

基于 OpenGL 的地质三维图的设计与实现

徐元进, 胡光道

(中国地质大学数学地质遥感地质研究所, 武汉 430074)

摘 要: 针对地质三维图绘制中问题, 提出了设计思想, 基于 OpenGL 在 VC++ 环境下进行了实现, 并用对应分析因子载荷三维图的实例来说明开发的三维图能清晰、准确、全面获取信息。旋转三维图的实现既能避免二维图缺乏整体感的缺点, 又能避免有限角度观察三维图作结论可靠性差的缺点, 为图元空间位置关系的分析提取提供了更高的真实性与方便性。

关键词: 三维图; OpenGL; 地质

Design and Implementation of 3D Graph in Geology Based on OpenGL

XU Yuanjin, HU Guangdao

(Institute of Mathematical and Remote Sensing Geology, China University of Geosciences, Wuhan 430074)

【Abstract】 There are some very complicated problems in the 3D geologic graphing. The paper provides a design and means for solving them, and presents the codes of the 3D graph drawing based on OpenGL in Visual C++. It is proved that the information can be clearly, exactly, and fully obtained with the example of the factor loading 3D graph drawing of the correspondence analysis. The results suggest that the revolving 3D graph can not only obviously excel both 2D dimension graph which presents from only an orientation, and 3D graph which presents from finite orientations, but also the implementation of it can discern the relative space places more properly and easily among different graph elements.

【Key words】 Three-dimension graph; OpenGL; Geology

作为计算机与地质结合的产物, 地理信息系统(GIS)为地质学家们进行地质信息分析提供了有利帮助, 但是进行分析的图形大多是二维的^[1]。这包括“九五”期间, 中国地质大学(武汉)数学地质遥感地质研究所, 基于MAPGIS平台开发的专业应用软件:“金属矿产资源评价分析系统”(MORPAS)。该系统当时显示的图形大都是二维的, 只有极少具有三维功能。为了更加准确、完整地提取地质信息, 应该开发一些有专业用途的三维图形功能^[1]。“十五”期间, 该研究所对MORPAS进行了商品化开发, 其中涉及到一些地质信息的三维图形显示功能, 目前该系统正在实践中推广应用。

地质信息的可视化显示是进行信息分析提取的关键内容, 它关系到数据信息的清晰、准确、全面表达, 用户使用的方便性。二维图包含的信息过少, 数张二维图才能表达出一张具有一定空间位置关系的三维图, 而且极不便于进行空间整体分析。该文结合地质图形的复杂特点, 对三维图形的实现过程进行介绍。

1 三维图的绘制方法及实现

好的平面图绘制方法应解决好 4 方面问题: 合理的整体布局, 适当清晰的横、纵坐标标注, 数据文字的准确标注和显示, 合适的图形颜色的选取^[2]。好的三维图绘制方法同样也应解决好这 4 方面问题, 不同之处在于: 它解决的是三维空间的问题。

1.1 合理的空间整体布局

保证空间整体布局的合理性, 便于最大限度利用指定空间绘制三维图, 这需要解决好以下两个问题:

1.1.1 图心的控制

将图形中心控制在显示区中心, 可最大限度地地在显示区

内绘制图形。

先找出 X 轴、Y 轴和 Z 轴上的最大、最小值: x_{min} , y_{min} , z_{min} , x_{max} , y_{max} , z_{max} ; 然后, 将坐标系原点平移至点 $(-(x_{min}+x_{max})/2, -(y_{min}+y_{max})/2, -(z_{min}+z_{max})/2)$, 则图形中心就移到原坐标系原点, 即显示区中心。

1.1.2 空间范围的确定

三维图空间范围可通过一个包含所有图元(点、线、面)的长方体来确定, 且使 3 个坐标轴的最大、最小值点分布在长方体的表面。该长方体表示的是一个活动的范围, 随着三个坐标轴的最大、最小值点的变化而改变, 图中各个图元可依据长方体来确定各自空间位置。长方体的一个面的绘制代码如下:

```
glBegin(GL_LINE_LOOP);  
glVertex3f(xmin,ymin,zmin);  
glVertex3f(xmax,ymin,zmin);  
glVertex3f(xmax,ymax,zmin);  
glVertex3f(xmin,ymax,zmin);  
glEnd();
```

1.2 图形空间大小及方位的表示

在三维图中, 坐标轴用于度量空间长度和起着指示方位的作用, 为空间整体分析提供方便。在一些复杂图形旋转时, 有时仅仅通过空间坐标轴难以看出各个图元的空间位置关

基金项目: 国家“十五”计划基金资助重大科技攻关项目(2001BA609A-02); 国家自然科学基金资助项目(40272122)

