

基于 PC 的地质数据体三维可视化系统的实现

Implement of 3D Visualization of Geology Data Based on PC

钟宝荣¹ 侯 艳²

(江汉石油学院计算机科学系 湖北荆州434023)¹ (广东工业大学计算中心 广州510090)²

Abstract In this paper, the development actuality and foreground of science visualization are mentioned firstly, and it does the in-depth discuss for exploiting the whole software system. Then this paper analyzes the grid data of geology, and builds corresponding data structure. Finally, it introduces the software system named 3D Visualization of Geology Data summarily, and gives simple description on most models.

Keywords Three dimension visualization, Net model, Color model, Contour model, Clip, Lighting and material, Texture

0. 引言

近10年来,在美国、德国、日本等发达国家的著名大学、国家实验室及大公司中,科学计算可视化的研究工作及应用实验十分活跃,其技术水平正在从后处理向实时跟踪和交互控制发展,并且已经将超级计算机、光纤高速网、高性能图形工作站及虚拟现实四者结合起来,体现出这一领域技术发展的重要方向.科学计算可视化的应用领域十分广泛,几乎涉及自然科学及工程技术的一切领域.主要应用领域为医学、地质勘探、气象学、分子模型构造、计算流体力学和有限元分析等^[1].

三维地质数据复杂计算量大而且不直观,如果不能进行可视化显示,将无法简洁明了地了解地质构造^[2].早在1996年的第三十届国际地质大会科学展览会上就展出了功能较强的图形软件,但并不能被所有的用户直接使用,具有一定的局限性.如在硬件上,大多采用高档图形工作站和并行处理机来处理海量数据.另外,在软件方面,石油地质软件不是使用应用广泛的 DOS、WINDOWS 等单机操作系统,而是使用应用较少的 UNIX 等多用户网络操作系统.有些单位的三维地质建模也许在高档 PC 机或一般中低档工作站上就可以完成,但现有的具有三维建模功能的软件没有一个有微机版。

基于以上现状,我们利用 VC++ 6.0 的 MFC 和 OpenGL 在 Windows NT 上实现了地层模型的三维显示,开发了这套《地质数据体三维可视化》软件系统,在微机平台上实现了地质数据的三维可视化^[3].

1. 系统实现的基本功能

该软件系统就是要将三维地质数据经过处理转换为三维图形,实现三维图形的视频可视化.具体来说,就是要利用已经网格化的地质采样数据点,建立

一定的数据模型;利用这些数据模型,并且结合 OpenGL 接口函数在 VC++ 环境中编写出三维模型的代码,包括像网格,颜色,三维立体等;还有对三维模型进行光照和材质的处理,加入一些特殊的效果能使三维立体更加真实;最后就是用 OpenGL 的绘制函数显示出这些三维图形^[4].

总结起来,本软件系统所能完成的主要功能包括以下几个方面的内容:

- 1) 分别用网格线、颜色表面和金属表面绘制三维图形
- 2) 对于层间、层与顶以及底面的绘制
- 3) 边界上进行贴图,边界线的绘制
- 4) 对图形的光照处理
- 5) 等值线的绘制
- 6) 三维图形的裁剪及裁剪区的绘制
- 7) 三维图形的旋转与缩放

该软件系统实现了几种模型的显示,包括网格模型、颜色模型、材质与光照模型、等值线模型、纹理与贴图、拾取与裁剪等.系统总体的功能结构如图1所示。

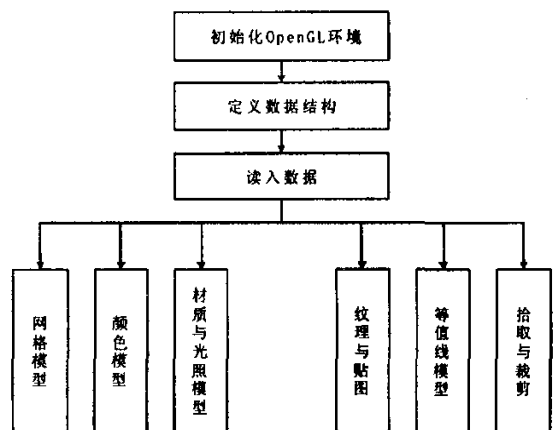


图1 系统功能结构图

2. 数据结构^[5]

