

文章编号:1005—0523—(2007)02—0124—03

基于纹理的三维地震数据场体绘制

徐旻玮, 萧蕴诗

(同济大学 电子与信息工程学院, 上海 201804)

摘要:传统的地震资料可视化方法中,采用一组二维切片来表示三维地震数据.这种方法的缺点是不能反映整个原始数据场的全貌及细节,直观性差.体绘制方法克服了这一缺点,它能根据三维数据场在屏幕上产生细节丰富的三维图像,成像质量高.基于纹理映射的体绘制方法借助于图形硬件,采用由硬件实现的纹理映射功能来进行三维地震数据的体绘制,从而明显提高了计算速度.

关键词:体绘制;纹理映射;三维地震数据
中图分类号:TP37 **文献标识码:**A

1 引言

三维地震勘探技术在石油勘察方面占据十分重要的地位.如能较好地解决三维地震数据资料处理和解释环节中的科学计算三维可视化问题,可以使处理和解释工作更有效地进行,对降低勘探风险和成本有着重要的现实意义.目前,科学计算三维可视化的重要分支:三维数据场的体绘制算法,在近年来得到了迅速发展.这种算法能产生三维数据场的整体图像,包括每一个细节,并具有图像质量高,便于并行处理的等优点.但其主要问题是:计算量很大,且难于利用传统的图形硬件实现绘制,因而计算时间较长.基于纹理映射的体绘制算法充分利用了硬件的纹理映射计算功能,来进行直接体绘制,可以显著提高绘制速度.

2 体绘制算法

从可视化的角度来讲^[1],主要分为基于表面重建的方法,如 March Cubes,和直接体绘制(Direct Volume Rendering).表面绘制算法首先在三维空间数据场中构造出中间几何图元,然后再由传统的计算机图形学技术实现画面的绘制.这种方法可以对感兴趣的等值面产生清晰的图像,但不能反映整个原始

数据场的全貌及细节.在三维地震数据可视化中,由于需要对地震数据中形状特征模糊不清的结构进行显示,因此基于表面重建的方法就显得较为粗糙.体绘制方法对体数据场中的每个体素进行分别处理,进而合成具有三维效果的图像.除了颜色,在此算法中还另外引入了不透明度.通过给不同的地质属性值分配相应的不透明度,能够将各单元的属性,形状特征和各个层次之间的关系表现出来,丰富了图像信息,增强了数据的整体显示效果.

体绘制方法以体素(Voxel)为基本构造单元,一个体素一般代表网格点中心的单位立方体.在三维地震数据体的可视化中,首先要将每个数据采样点转换为一个体素,而该采样点的值(表示某种地震属性)按照一定的规则映射为体素的颜色和透明度,从而将地震数据集化为由体素构成的体,便于数学处理.在这种转换中,每个地震道转换成一个体素的队列.每个体素拥有与地震属性值相对应的颜色和透明度值,颜色由 RGB(红绿蓝)三原色分量组成,透明度在 0~1 之间,0 表示完全透明,1 表示完全不透明.颜色和透明度的管理是三维地震数据可视化很重要的组成部分.通过调整透明度和颜色可以使不同的地质特征凸现出来.由于直接体绘制算法的计算量很大,加上三维地震数据的数据量也是海量的,所以采用这种方法进行成像的时间会相对较长.

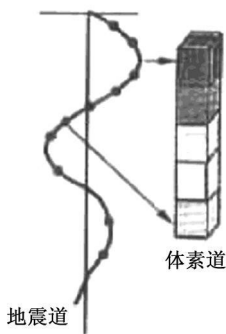


图 1 地震采样点和体素的关系

3 基于纹理映射的体绘制算法

3.1 算法原理

由于直接体绘制的计算量很大,尽管采用了多种加速算法仍然难以达到理想的显示速度.于是人们开始考虑借助硬件的能力,将三维离散数据场重采样和图像合成,这些运算量大的工作分配由图形子系统来完成.基于纹理映射的体绘制算法正是充分利用了这种硬件的加速功能,可以大大提高运算速度,因此成为了人们注意的重点.基于纹理映射三维地震数据场体绘制算法流程图如图 2 所示.