作者简介: 徐元进(1975-), 男, 博士生, 主研方向: 计算机软件, 数学地质, 高光谱遥感; 胡光道, 教授、博导

收稿日期: 2006-04-16 **E-mail:** yuanjinxu@163.com

系,所以还必须提供一个可用于标识方位的带颜色的三角面。

1.2.1 合理的坐标轴设计

坐标轴包括轴线、箭头和刻度。在绘制中, X 轴、Y 轴和 Z 轴的最大值(即箭头尖端)分别要比 xmax、ymax 和 zmax 大点,最小值分别要比 xmin、ymin 和 zmin 小些,以保证整个坐标轴能包容所有的图元。箭头一般都绘制成三菱锥,以保证图形旋转中的三维效果。其中 X 轴的箭头绘制代码如下:

```
glBegin(GL_TRIANGLE_FAN);
glVertex3f(xmax+5.0,(ymin+ymax)/2,(zmin+zmax)/2);
glVertex3f(xmax,(ymin+ymax)/2-1.732/3,(zmin+zmax)/2+1.0);
glVertex3f(xmax,(ymin+ymax)/2-1.732/3,(zmin+zmax)/2-1.0);
glVertex3f(xmax,(ymin+ymax)/2+1.732*2/3,(zmin+zmax)/2);
glEnd();
glBegin(GL_TRIANGLES);
glVertex3f(xmax,(ymin+ymax)/2-1.732/3,(zmin+zmax)/2+1.0);
glVertex3f(xmax,(ymin+ymax)/2-1.732/3,(zmin+zmax)/2-1.0);
glVertex3f(xmax,(ymin+ymax)/2+1.732*2/3,(zmin+zmax)/2);
glEnd();
```

1.2.2 带颜色的三角面的设计

三角面的 3 个角用不同颜色充填,用于区别不同方位。在空间位置关系模糊时,可打开功能菜单,显示此三角面。带颜色的三角面的绘制代码如下:

```
glBegin(GL_TRIANGLE_STRIP);
//画一系列相连的用颜色填充的三角形
glColor3f(1.0,0.0,0.0); //第 1 个三角,红色充填
glVertex3f(vert[0][0],vert[0][1],vert[0][2]);
glColor3f(0.0,1.0,0.0); //第 2 个三角,绿色充填
glVertex3f(vert[1][0],vert[1][1],vert[1][2]);
glColor3f(0.0,0.0,1.0); //第 3 个三角,蓝色充填
glVertex3f(vert[2][0],vert[2][1],vert[2][2]);
//vert[ ][ ]中保存顶点坐标。
glEnd();
```

1.3 合适的图形颜色选取和易于区别的图元形状选择

在绘制多组数据图形时,合适的颜色可对图元明显地加以区分^[2]。有时也可通过不同的形状来区分不同的图元,比如点,除用颜色外,也可用圆点和方点对其进行区别。合适的图形颜色选取和易于区别的图元形状选择直接关系到三维图的整体观察效果。

在绘制三维图的坐标轴时,大多采用蓝色。在绘制标识方位的三角面时,一般将其 3 个角用红绿蓝 3 种颜色充填、渲染。在图元特别小,形状上不好区分时,一般用差别较大颜色充填,以示区别。

1.4 准确清晰的三维坐标刻度标注和图形数据文字标注

在三维图形旋转中,欲使用于标注的数字和文字随其一起旋转,则这些数字和文字必须是三维字体。进行三维字体绘制,首先应创建一组三维字符,并把它选入设备场景中,最后删除字体,这用一个函数 SetupRC(HDC hDC)来实现。

然后,在合适地方进行文字数据的标注。比如实现 Z 轴正刻度标识和 Z 轴名标识,为便于分析中寻找相应刻度,将 Z 轴的刻度值都标在对应刻度的同一方位,将 Z 轴名标在箭头顶部,下面是实现 Z 轴正刻度标识的代码:

```
glListBase(nFontList);
CString strPoint;
for(ii=1;ii<=int(zmax/(0.1*ZScale));ii++)
```

```
{glTranslatef((xmin+xmax)/2+0.5,(ymin+ymax)/2,
ii*0.1*ZScale); // ZScale 为 Z 轴放缩比例
glScaled(2.0, 2.0, 2.0); //字体放缩倍数的控制
strPoint.Format("%0.1f",ii*0.1);
glCallLists(3, GL_UNSIGNED_BYTE, strPoint);
glScaled(1.0/2,1.0/2, 1.0/2); //字体放缩还原
glTranslatef(-2.4875,-0.000,-0.000);
glTranslatef(-((xmin+xmax)/2+0.5),-(ymin+ymax)/2,-ii*0.1*Z
cale); }
```

