

储层结构及地质剖面图像处理技术*

张春生 曹跃华 赖志云 林金凤 刘忠保

(江汉石油学院, 湖北荆沙 434102)

陶德元 何小海 李舒平

(四川大学, 成都 610064)

储层结构及地质剖面图像处理技术的实质,是根据沉积结构的灰度(颜色)对孔隙、喉道、岩石颗粒粒度,以及现代及古代沉积剖面等,作宏观与微观定量计算与分类识别。采用计算机图像处理、模式识别等高新技术,实现精确的定量计算与自动分类识别。该系统能对现代及古代沉积剖面进行层序分析,绘制柱状剖面图;能对疏松沉积物及岩石薄片进行粒度分析,并绘制概率曲线及CM图;能自动寻找岩石薄片的孔隙和喉道,并给出孔隙喉道分布规律的真彩色图像。

关键词 储层结构 地质剖面 图像分析 彩色变换

第一作者简介 张春生 男 33岁 硕士 沉积学 储层地质学

七十年代以来,国外研制出了以计算机为核心的图像分析系统^[1],但都是黑白图像,难以达到按物体色彩进行自动分类的目的。在沉积学研究日益摆脱定性描述而逐渐走向量化的今天,迫切需要以计算机为核心的真彩色图像分析系统。本文所述的储层结构及地质剖面图像描述处理技术,将逐渐取代原始计算与统计方法,从而使沉积学研究逐步走向量化。

1 硬件和软件结构

1.1 硬件

储层结构及地质剖面图像处理系统由高档486-33 Compaq计算机为核心,配以光学接口、SONY摄像机、录相机、Leitz显微镜、真彩色CCD摄像机、宏观摄像台、解码器、数字锁相环、图像帧存板、图像监视器、彩色硬拷贝机及输出设备等构成。图像采集、分析与计算流程如图1所示。其中光学接口是为摄取野外沉积剖面的微观图像设置的;彩色CCD摄像机用以将地质剖面彩色图像或显微镜上铸体薄片的彩色图像转化成相应的彩色复合视频信号;解码器是将复合视频信号分解成红(R)、绿(G)、蓝(B)三基色;数字锁相环是为了保证放像信号与进入图像帧存板的信号二者的一致,图像帧存板具有三路A/D转换开关,分别将R、G、B信号转换成相应的数字并送入RGB帧存体中,计算结果可由彩色拷贝机输出图像或打印机输出全汉字报表。

