

柱状岩心成像研究与实现

唐 韬¹, 王正勇¹, 何海波², 王 松²

(1. 四川大学 电子信息学院 图像信息研究所, 四川 成都 610064;

2. 成都西图科技有限公司, 四川 成都 610064)

摘 要: 实现了柱状岩心 360°表面成像。通过面阵 CCD 采集柱状岩心外表面图像, 经过全局光照校正和畸变校正预处理, 采用最佳拼接线算法拼接融合, 完成整个柱状岩心表面图像重建, 得到了高质量柱状岩心全景图。

关键词: 畸变校正; 图像拼接; 图像融合; 360°柱面成像

中图分类号: P583

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2014)05-0047-02

Research and implement on cylindrical core imaging

Tang Tao¹, Wang Zhengyong¹, He Haibo², Wang Song²

(1. Image Information Institute, School of Electronics and Information Engineering, Sichuan University, Chengdu 610064, China;

2. Chengdu Xitu Science and Technology Co., Ltd., Chengdu 610064, China)

Abstract: The surface imaging of cylindrical core is implemented in this paper. Firstly, the surface images of cylindrical core are captured by an array CCD. Then, after pretreatment of global illumination correction and distortion correction, the entire surface image of the cylindrical core is reconstructed by using optimal stitching line algorithm. Finally, the high-quality cylindrical core panorama is obtained.

Key words: distortion correction; image mosaic; image fusion; 360-degree cylindrical imaging

岩心是油气勘探开发研究工作中最关键、最直观的信息,也是反复使用的实物资料,油田石油地质分析数据和地球物理勘探的物理参数均来自于岩心^[1]。肉眼观察岩心表面容易忽略一些细节,不易掌握岩心全部信息量,而且岩心易风化和破损,因此,采集岩心图像建立数据库,对地质石油部门是非常必要的一项工作。本文针对柱状岩心成像进行研究,通过面阵 CCD 采集柱状岩心外表面图像,经过全局光照校正和桶形校正预处理,采用最佳拼接线算法拼接融合,完成整个柱状岩心表面图像重建。

1 全局光照校正

物体颜色因投射光线颜色发生改变而随着改变,在不同光线下 CCD 拍摄的图像会有不同的色温,而 CCD 不能像人眼一样自动修正光线的改变,因此在进行图像拼接融合之前,先进行图像全局光照校正。

首先采集一张标准的白色图纸作为标样,计算出固定区域内 R 、 G 、 B 3 个分量之和 n_R 、 n_G 、 n_B ,然后将白色

图纸贴在柱状岩心样品旁一起采集,计算出此时图片中白色图纸某一区域内 R 、 G 、 B 3 个分量之和 n_{FirsR} 、 n_{FirsG} 、 n_{FirsB} ;以 n_R 、 n_G 、 n_B 作为定标标准,求出 3 个通道增益系数:

$$\begin{cases} \partial_1 = \frac{n_{FirsR}}{n_R} \\ \partial_2 = \frac{n_{FirsG}}{n_G} \\ \partial_3 = \frac{n_{FirsB}}{n_B} \end{cases} \quad (1)$$

然后根据计算出来的 3 个通道的增益数,将柱状岩心样品图像像素点各分量与增益系数的乘积作为光照校正的输出,从而实现光照校正。

2 图像畸变校正算法

本文采用的是面阵 CCD,一方面因镜头等原因会造成图像畸变;另一方面待成像的物体为柱面,不是平面物体,因此成像时,当相机聚焦到某一平面时,其他平面的目标映射到像平面时会发生畸变。这些畸变将影响图像拼接,因此需恢复畸变后的各点在其柱面上的原始位

置,即对畸变进行校正。

本文采用网格模板校正法^[2],基本思想是:通过在基准图像中获取一定的控制点和对应畸变图像的点来进行计算从而得到整个图像的畸变映射关系,然后根据已得映射关系对图像中所有像素点进行搬移,从而达到畸变校正的效果。

首先根据模板获得一幅基准柱状岩心图像和一幅畸变柱状岩心图像,令点 (x, y) 是畸变图像中一点,点 (u, v) 是基准图像中的对应点,则 (x, y) 和 (u, v) 的对应关系为:

$$\begin{cases} x = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^{n-i} a_{ij} u^i v^j \\ y = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^{n-i} b_{ij} u^i v^j \end{cases} \quad (2)$$

其中, a_{ij}, b_{ij} 为多项式的系数; n 为多项式的次数,本文取 $n=3$ 。

式(2)中的各待定系数可以利用 L 对控制点按最小二乘法原理来求得,即:

$$\begin{cases} \varepsilon_x = \sum_{l=1}^L (x_l - \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^{n-i} a_{ij} u^i v^j)^2 \\ \varepsilon_y = \sum_{l=1}^L (y_l - \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^{n-i} b_{ij} u^i v^j)^2 \end{cases} \quad (3)$$

使 $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ 为最小的 a_{ij}, b_{ij} 即为求得的各待定系数。