提供给本系统的数据文件为扩展名为 GRD 的文本网格数据文件^[6],这是通过对不规则的采样点进行网格化以后得到的数据文件。考虑到处理数据时要处理多层数据,所以数据结构不能单纯地作为各数据对应的变量。经过几种数据结构的比较,最后

确定的数据结构如下:

COBList mLayerList;

该变量为全局变量,所有数据用 COBList 型变量 mLayerList 来存储,每添加一个层或删除一个层,变量 mLayerList 就增加或删除一个节点,其节点为 CLayer 类的一个对象。CLayer 类是自定义的一个类。整个景观文件的数据结构层次如图2所示。

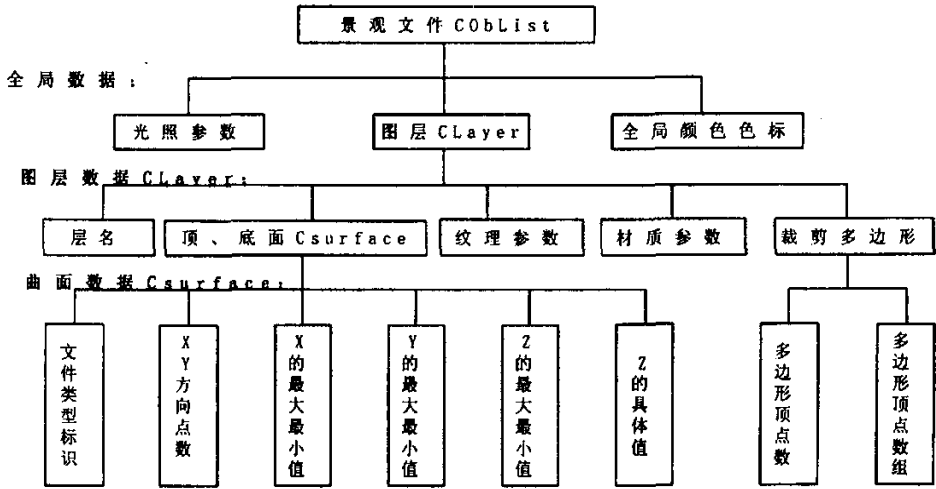


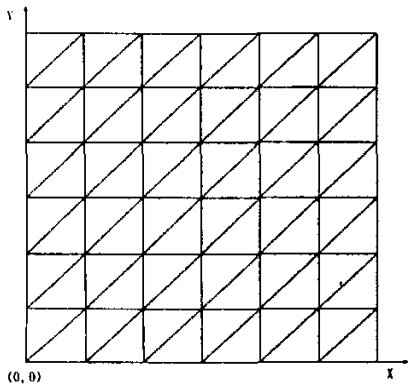
图2 数据结构描述

整个景观文件的数据有光照参数、全局颜色色标和图层文件。而图层文件(CLayer)是一个自定义的类,它包括每一层的层名、纹理参数、材质参数、裁剪多边形以及每一层的顶面数据文件和底面数据文件。顶面和底面均是一个指向 CSurface 类的对象。CSurface 是一个自定义的类,它用来存放曲面的数据文件,包括文件类型标识,X、Y 方向上点的个数,X、Y、Z 方向上的最大最小值以及 Z 的实际坐标值等。裁剪多边形 CClipPolygon 也是一个自定义的类,用来存放各层裁剪多边形的顶点数目和顶点数组。

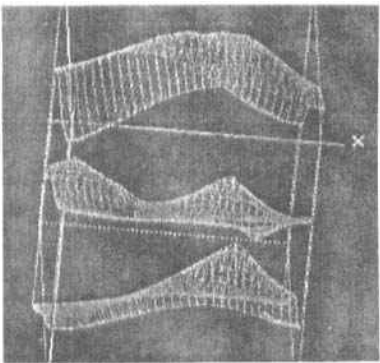
3. 各种模型的实现

3.1 网格模型

网格模型由空间四边形组成,这些空间四边形组成一个地层面,从中可以看出地层的形状。这种模型生成的图形简单,所以显示速度比较快^[7]。其中的绘图是由画线组成的,从 X 轴的起点开始,把与 X 轴平行的点绘成一条空间线,然后以 Y 轴的起点为基点,把与 Y 轴平行的点绘成一条空间线。这样就绘成了网状的三维图形。



(a)



(b)

