

数字摄影测量系统中实时三维建模设计实现

刘凤德, 项琳

(中国测绘科学研究院, 北京 100039)

【摘要】 本文介绍了在数字摄影测量系统采集地物数据过程中, 实时建立地物模型并叠加至三维地表显示的设计方法, 利用此方法, 改变了以往先三维矢量立体采集和编辑获取数据再重建真实三维景观模型的方法, 实现了边采集边建模“所见即所得”的效果, 通过模型的建立进一步检验了采集数据的准确性。

【关键词】 数字摄影测量系统; 虚拟现实; 建模

【中图分类号】 P223

【文献标识码】 A

【文章编号】 1009-2307(2006)0035-03

1 引言

三维虚拟城市通过城市建模和三维景观可视化, 实现城市真实三维景观的再现, 使真实现实与虚拟现实的结合, 已成为数字化测绘的新的技术亮点, 并且已经成为建立“数字城市”的重要环节。这一技术产生的无与伦比的真实立体景观效果, 使得这一新技术具有广阔的应用前景^[1]。城市建筑物三维建模是虚拟城市建设的关键技术之一, 所以三维建筑物信息的获取与建模成为城市三维建模的主要内容^[1-3]。目前建立虚拟城市的常见的方法是先获取数据, 再重建的模式, 主要有: ①先使用摄影测量系统采集编辑建筑物三维矢量数据, 然后利用虚拟现实(VR)技术实现三维数据的可视化; ②结合已有的二维地图矢量数据, 从属性、DEM、TN等数据中提取三维信息, 然后再进行真实三维模型的重建^[4-6]。这些基于已有建筑物数据三维建模的方法, 在建模时, 一旦发现数据的问题, 往往还需退回数据获取步骤, 重新编辑建筑物数据, 增大了工作量。针对这种情况, 本文提出了在数字摄影测量系统采集地物数据过程中实时建立地物模型并叠加至三维地表显示的设计方法, 在采集或编辑数据的同时构建三维实体模型数据, 为三维虚拟城市逼真可视化的实现提供了数据条件, 实现了边采集边建模“所见即所得”的量测模式; 同时三维景观逼真可视化的实现又为立体影像上所量测到的建筑物数据和DEM数据提供了一种检验手段。

2 设计思想

在用数字摄影测量系统为三维建模采集模型几何数据时, 由于三维模型的复杂性, 出现采集顺序或采集方法错误的几率大大增加, 为了解决该问题, 创建一个边采集边建模的操作环境是非常必要的。因此, 在数字摄影测量系统平台中增加三维实时显示子系统, 用于支持采集的地面

建筑实时叠加至三维地表显示, 不仅实现了作业员在摄影测量系统立体观测采集的同时, 系统自动建立采集地物模型并在VR窗口实时显示“所见即所得”的量测模式, 更为数据的准确性提供了进一步的检验手段。利用VC++的消息机制, 通过采集子系统与三维显示子系统间的相互消息传递以及数据的组织, 就可实现采集子系统中采集的地面建筑物的三维模型的建立, 并用支持视景生成的图形库—OpenGL来绘制模型, 完成三维窗口中的实时显示。

3 设计实现

3.1 三维数据采集

任何复杂建筑物都是由各种基本几何形态构成的复杂形态的几何模型, 我们根据其外形特点可以将其分为普通房屋、人字顶房、棱台型建筑、圆顶建筑、尖屋顶建筑, 同楼不同高的建筑等, 而有些房屋尽管其总体外形与上述几种不同, 但是可以被分解为两个或更多的基本几何体, 这样就可以用多个基本几何体的组合来表示一个复杂的建筑物。如图1所示(复杂建筑物的分解)。采用这种方式, 就要求在数据采集时“灵活分解、复杂地物简单分解”将复杂建筑物分解成基本的几何体, 应用基本的采集方式分别采集数据。因此, 本文在摄影测量系统数据采集子系统中, 设计了建筑物分类码, 将建筑物按照其外形特征进行分类, 分别对每一类建筑物采用一种几何数据模型, 即对不同外形的建筑物分类, 并进行编码。建筑物由若干个组件(基本几何体)构成, 每一个组件是若干点、线、面要素的有序组合, 建筑物的三维矢量数据结构设计如图2所示。实践证明, 这种方法是可行的, 并且适于建筑物的三维采集与表达。