将选定控制点对代入式(2)、式(3)进行计算就可以得到多项式系数,即得到了基准图像和畸变图像之间的映射关系,后面便根据此映射关系校正同等条件下产生的畸变图像。

3 图像自动拼接

要完成 360° 外表面图像采集,需采集多幅图像然后再拼接。为此,固定CCD,运用单片机控制旋转机构从而使柱状岩心旋转,每旋转 30° ,采集一幅图像并传送到计算机,直到完成柱状岩心 360° 表面图像的采集。在图像拼接过程中,首先用块匹配法完成两幅图像的配准,再使用最佳拼接线算法完成两幅图像的拼接融合。

3.1 块匹配法

本文采用全搜索块匹配算法来实现两幅图像配准,由于柱面岩心每次顺时针旋转 30° 拍摄一次,可知搜索区域为前一张图中心线下半部分和当前图中心线上半部分,大大减小搜索的工作量。若 $\{x_c(i, j)\}$ 和 $\{x_p(i+\Delta i, j+\Delta j)\}$ 分别表示当前图像中选取的大小为 $n \times n$ 子块的像素值和前一图像搜索区域中待匹配子块的像素值,基于最小均方误差匹配准则的全搜索块匹配算法就是在搜索区域里寻找满足式(4)的 $(\Delta i, \Delta j)$,从而获得位移矢量 $V=(\Delta i, \Delta j)^T$,根据此位移矢量完成两幅图的配准。

$$\begin{cases} S(\Delta i, \Delta j) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |x_c(i, j) - x_p(i+\Delta i, j+\Delta j)|^2 \\ U = \min_{(\Delta i, \Delta j)} \{S(\Delta i, \Delta j)\} \\ V = (\Delta i, \Delta j) | U \end{cases} \quad (4)$$

3.2 最佳拼接线算法

当两幅图像配准完成后,接着采用最佳拼接缝法实现图像融合。先计算出两幅图像对应的重叠区域各点像素差,然后从重叠区域各行第一个像素点开始与上、下像素点比较。像素差最小的像素点作为此路线的节点,右移一列,重复此操作,直到完成最后一列的比较,计算出这条路线像素差之和。统计重叠区域中各路线像素差之和,像素差之和最小的路线即为最佳拼接线。找到最佳拼接线后,最佳拼接线上的重叠区域部分取第一幅图像在该区域的值,最佳拼接线下面的重叠区域取第二幅图像在该区域的值,这样即可完成两幅图像的拼接融合。两幅图像拼接融合流程图如图1所示。



图1 图像拼接融合流程

4 实验结果

为验证岩心柱状成像的有效性,本文用面阵CCD采集小直径的柱状岩心图像进行拼接融合成像测试。每次采集完图像后,岩心顺时针旋转 30° ,这样重复12次,把整个岩心外表面采集完,然后将采集的图像按采集先后顺序标好号。对第1张图和第2张图进行全局光照校正和桶形校正,再采用块匹配法配准后采用最佳拼接线算法融合得到一个结果图。同样对第3张图先进行全局光照校正和桶形校正,与前面融合的结果图进行块匹配配准后采用最佳拼接线算法融合。后面9张图像重复前面的操作后,生成最终结果图,完整地展现了柱状岩心的表面图像。

图2为采集柱面岩心外表面图像序列,图3为拼接融合后的外表面结果图。

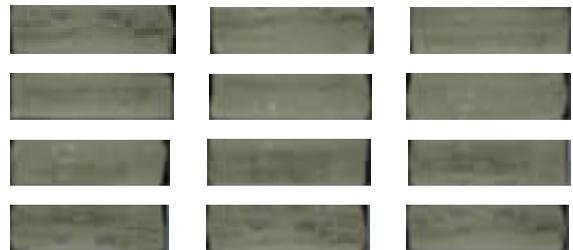


图2 采集的柱面岩心外表面图像序列



图3 拼接融合后的柱面岩心外表面全景图

本文实现了 360°圆柱状岩心外表面图像采集及拼接融合,得到了柱状岩心的 360°全景图,拼接融合效果较好,在石油勘测等工程上已得到应用。但目前主要针对小直径柱状岩心的拼接融合,对较大直径岩心的拼接融合,还需探索和实践。

参考文献

- [1] 吴晓红,徐强.岩心扫描成像系统的设计与实现[J].西南民族学院学报(自然科学版),2002,28(1):102-105.
- [2] 冯伟.图像桶形畸变校正的研究与实现[D].北京:北方工业大学,2011.
- [3] 吴开兴,段马丽.新的桶形畸变的点阵样板校正方法[J].计算机应用,2012,32(4):1113-1115.

- [4] 张显全,唐振军,卢江涛.基于线匹配的图像拼接[J].计算机科学,2005,32(1):221-223.
- [5] 林婧.基于序列图像的全景图像拼接技术的研究[D].沈阳:沈阳理工大学,2010.
- [6] 朱广征,沈振康.一种改进的完全搜索块匹配算法[J].红外与激光工程,2004,33(4):388-391.

(收稿日期:2013-11-14)

作者简介:

唐韬,男,1989年生,硕士研究生,主要研究方向:图像处理与硬件研发。

王正勇,女,1969年生,博士,副教授,主要研究方向:通信与信息系统。

电子技术应用网

APPLICATION OF ELECTRONIC TECHNIQUE
www.ChinaAET.com