* 本文为中国石油天然气总公司资助项目

收稿日期 1995-02-25

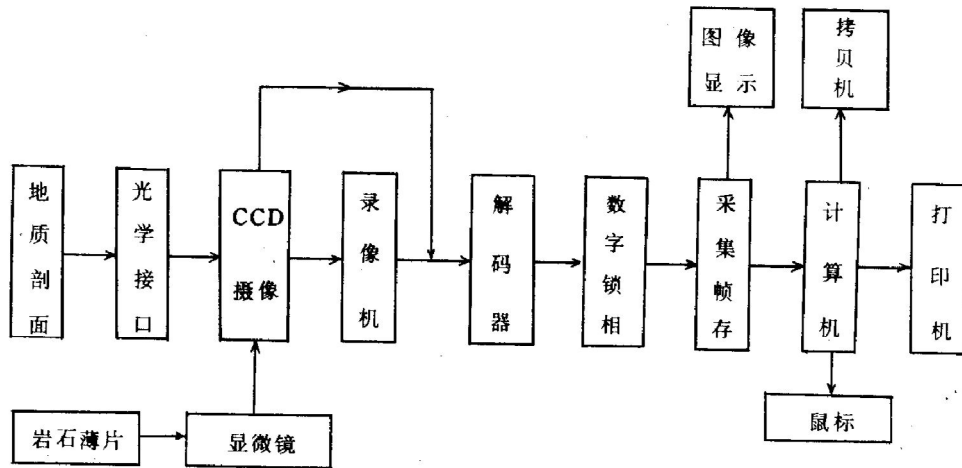


图 1 储层结构及地质剖面图像处理系统硬件结构图

1.2 软件

储层结构及地质剖面图像处理系统的全部功能，是通过一套完整的软件实现的。其结构如图 2 所示。

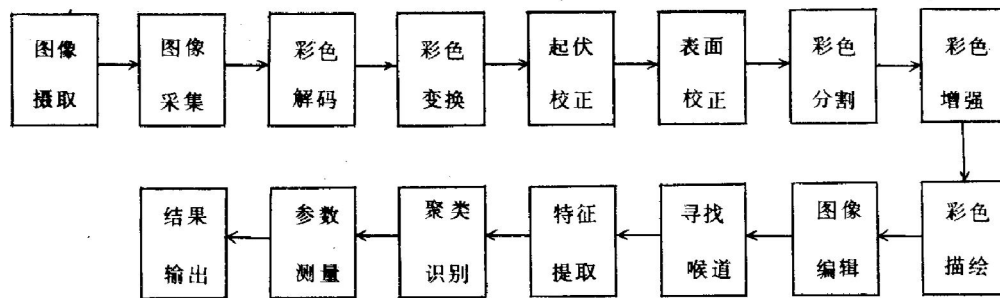


图 2 储层结构及地质剖面图像处理系统软件结构图

2 技术难点与解决办法

2.1 研制特殊光学接口解决现代沉积粒度分析图像的摄取

现代沉积粒度样品的图像，既可在野外探槽剖面上直接用 CCD 摄取，也可取样后在实验室内用宏观摄像台摄取。由于现代沉积样品的疏松特性，不能象薄片粒度分析那样，通过显微镜放大不同的倍数之后再用摄像机摄取。因此，就必须有一种特殊的光学接口，能够使摄取的图像既不改变焦深（防止颗粒模糊），又不改变视角（防止颗粒变形），就可将疏松沉积物放大到合适的倍数，便于在计算机监视器上观察与分析。这样既降低了成本，又避免了颗粒的球面失真。

2.2 用数字锁相保证输入与输出信号的同步

地质剖面图像分析，首先是把野外沉积剖面的综合信息真实地记录在像带上，然后在室

内送入计算机处理,这样就产生了录像带送出的视频信号,经过采样量化后进入帧存板时的同步问题。按照国外的经验^[2],一般采用模拟锁相技术,使图像固定在屏幕上;但原始视频信号经过录像磁头和放像磁头后的图像,畸变严重,扭曲厉害。原因在于信号不能真正达到同步。据此通过多次实验对比,将模拟锁相技术进一步发展为数字锁相技术,从而解决了图像失真这一难点。

2.3 起伏校正及表面校正

由于沉积剖面表面的起伏不平,当用录像机录像时,就造成部分物体成像清晰,部分模糊的不均匀图像,影响定量计算。为此,在编制软件时必须对沉积剖面作起伏校正,对分析目标作表面校正。即把边界相对清楚的明亮物体适当向后压缩,相对模糊的较暗物体适当前提,采用对整幅图像和典型目标的增强,使所有物体大致在一个焦平面上,达到图像色调比较均匀清晰。

2.4 探索最佳彩色变换

目前的彩色摄像机、彩色图像帧存板等,都是针对RGB三色空间设计的,其空间的非线性和RGB三根坐标轴的强相关性,均不利于图像分割。因此,人们希望将RGB三色空间,转换到一个适宜作彩色图像处理的表色空间,要求该空间既是线性的,而且各基色矢量之间相关性最小。HVC表色空间正具有上述特性^[3],关键是要建立RGB与HVC之间的数字模型,寻找一种快速算法,以提高二者的转换速度。整个变换主要由四个步骤组成:

①将RGB→rgb基本转换关系式为:

$$[rgb]^T = [K_1] [RGB]^T$$

其中 $[K_1]$ 为与RGB有关的系数矩阵, $[rgb]^T$ 代表矩阵 $[rgb]$ 的转置矩阵,下同。

②将RGB通过rgb→xyz,基本关系式为:

$$[xyz]^T = [K_2] [RGB]^T$$

其中 $[K_2]$ 为隐含有rgb的系数矩阵。

③将xyz→Lab,基本关系式为:

$$[Lab]^T = [K_3] [RGB]^T$$

其中 $[K_3]$ 为隐含有xyz的系数矩阵。

④将Lab→HVC基本关系式为:

$$[HVC]^T = [K_4] [RGB]^T$$

其中 $[K_4]$ 为隐含有Lab的系数矩阵。

整个转换的最大难点是数学模型的建立和各色空间原点的校正。

2.5 利用拓扑特性及递归搜索寻找孔隙、喉道并进行分类

孔隙与喉道的特征及分布规律是储层研究的主要内容,寻找喉道是分清孔隙的前提。喉道实质上分为开环孔隙的喉道和闭环孔隙的喉道两类。对前者用递归搜索的办法寻找;对后者先将拓扑欧拉数从负值变换为1,再用递归搜索寻找。

