B 组合的输出值; I_R, I_G, I_B 为在以 R, G, B 为坐标轴的三维空间中红绿蓝三原色的光强, 亦代表了红、绿、蓝组分的密度; 如果将 R, G, B 三原色的光强 I_R, I_G, I_B 定义在 $0 \sim 255$ 的取值范围, 则 I_{RGB} 的取值范围在 $0 \sim 2^{24}$ 之间.

本文将众多的地震属性、通过不同的处理方法优选为 3 个属性, 分别用 I_R, I_G, I_B 来代表, 则可以在基于 RGB 联合渲染技术的支持下, 实现 3 个优选后地震属性的空间真彩色显示. 当来自不同种类的独立数据源具有一定程度的相关性时, 运用基于 RGB 联合渲染技术可表现出很大的优势^[7]. 图 2 为运用 RGB 联合渲染技术对图 1 中优化前的任意 3 组、每组内的 3 个地震属性进行联合显示的效果.

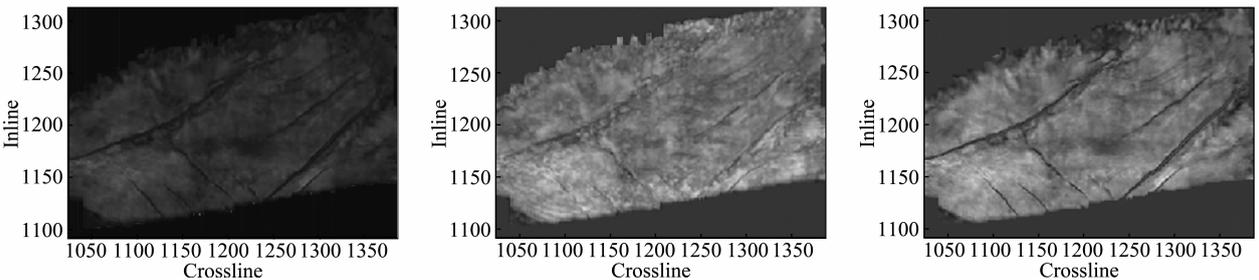


图 2 未经属性优化的 RGB 联合渲染效果

Fig. 2 The RGB color blending results without attribute optimization

从图 1, 2 的直观对比可知, 基于 RGB 联合渲染后的属性图像特征明显, 细节丰富, 具有高信息量、多属性联合显示的特点. 如果将该技术应用于地震多属性分析中, 需要将给定的多个地震属性, 通过属性

优化技术选择出 3 个相对最优的属性, 分别对应于 I_R , I_G , I_B , 通过读取工区的 2D (Inline, Crossline)、位置坐标, 就可实现地震多属性的真彩色显示. 由此可见, RGB 联合渲染原理简单, 易于实现, 其效果好坏的关键是如何从众多的地震属性中, 优选出 3 个属性来进行显示和解释.

2.2 基于 RGB 联合渲染技术的属性优化方法

从上述 RGB 联合渲染技术原理可知, 要将 RGB 联合渲染技术应用于地震属性分析中, 需要 3 个综合属性分别对应于 RGB. 从图 2 可知: 3 个不同属性的组合显示结果有明显差异, 因此用于 RGB 显示的属性优选成为一个关键问题. 本文将与求解问题相关的所有属性分为 3 类, 其分类方法^[4]有: ① 按地震属性所代表的地质意义进行分类. 根据不同学者对属性的分类, 本文将属性分为振幅、频率、相位 3 类, 这 3 类属性彼此独立, 但该分类方法主要依据专家经验而来, 具有一定的人为性. ② 采用统计理论的聚类分析法. 聚类分析是一种分类方法, 它可将给定的属性, 按照性质上的亲疏程度进行分类, 且每类属性内部具有一定的相关性, 此分类方法可通过计算机自动判别, 具有确定性. 本文采用聚类分析, 将与求解问题相关的所有属性分为 3 类. 以某地区为例, 选择 12 个属性进行聚类分析, 它们分别为 A03(正半轴振幅)、A30(负半轴振幅)、DIP(倾角)、RMS(均方根振幅)、AA(正半轴振幅减负半轴振幅)、rflw(主频带能量百分比)、aimax(最大峰频振幅)、fwidth(通频带宽度)、fmain(峰值频率)、avgf(平均频率)、hvyf(重心频率)、COH(相干系数), 分类结果的树形图如图 3 所示. 根据聚类分析树形图, A30, A03, DIP, RMS, AA, fwidth 六个属性归入第 1 类; fmain, avgf, rflw, aimax 四个属性归入第 2 类; hvyf, COH 属性归为第 3 类. 在将上述 12 个属性分为 3 类后, 每类内部的属性存在着一定的相关性, 这种情况下有必要对地震属性空间进行降维. 地震属性降维的方法主要有综合参数法及主成分分析 (K-L 变换) 等, 并以主成分分析 (K-L 变换) 应用居多^[8]. 主成分分析是利用降维去噪的思想, 在损失很少信息的前提下, 把多个属性转化为几个主成分, 每个主成分都是原始变量的线性组合, 且各主成分之间互不相关. 对上述聚类分析的各类进行主成分分析, 求取各主分量. 以第 1 类为例, 其主成分分析后的特征值见表 1.