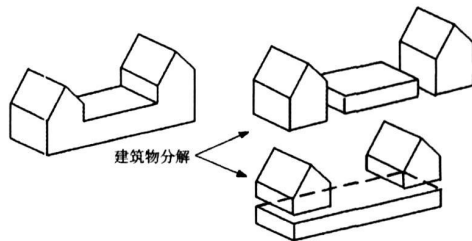


图1 复杂建筑物分解

3.2 三维模型建立

三维模型的建立是为要生成的三维真实感图形建立起数学模型, 得到其三维数据相应的几何基元。这里三维场景的实现包括地表模型的建立和建筑物模型的建立。

3.2.1 三维地表建模

输入的原型DEM数据是一些离散的数据点, 而地形表



作者简介: 刘凤德(1962-), 男, 1999年被评为国家测绘局青年学术和技术带头人, 就职于中国测绘科学研究院北京四维远见信息技术有限公司, 研究员, 从事IX4数字摄影测量工作站的研究开发工作, 主要的研究方向是数字摄影测量、近景摄影测量、遥感图像处理、三维虚拟现实等。

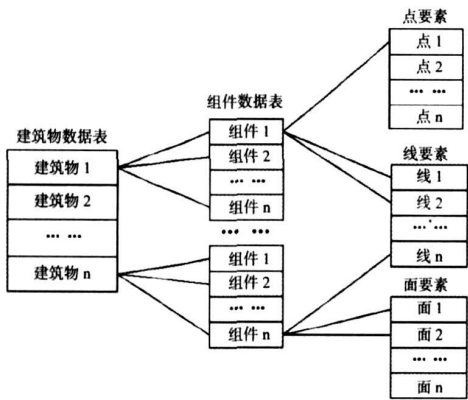


图 2 三维矢量数据结构图

面却是一连续的复杂的三维曲面，如何利用这些数据点逼真地对地形表面进行模拟重建，就必须涉及对地表进行建模这一问题。为了满足计算机图形学的要求，考虑到只有三角形能保证凸多边形的性质。所以三维地形模型的基本构造通常是以三角面为单元的。通过这样一系列三角形对地表进行建模，实现地表的模拟显示。三角面的明亮程度除取决于光源和明暗处理方式外，还受到点与面的法向量的影响，从而影响整个三维场景的视觉效果^[5]。在三维视图中，OpenGL 可以为每一个顶点定义法线，而物体的法线代表其空间曲线的方向，同时也决定了该顶点上接受的光照强度。顶点和面的法向量如图 3 所示。设不在同一直线上的三点 $P_1(x_1, y_1, z_1)$ 、 $P_2(x_2, y_2, z_2)$ 、 $P_3(x_3, y_3, z_3)$ 对应的两个向量为 W 、 V ，于是有 $W = P_1 - P_2$ 、 $V = P_2 - P_3$ 、 N 为 P_1 、 P_2 、 P_3 构成平面的法向量，那么 $N = W \times V$ 。将 N 归一化后即是三角面的法向量。为了避免在相邻的平面上平均法向量的差值过大，一般点的法向量取值为其相邻面的法向量的平均法向量。在图 5.2 中 P 点的法向量即可表示为四个面法向量 N_1 、 N_2 、 N_3 、 N_4 的平均法向量，即 $N_1 + N_2 + N_3 + N_4$ ，然后做归一化处理，作为 P 点的法向量。