HVC表色空间包含了彩色图像的全部信息。利用H曲线,可以把不同彩色的物体分开;利用V曲线可以把不同明度的物体分开;利用C曲线可以把不同饱和度的物体分开。把三条

曲线组合起来使用，就可以对各种彩色物体作出完美的分类。

按彩色对物体分类后，往往还存在严重的交连现象。若不把这些交连分开，将无法测量各孤立颗粒（或孔隙）的几何参数。为此，在采用模块差异的基础上，再引入递归搜索就能使相当复杂的包围和交连得到良好的分割。

2.6 用形态及彩色特征对矿物进行分类计数

对轻矿和重矿用计算机进行自动分类识别，实质上是对一幅彩色图像的模式识别。对石英、长石、云母等单一矿物，该系统自动识别的准确度可达 90%，而复杂矿物的识别就相当困难。常见的重矿物，据明度差异用贝叶斯分类器，可将不透明矿物与透明矿物分开，准确度可达 95% 以上。不透明矿物在反射光下，据色调差异用 *LMS* 自适应线性分类器，能把常见的赤铁矿、褐铁矿、磁铁矿、黄铁矿、白钛矿等识别出来，其准确度可达 85% 左右。至于透明重矿物，由于多色性、消光性、干涉色等复杂情况，该系统目前难以自动识别，尚需人工介入。

3 主要功能

对现代及古代沉积剖面的层序进行处理与分析。给出层系组、层系、纹层的厚度及倾角；并识别各种层理类型，作出沉积相柱状图及储层特征柱状图（图 3）。

（2）进行铸体薄片参数测定。可以对面孔率、孔隙直径、喉道直径、孔隙配位数、孔喉分选系数、孔喉连通系数、变异系数、孔隙面积、周长等进行精确定量计算与分析（表 1），并输出孔喉分布直方图、概率累积曲线、累积频率曲线等图表。

尤其值得提及的是，在铸体薄片分析过程中，该系统具有在监视器上消去颗粒，只保留孔隙喉道格架的独特功能，并可对孔喉格架图像适时硬拷贝，直观再现其整体分布规律（图 4）。

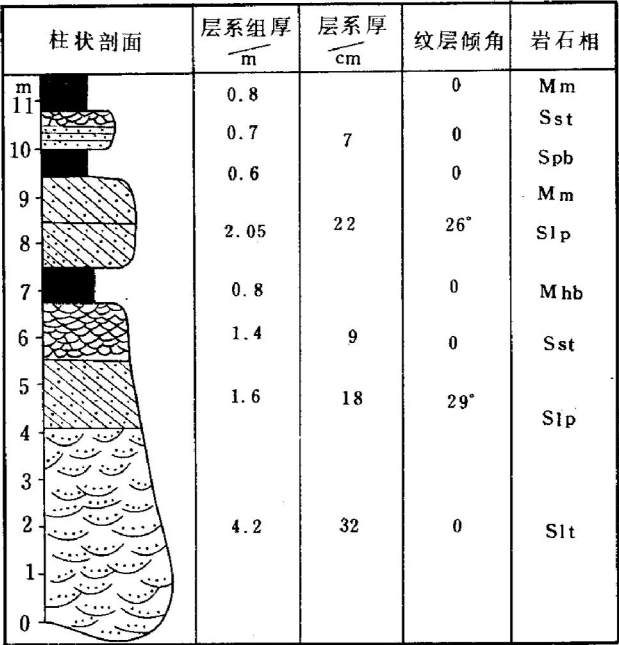


图 3 长江枝江段凤凰滩 T₇ 柱状剖面图

表 1 大港油田某井铸体薄片孔喉参数测定表

视域总面积	面孔率	最小配位数	最大配位数	平均配位数	偏度
3.64mm ²	21.7%	0	5	2	0.765
孔隙总面积	最小孔隙直径	最大孔隙直径	平均孔隙直径	平均孔喉直径比	尖度
0.79mm ²	13.35μm	536.1μm	116.4μm	4.07	4.163
孔隙总数目	最小喉道直径	最大喉道直径	平均喉道直径	分选系数	变异系数
83	5.4μm	83.6μm	28.6μm	0.638	0.198