1.5 任意方位视图的实现

为了从不同方位灵活、全面地获取信息,必须实现三维图形的旋转功能。

1.5.1 图形旋转

图形的任意旋转是通过鼠标来实现的。当按下鼠标左键并移动鼠标时,视图方位随之发生变化,窗口中图形和文字沿着图形中心(即坐标原点)旋转,这需在函数 OnMouseMove(UINT nFlags, CPoint point)中添加两个成员变量 X_Angle 和 Y_Angle 来记录视图变化角度,并设定角度变化方式:

```
int dx=point.x-p0.x;
int dy=point.y-p0.y;
xa=90.*dx/w;
ya=90.*dy/h;
X_Angle += xa;
Y_Angle += ya;
```

p0 的值是在当按下鼠标左键时,在函数

OnLButtonDown(UINT nFlags, CPoint point)

中赋值 p0=point。X_Angle 和 Y_Angle 的初始化值在构造函数中赋值。W 和 h 的值是在 OnSize(UINT nType, int cx, int cy)中获得:w=cx, h=cy。

此外还要在 OnDraw(CDC* pDC)函数的前面添加代码:

```
glRotatef(Y_Angle,1.0,0.0,0.0);
glRotatef(X_Angle,0.0,1.0,0.0);
```

1.5.2 三角面的任意移动

图形旋转后,为了避免带颜色的三角面遮挡其它图元,必须具有任意移动三角面的功能,而且三角面的移动又不会改变其所表示的方位,这是通过鼠标右键来实现的,其实现代码如下:

```
int dx=point.x-pRight.x; int dy=point.y-pRight.y;
dx*=sc[0]; //sc[ ]中保存放大系数
dy*=sc[1];
pRight=point;
vert[0][0]+=dx*.25; vert[1][0]+=dx*.25;
vert[2][0]+=dx*.25; vert[0][1]-=dy*.25;
vert[1][1]-=dy*.25; vert[2][1]-=dy*.25;
```

2 实例介绍

以对应分析因子载荷三维图的实现为例。对应分析是在因子分析基础上发展起来的,把 R 型与 Q 型因子分析结合起来,对变量与样品统一进行分析研究的方法。它的因子载荷图把变量和样品同时反映在同一图上,根据样品点和变量点相对位置进行分组,获得相关信息^[4,5]。使用数据资料来源于文献[5]的表 2-6-3 中的数据,二维图显示结果如图 1。

如果 p 不是按降序排列的特征值累计百分比≥85%时的特征值个数,而是累计百分比为 100%时的特征值个数。取前 3 个主因子载荷值,可绘制对应分析因子载荷三维图,图 2