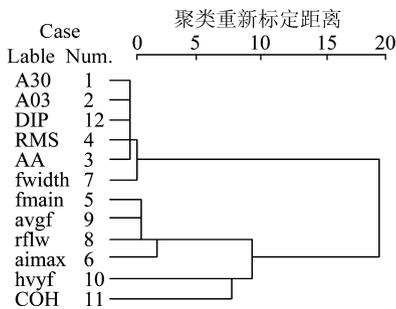


图 3 聚类分析树形图

Fig. 3 Cluster analysis dendrogram

表 1 主成分分析特征值

Table 1 Eigenvalues of PCA

主成分	方差	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%
1	4.021	67.013	67.013
2	0.913	15.215	82.227
3	0.798	13.296	95.524
4	0.198	3.299	98.823
5	0.071	1.177	100.000
6	1.7×10^{-6}	2.86×10^{-5}	100.000

表 1 中第一、二主成分累计方差贡献率占到全部的 82.227%, 后面的方差贡献较少. 分别对上述 3 类属性进行主成分分析后, 选择各类中包含信息量最多的第 1 分量为最佳组合, 对数据进行标准化后, 运用 RGB 联合渲染技术进行显示, 效果如图 4 所示. 对比图 1 与图 4 可知, RGB 联合渲染图揭示出的断层数量多, 小断层清晰可见, 断层长度、位置明确, 特征明显, 细节丰富. 大量的试验表明, 将聚类分析与主成分分析结合的属性优化方法适合基于 RGB 联合渲染的显示方式, 效果最佳.

为了验证 RGB 联合渲染效果的准确性, 选择 Crossline1150 剖面进行验证 (图 5). 从图 5 可看出, Crossline1150 剖面有 3 条断层, 对应的 Inline 分别为 1127, 1170, 1210; 这与图 4 中 RGB 联合渲染效果上的断层情况相吻合, 证明 RGB 联合渲染技术对于断层检测中具有很高的准确性, 且有助于发现小断层.