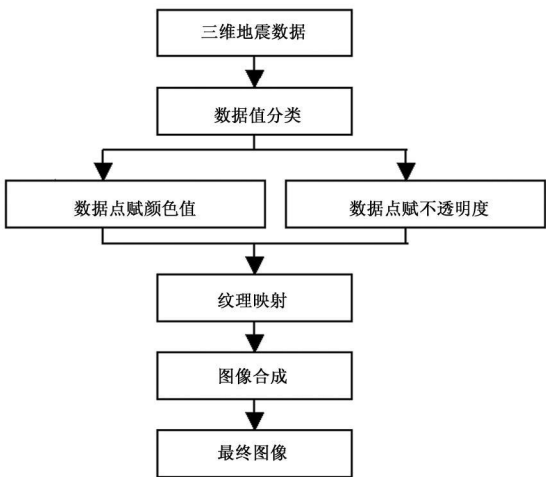


图 2 基于纹理映射体绘制算法流程图

由图可见,此算法可以作如下归纳:首先将数据值进行分类,并按照给定的转换函数将每个数据点转换为相应的颜色和不透明度值,形成纹理图.其次,在确定了观察方向后,给出被绘制数据场中的采样点和纹理空间坐标的映射关系;最后,在纹理空间中进行重采样,并按照从后向前的顺序进行图像合成,以形成最终图像.

3.2 转换函数的设计

在基于纹理映射的体绘制算法流程中,需要把三维数据场中的点转换为相应的颜色值和不透明度

值.因此,转换函数的优劣决定了最后形成的图像的直观性.可见,转换函数的设计是整个纹理映射体绘制算法的重点和难点.在本文中,我们把不同的采样振幅值转换为不同的颜色值,实现对地质结构的清晰显示.

转换函数设计如下:

$$R_i = R(x_i) = \begin{cases} 0, & x_i > 0 \\ 128, & x_i = 0 \\ val, & x_i < 0 \end{cases}$$
$$G_i = B_i = GB(x_i) = \begin{cases} val, & x_i > 0 \\ 128, & x_i = 0 \\ 0, & x_i < 0 \end{cases}$$
$$\alpha_i = A(x_i) = const$$

其中 $val = \frac{x_i}{Max} \cdot 255$, x_i 为每个采样点的振幅,为所有采样点的振幅的绝对值的最大值, $const$ 为常量, $(R_i, G_i, B_i, \alpha_i)$ 为采样点振幅值经转换函数转换后,形成的体素的颜色和不透明度值.

体数据经过转换函数处理之后,地震道数据转换为像素道数据,振幅值大于零且绝对值越大的采样点对应颜色的绿色,蓝色分量越大,振幅值小于零且绝对值越大的采样点对应颜色的红色分量越大,而振幅绝对值接近于零的采样点颜色则接近于灰色.

3.3 程序实现步骤

用 OpenGL 函数进行地震数据纹理映射体绘制的实现步骤如下:

(1) 定义纹理:用 $glTexImage2D * ()$ 函数说明映射的纹理的内容,即数据经过转换函数转换后得到的 (R, G, B, A) ,包括纹理数据的指针,纹理大小,纹理的类别.

(2) 纹理控制:说明纹理以何种方式映射到模型表面,本文采用纹理滤波.调用函数为 $glTexParameter * ()$.

(3) 确定纹理映射方式:用纹理来调整三维模型的颜色,或用纹理与三维模型原来的颜色进行融合.调用函数为 $glTexEnv * ()$.

(4) 定义模型顶点的纹理坐标与几何坐标,绘制场景:几何坐标决定了顶点在屏幕上的绘制位置,纹理坐标决定了纹理图像中那个纹理元赋予该顶点.调用函数为: $glTexCoord * ()$.