（3）进行疏松沉积物及岩石薄片的粒度分析，并输出粒度分布均值、分选系数、尖度、偏

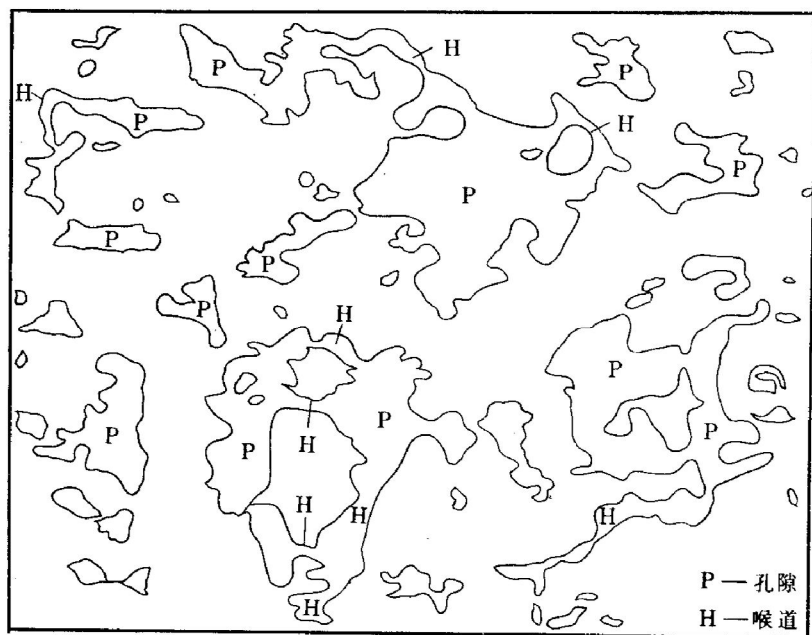


图4 大港油田某井铸体薄片孔隙喉道分布图

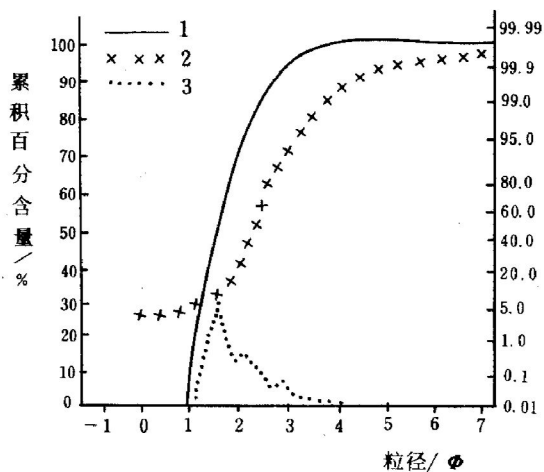


图5 大港油田某井薄片粒度分析成果图

1—累积频率曲线, 2—频率曲线, 3—正态概率累积曲线,

粒度分布参数: 平均值=2.18, 标准差=0.64, 偏度=1.28,

尖度=4.50, $f(1) = 1.38$

度、粒度分布概率累积曲线(图5)、直方图、频率曲线等, 对多个样品作出CM图。

(4) 计算疏松沉积物的面孔率、孔喉直径、配位数、渗透性参数、分选系数、连通系统、变异系数、直方图、概率曲线等。

(5) 计算分析目标的长度、宽度、位置、重心、倾角、周长、面积、长轴、短轴、形状因子、点线面体等参数。

(6) 能对部分矿物按形态及颜色进行分类识别与计数。

(7) 可以给出大于某个半径的孔隙所占的百分比, 反演排驱压力及压汞量与退汞量。

另外, 该系统还配备有软件二次开发库及上百个模块, 便于研究者根据需要组成各种专用软件包, 全部操作采用汉字弹出式菜单方式提示。

参 考 文 献

- 1 Scotton P, Mene J. A low complexity video subband coder for ATM. *Image*, 1994, 6 (5): 421~435
- 2 Nandi A K. Blind identification for FIR systems using third order cumulants. *Signal Processing*, 1994, 39 (1~2): 131~149
- 3 Marvin A C. Recent developments in measurement techniques for use in screened rooms. *Science, Measurement and Technology*, 1994, 141 (4): 273~277

IMAGE PROCESSING TECHNOLOGY OF RESERVIOR STRUCTURES AND GEOLOGICAL PROFILES

Zhang Chunsheng Cao Yaohua Lai Zhiyun

Lin Jingfeng Liu Zhongbao

(Jiangnan Petroleum Institute, Jingsha, Hubei)

Tao Deyuan He Xiaohai Li Shuping

(Sichuan University, Chengdu)

Abstract

The substance of the image processing technology of reservoir structure and geological profile is to make macroscopically and microscopically quantitative calculation and classification of reservoir porosity, throat, granularity according to the luminosity or colour of the sediments. This new technology, adopting computer image processing and pattern recognition system, could make sequence analysis of modern and ancient sediments, profiling, grading analysis, plotting probability curve and CM diagram, could make natural colour image of porosity distribution according to rock flake.