3 RGB 图像质量的量化评价方法

由于优化后的 3 个属性的 RGB 组合可以形成 6 个结构相似, 但色调、亮度、对比度等不同的图像

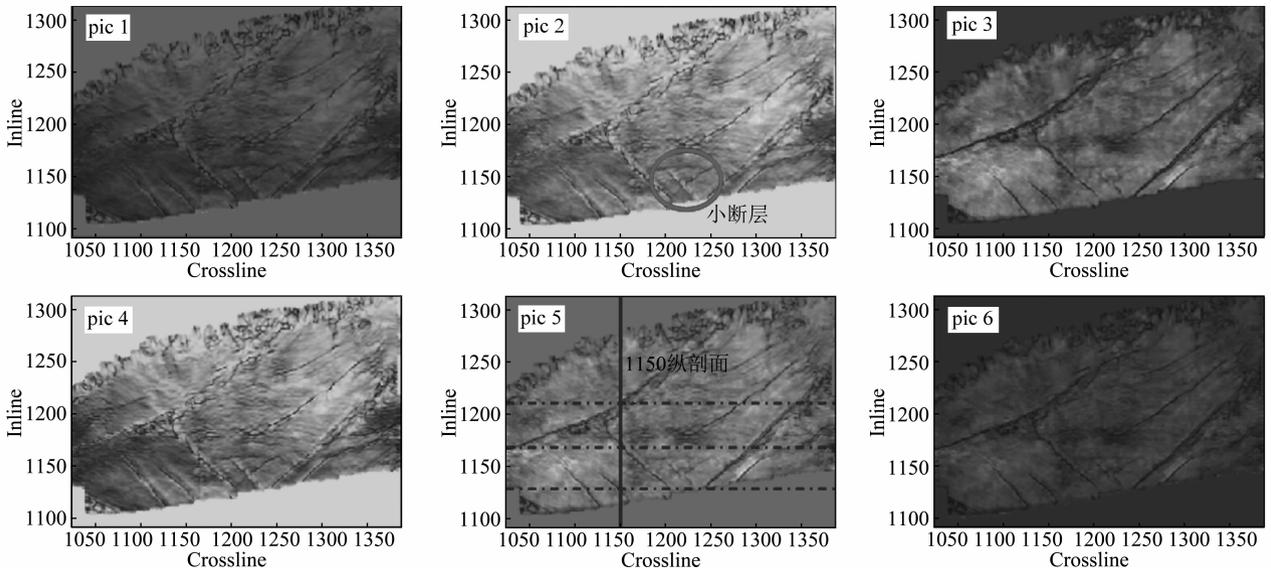


图 4 优化后 RGB 联合渲染效果

Fig. 4 RGB color blending results with attribute optimization

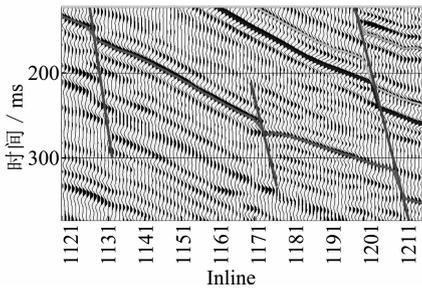


图 5 Crossline 1150 的地震剖面

Fig. 5 The seismic profile of Crossline 1150

(图 4)，而原始图像是未知的，所以对 RGB 组合显示的 6 幅图像质量的评价属于无参考的图像质量评价。目前，对于无参考图像质量评价的研究较少^[9]。为此，本文采用基于人眼视觉结构相似度评价方法，从图像的亮度、纹理、空间位置、梯度 4 个方面来试图定量评价图像的好坏。首先，将图像划分成大小相等的分块，计算各分块的亮度因子 (l_j)、纹理因子 (d_j)、空间位置因子 (r_j) 及梯度因子 (g_j)，经归一化处理得到每个分块的权值，最后用加权法 ($s = l(x, y)d(x, y)r(x, y)g(x, y)$) 对图像质量进行评价^[10-11]， s 越大

则意味着图像质量越好。各因子计算方法：① 视觉上主观亮度与光刺激强度的对数成比例。将图像分块后，可用 $l_j = \lg(I_j^{\max}/I_j^{\text{avg}})$ 近似表征该分块的光刺激强度，其中 I_j^{\max} 为第 j 块亮度的最大值； I_j^{avg} 为第 j 块亮度的平均值。② 纹理反映了物体表面或结构的性质，是一种不由某种颜色或亮度造成的同质性视觉模式。可用最简单的灰度方差来描述图像块的纹理粗糙度，方差越大则纹理细节越多；反之，方差越小则区域越平坦，空间频率相近，可将纹理因子 (d_j) 定义为 $d_j = \sigma_j = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n \left(X_k - \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k \right)^2 \right]^{1/2}$ 。③ 光敏细胞在视网膜的黄斑区分布较密，所以在中央黄斑区中心，人眼的分辨率最高， r_j 可表示为 $r_j = 1 - (1 - B_r) \times \sqrt{(x_{j0} - x_c)^2 + (y_{j0} - y_c)^2} / r$ ，其中 r 为原始图像中各点到中心坐标的最大距离； B_r 为基础权值，一般取 $0 \sim 0.5$ ； x_{j0} ， y_{j0} 为分块的中心位置； x_c ， y_c 为表示原始图像的中心坐标。④ 梯度值是图像灰度值的显著变化的地方，用图像梯度值的累加和作为衡量图像质量的指标，无需原始图像作参考，适合于 2 幅以上同源图像对比。不同的算子对应不同求梯度的方法，其中 Sobel 算子效果较好。

以图 4 的 6 幅图像为例，根据上述公式计算的 pic 1 ~ 6 图像加权平均值分别为 2.546 1，5.690 1，3.488 2，5.374 9，4.370 8，3.184 6。从视觉的角度观察，比较好的图像为 pic 2，pic 4 和 pic 5，相对较差的图像为 pic 1，pic 3 和 pic 6；加权值(s)由大到小的顺序为： $s(2) > s(4) > s(5) > s(3) > s(6) > s(1)$ ，即各图质量由高到低依次为 pic 2，pic 4，pic 5，pic 3，pic 6，pic 1，图像质量客观评价与主观评价是一致的，而这种无参考图像质量评价的方法，可给出各图质量好坏的顺序。试验表明，利用该方法进行图像

质量对比,能有效地反映图像视觉感知特征,效果理想.