4 实际地震数据应用及比较

以胜利油田某地区的三维地震数据体为源数据进行实际应用,取 100 个地震剖面,每个剖面取 64

个地震道,每个地震道取 128 个采样点,数据大小为 $100 \times 64 \times 128 \times 4$ 个字节.实验结果如图 3 所示.将数据体中的某些部分的透明度设置为零,即可方便的实现剖切显示的功能.实验结果如图 4 所示.

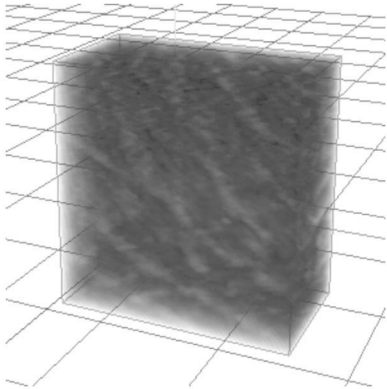


图 3 基于纹理映射的三维地震数据体绘制

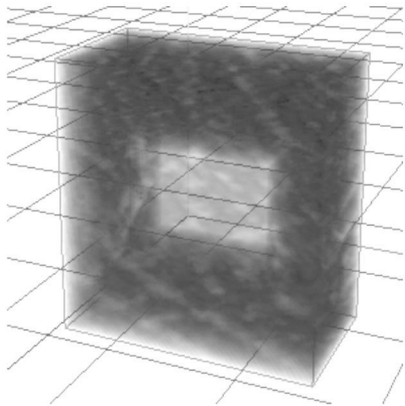


图 4 三维地震数据体的剖切显示

在 Pentium (R) 4、CPU 主频 2.4GHz、内存 512M 的微机环境下用 C 语言开发算法测试程序.对相同大小的数据块,先后用纹理映射及常规体绘制算法(这里采用 Ray-Casting)进行处理,分别得到各自所

需的时间.如表 1 所示.

表 1 纹理映射与常规体绘制算法用时比较

数据大小	纹理映射	Ray-Casting
$70 \times 128 \times 128 \times 4$	1.997 s	12.551 s
$100 \times 128 \times 128 \times 4$	3.093 s	27.314 s
$200 \times 128 \times 128 \times 4$	6.567 s	71.191 s

5 结论

基于纹理映射的体绘制算法充分利用了硬件的加速功能,把大量复杂的插值计算和具有不透明度的图像合成交给图形硬件完成,明显提高了运算速度.通过实验,本文验证了纹理映射体绘制技术应用与三维地震数据体可视化中的可行性,并且取得了令人较为满意的效果.

参考文献:

[1]唐泽圣.三维数据场可视化[M].北京:清华大学出版社,1999.

[2]朱亚平,杨惠珠,董渊,等.OpenGL 技术在地震数据可视化中的应用[J].石油地球物理勘探,2000,35(4):403—414.

[3]P. Lacroute, M. Levoy. Fast volume rendering using a shear-warp factorization of viewing transformation, SIGGRAPH '94, 1994, 28(4):451—459.

[4]武加鹤,等.三维可视化技术在新油田勘探开发中的应用[5].武汉石油职工大学学报,2004,(2).

[5]M. Levoy. Display of surface from volume data. IEEE CG&A, 1988,8(5).

[6]Cullip T J, Neumann U. A. Accelerating volume reconstruction with 3D texture mapping hardware [R]. Chapel Hill: University of North Carolina, 1993.

Texture-based 3D Seismic Data Sets Volume Rendering

XU Min-wei, XIAO Yun-shi

(School of Electronic and Info. Eng., Tongji Univ., Shanghai 201804, China)

Abstract: In traditional visualization method of 3D seismic data sets, a series of 2D slices are used to indicate the 3D seismic data sets. The disadvantage of this method is that the whole scene and details of the original data sets cannot be displayed. This disadvantage can be overcome by the method of volume rendering, which can generate detailed 3D image on screen from 3D data sets. Volume Rendering based on texture mapping takes advantage of graphic hardware to render the 3D seismic data, speeds the calculation.

Key words: volume rendering; texture mapping; 3D seismic data