图3 网格模型示意图

在 OpenGL 中,提供了绘制四边形的函数,但是由于我们处理的数据是三维数据,最后的网格往往不是平面上的,而是象图3(b)显示的那种曲面网格,所以在绘制网格的时候我们把一个四边形分解成两个三角形来画,如图3(a)所示。

3.2 颜色模型

颜色模型是一种用颜色的深浅来表示高度分布的一种模型。设置了全局的最大值颜色和最小值颜色以后,各层的颜色就按照其高度值的不同分布来绘制。颜色模型中用到的 OpenGL 命令有赋颜色函数,函数原型为 glColor(),参数为各分量的颜色值。在每一点上,按高度大小的比例分配颜色,两点之间则通过两种颜色线性插值,最后得到连续的颜色/高度分布图。我们知道一种颜色被分成三种分量,在各分量中,我们可以通过线性插值来获得某一点的颜色对应分量。如图4所示,最高点 P3 的颜色为 RGB(X,Y,Z),最低点 P2 的颜色为 RGB(X1,Y1,Z1)。最高点与最低点的高度值分别为 A,B。其中某一点 P5 的高度值为 C,则通过线性插值得到 P5 的颜色为:

$$RGB(X1+(X-X1) * (C-B)/(A-B), Y1+(Y-Y1) * (C-B)/(A-B), Z1-(Z-Z1) * (C-B)/(A-B))$$

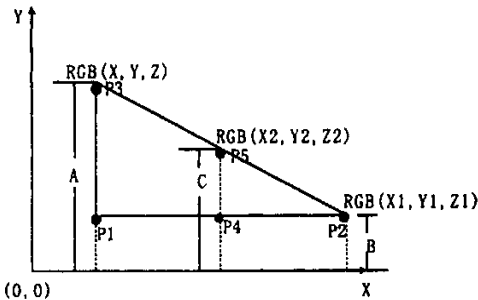


图4 颜色插值图

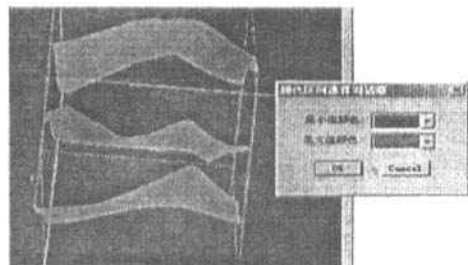


图5 颜色效果图

因此,通过设置网格点的最高点颜色值和最低点颜色值,就可以把高度值的颜色分布绘制出来。如图5所示。

3.3 材质与光照模型

材质与光照模型是为表面赋上材料,引入光照而生成图形。这种模型是最复杂的模型,而且计算量非常大,几行代码可能要运行几分钟才能看到结果。这种模型主要是让三维形体更具有真实感,材质的引入,使物体表面更接近于现实,光照的加入,使得场景更加真实。在多层模型中,要对其中的任意一层的材质都能进行处理和观察。选中某一层后,可以给这一层赋加材质和改变这层材质的属性。而光照应该是一个全局的属性,是对整个图像的一种修饰。图6是有光照下的材质模型效果图。

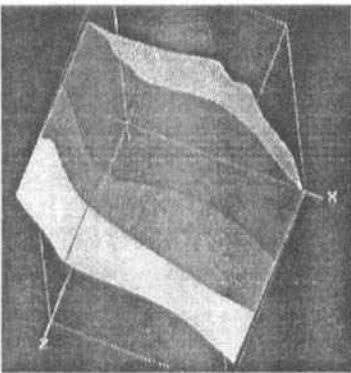


图6 材质效果图

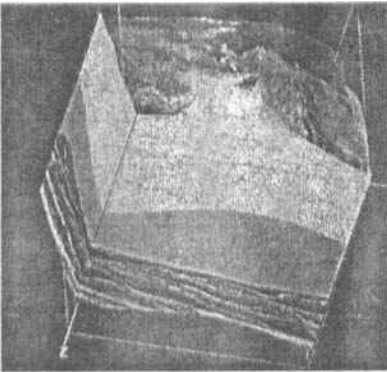


图7 纹理效果图

3.4 纹理与贴图

纹理贴图技术也叫纹理映射技术。生成颜色纹理的一般方法是在一平面区域(即纹理空间)上预先定义纹理图案,然后建立物体表面的点与纹理空间的点之间的对应(即映射)。当物体表面的可见点确定之后,以纹理空间的对应点的值乘以高度值,就可以把纹理图案附到物体的表面上。纹理贴图的数学过程是十分复杂的,但 OpenGL 已对其进行了处理,使编程者可以利用几个函数就可以完成纹理贴图。执行纹理贴图的步骤可以概括为:定义纹理贴图、定义纹理映射方式、定义纹理缠绕方式、定义纹