4 结 语

基于 RGB 的地震多属性联合渲染技术,能够充分利用地震属性中蕴含的构造与岩性变化信息,克服了单一地震属性显示的不足,提高了从多属性中提取地质体的能力,增强了图像显示的清晰度,具有特征明显、细节丰富、高信息量和多属性联合显示的特点.但是,基于 RGB 联合渲染技术的属性优化与显示效果,与地震层位拾取的准确性、属性提取的可靠性、属性优化的合理性等密切相关.为了进一步提高图像的信噪比和分辨率,突出有效地质异常,今后还需进一步开展 RGB 图像处理、地震多属性的最优化技术、数字图像质量的量化评价方法和多属性地震信息的空间立体显示等方法研究和软件开发;此外,由于不同的地震属性所蕴含的物理意义不同,需要针对不同的地质目标选择最合适的属性组合,以进一步将 RGB 联合渲染技术应用于陷落柱、岩性、煤层气等领域的研究.

参考文献:

- [1] 魏 艳,尹 成,丁 峰,等.地震多属性综合分析的应用研究[J].石油物探,2007,46(1):42-47.
Wei Yan, Yin Cheng, Ding Feng, et al. Synthetic analysis of seismic multi-attribute and its application[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2007, 46(1): 42-47.
- [2] M Turhan Taner. 地震属性[J]. 隗寿东,译.油气地球物理,2006,4(1):55-59.
M Turhan Taner. Seismic attribute[J]. Wei Shoudong, Trans. Petroleum Geophysics, 2006, 4(1): 55-59.
- [3] 鲍祥生,尹 成,赵 伟,等.储层预测的地震属性优选技术研究[J].石油物探,2006,45(1):28-33.
Bao Xiangsheng, Yin Cheng, Zhao Wei, et al. Optimizing selection of seismic attributes in reservoir prediction[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2006, 45(1): 28-33.
- [4] 印兴耀.地震属性优化方法综述[J].石油地球物理勘探,2005,40(4):482-489.
Yin Xingyao. Summary of optimum methods of seismic attribute[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2005, 40(4): 482-489.
- [5] 宋维琪,刘江华,王小马,等.预测油气的地震属性优化组合、灰关联分析技术[J].石油勘探与开发,2002,29(5):34-36.
Song Weiqi, Liu Jianghua, Wang Xiaoma, et al. Applying optimum combination of seismic attribute and gray correlation analysis technology to the prediction of oil and gas reservoirs[J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29(5): 34-36.
- [6] 王永刚,刘 伟,黄国平.地震属性的 GA-BP 优化方法[J].石油地球物理勘探,2002,37(3):606-611.
Wang Yonggang, Liu Wei, Huang Guoping. GA-BP optimization of seismic attribution[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2002, 37(3): 606-611.
- [7] Onathan Henderson, Stephen J Purves, Gaynor Fisher. Delineation of geological elements from RGB color blending of seismic attribute volumes[J]. The Leading Edge, 2008, 27(3): 342-350.
- [8] 程建远.三维地震资料微机解释性处理技术[M].北京:石油工业出版社,2004.
- [9] 王正友,肖 文.基于掩盖效应的无参考数字图像质量评价[J].计算机应用,2006,26(12):2 838-2 840.
Wang Zhengyou, Xiao Wen. No-reference digital image quality evaluation based on perceptual masking[J]. Computer Application, 2006, 26(12): 2 838-2 840.
- [10] 杨 威,赵 剡,许 东.基于人眼视觉的结构相似度图像质量评价方法[J].北京航空航天大学学报,2008,34(1):1-4.
Yang Wei, Zhao Yan, Xu Dong. Method of image quality assessment based on human visual system and structural similarity[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2008, 34(1): 1-4.
- [11] 韦学辉,李均利,陈 刚.一种图像感知质量评价模型[J].计算机辅助设计与图形学学报,2007,19(12):1 540-1 545.
Wei Xuehui, Li Junli, Chen Gang. A perception based image quality assessment model[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2007, 19(12): 1 540-1 545.