和图 3 是从不同视图方位看到的三维图结果, 为了避免带颜色的三角面遮挡其它图形, 图中没有给出标识方位的三角面。

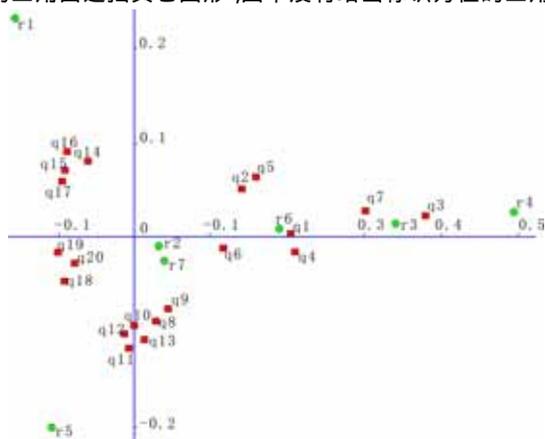


图 1 二维平面图

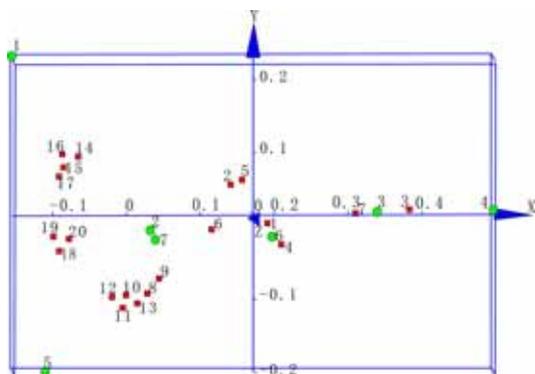


图 2 沿 Z 轴负向正视的三维图

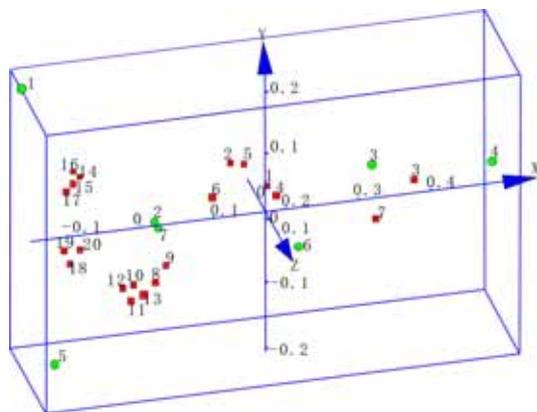


图 3 Z 轴旋转一锐角度的三维图

在图 1 中, 变量点用实心的绿色小圆表示, 样品点用实心的红色小正方形表示。在图 2 和图 3 中, 变量点用实心的绿色小球表示, 样品点用实心的红色小立方体表示。由于图

中变量点和样品点数量过多, 为了避免旋转中变量点和样品点的标识过长, 造成相互覆盖, 所以在图 2 和图 3 中, 只对变量点和样品点进行了序号标识, 没有如图 1 那样, 用 r 和 q 分别来标识变量点和样品点的类型。

由图 2 和图 3 可知, 对应分析的三维因子载荷图基本实现了三维图应解决的问题, 从图中能清晰、准确、全面获取信息。图 2 是沿 Z 轴的负向正视时看到的结果, 它与图 1 中二维平面图结果是一样的。由此可见, 可旋转的因子载荷三维图包含了二维平面图的所有信息。同时可知, 一张具有一定空间位置关系的三维图包含了数张二维图信息, 旋转的三维图能真实表达出图中各个图元之间的空间位置关系, 这是在一个二维平面图内很难做到的。

一些文献曾对三维图形有过研究^[6,7], 文献[6]所给的是一个静止的三维图示, 是旋转三维图中一个方位角度的三维图; 文献[7]可根据设定的角度进行旋转。在观看图元较多、各个图元相对距离较小的图形时, 这两者方式都不太利于进行图中各个图元之间的空间位置关系分析。相比之下, 旋转的三维图获取信息更加丰富、真实、灵活。

3 结论

本文提出了一套三维图绘制的解决方法, 并加以实现了。对应分析因子载荷三维图的实例说明: 此思路方法开发的三维图能更清晰、准确、全面获取信息。三维图任意旋转功能的实现, 既能避免二维图缺乏整体感、给结果分析带来一定困难的缺点, 又能避免单个或有限个观察角度的三维图作结论可靠性差、不灵活的缺点, 使信息获取更加丰富、真实、方便。

参考文献

- 1 Agterberg F P. Past and Future of Mathematical Geology[C]//中国地质大学(武汉)数学地质遥感地质研究所. 2002 国际数学地质研讨会论文集. 武汉: 中国地质大学出版社, 2002: 1-10.
- 2 李登道, 崔晓瑜, 梁向前. 提高平面图形绘制效果的优化方法[J]. 山东矿业学院学报, 1998, 17(4): 378-382.
- 3 Wright R S, Sweet M. OpenGL 超级宝典[M]. 第 2 版. 潇湘工作室. 北京: 人民邮电出版社, 2001: 537-540.
- 4 於崇文. 数学地质的方法与应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1980: 231-245.
- 5 赵旭东. 石油数学地质概论[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992: 155-165.
- 6 张晋昕, 王琳娜. 对应分析的三维图示[J]. 中国卫生统计, 1998, 15(3): 49-50.
- 7 叶娜, 许惠平, 赵彧, 等. 用 OpenGL 绘制物化探数据等值线[J]. 世界地质, 2004, 23(1): 79-84.

(上接第 222 页)

- 5 Ikuta K, Maruo S, Fukaya Y, et al. Biochemical IC Chip Toward Cell Free DNA Protein Synthesis[C]//Proceedings of the 11th Annual International Workshop on Micro Electro Mechanical Systems, 1998-01-05: 131-136.
- 6 Webster J R, Burns M A, Burke D T, et al. Electrophoresis System with Integrated On-chip Fluorescence Detection[C]//Proc. of the 14th

Annual International Conference on Micro Electro Mechanical Systems, 2000-01-23: 306-310.

- 7 Ikuta K, Takahashi A, Maruo S. In-chip Cell-free Protein Synthesis from DNA by Using Biochemical IC Chips[C]//Proc. of the 14th IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems, 2001-01-25: 455-458.