理滤波方式和定义纹理坐标等^[8]。纹理贴图的效果如图7所示。对于不同的层可以贴不同的纹理,对于同一层的不同侧面也可以贴上不同的纹理。

3.5 等值线模型

等值线也是描绘高度分布的一种方法。绘制等值线可以在数学地形模型上进行。目前利用数字地形模型绘制等值线的方法,常用的有三种:线性插值光滑法、网格法和三角网法^[9]。本系统采用的是网格法绘制等值线。此法是在规格化的数字地形模型的基础上进行的。下图8是等值线模型的效果图。

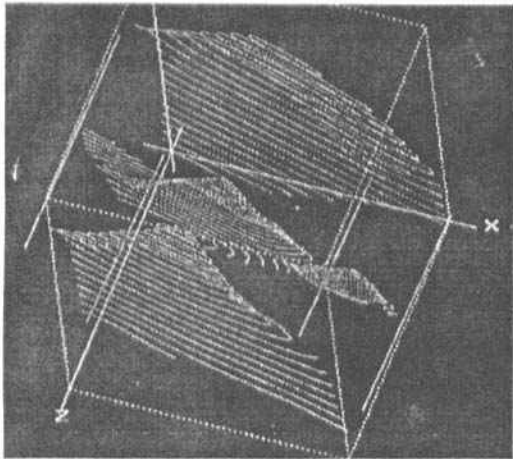


图8 等值线效果图

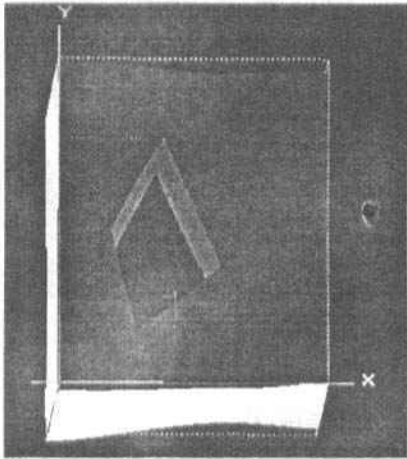


图9 裁剪效果图

3.6 拾取与裁剪

所谓拾取与裁剪就是让用户可以通过点击鼠标选中某一层,再对这一层进行裁剪处理,或者把某一层全部裁剪掉根本不绘制。裁剪区域的选取也是通过鼠标选择的。先用鼠标左键选择几个点,最后用右键结束,使其形成一个封闭的多边形区域。以后在进行各种模型的绘制的时候,裁剪区中的部分都不再绘制出来。

图9是去掉中间部分的带裁剪的材质模型效果图。

结束语 本系统充分利用了计算机先进的三维图像处理技术,具有强大的三维图像可视化功能,国内首次在微机平台上实现了三维地质数据体的可视化,并用面向对象的方法对三维地质数据进行了成功的管理与维护。应用该软件系统,数据准备简单,计算快捷,操作方便,实用性强。本系统可精细制作一个或多个目标的油储模型,可灵活地适用于油层和气层。

参 考 文 献

- 1 唐泽圣,等. 三维数据场可视化. 清华大学出版社,1999
- 2 郑凯东. 三维油藏彩色模型原理和算法. 计算机辅助设计与图形学学报,2000,12(6):414~418
- 3 徐永安. 石油地质数据场的可视化. 计算机工程与应用,1999(4)
- 4 McCormick B H, DeFanti T A, Brown M D. Visualization in Scientific Computing. Computer Graphics, 1987, 21(6)
- 5 严蔚敏,吴伟民. 数据结构(C语言版). 清华大学出版社,1996
- 6 霍家道,孙尧,等. 三角形网格地形数据及其 OpenGL 显示. 应用科技,2001,28(5)
- 7 赵韶平,高世海,等. 三维真实感地图生成. 中国图形图像学报, 1999, A4(7):549~551
- 8 段晓娟. 基于 OpenGL 的纹理映射技术. 长沙大学学报,2000,14(4)
- 9 唐泽圣. 计算机图形学基础. 清华大学出版社,1995