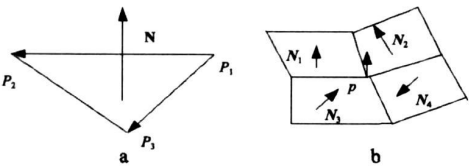


图 3 面与点的法向量计算

3.2.2 三维建筑物建模

在虚拟城市建设中，三维建筑物模型的表达和重建是其中最为重要的内容。根据建筑物外形特点，采用分类采集方法获取的建筑物数据，其数据模型可以看作由屋顶面和各个铅直外墙面组成的不同几何模型。本文中房屋墙面的处理是根据数字摄影测量系统所采集的房屋数据顶点和地面点依照一定的规则依次连接成一系列多边形围成，屋顶面的构成则根据几何模型类型的不同分别构建。VC++ 程序中建筑物几何模型的数据结构定义如下：

```
typedef struct tag3DModel
{
    CString cClassName; //类型名
    int nType; //模型类型
    int nPointNum; //模型点数
    int nUserID; //模型 ID
    double dHeight; //模型高度
}
```

```
GL float m_ColorR; //模型颜色 R 分量
GL float m_ColorG; //模型颜色 G 分量
GL float m_ColorB; //模型颜色 B 分量
} 3DModel;

任何建筑物都是由各种基本的几何形态构成的复杂形态的几何体，几何体又是由一系列的几何多边形构成，因此三维建筑物建模的实现最终归结为对几何多边形的处理，多边形的数据结构定义为

typedef struct tagPolygon
{
    int nPolyIndex; //多边形的序号
    int nTexIndex; //纹理索引
    int nPolygonNum; //构成多边形的点数
    int* pPoint; //点坐标索引指针
    CString cTexName; //纹理名称
} Polygon;
```

在 OpenGL 程序中，建筑物模型的建立是将数据结构中的点、线、面要素的有机集合体按照构成多边形的规则，形成一系列的多边形并添加到多边形绘制列表中，最后通过对多边形的绘制构造出复杂的建筑物三维模型^[2]。

3.3 实时可视化实现

利用 VC++ 的消息机制，通过采集子系统与三维显示子系统间的相互消息传递，完成两个子系统之间的通讯工作，具体功能实现如下：

3.3.1 模型添加与删除

1) 自定义消息

```
#define WM_ADD3DMODEL TOWNDM_USER + 1 //模型添加消息
#define WM_DELETE3DMODEL FROM TOWNDM_USER + 2 //模型删除消息
```

2) 在采集子系统中，模型采集完毕，组织数据并发送模型添加消息至三维显示子系统。

```
the3DSysApp.m_p3DWnd->m_nPointsCurrent = npt; //模型点数
//模型点坐标数组
the3DSysApp.m_p3DWnd->m_pBufCurrent = pBuf3D;
//模型特征表结构
the3DSysApp.m_p3DWnd->m_fCurrent = m_pIndex [lp].fi
//发送模型添加消息 the3DSysApp.m_p3DWnd->SendMessage(WM_ADD3DMODEL TOWNDM);
3) 三维显示子系统对模型添加消息的响应。
LONG C3DWnd::OnAdd3DModelToWnd(UINT wParam, LONG lParam)
{
    if(m_pView != NULL)
    {
        if(m_pView->m_p3DData != NULL)
        {
            m_pView->m_p3DData->AddBuildingModel(m_nPointsCurrent, m_pBufCurrent, m_fCurrent); //执行添加模型的绘制功能
            m_pView->Invalidate(); //三维场景刷新
        }
    }
}
```

```
}
return 0L;
}
4) 在采集子系统中, 删除建筑物矢量的同时, 删除三维显示子系统对应的三维模型。
//模型特征表结构, 记录了模型在系统中的 ID号
the3DSysApp.m_p3DWnd->m_ftCurrent = m_pIndex[1].ft
//发送删除模型消息 the3DSysApp.m_p3DWnd->SendMessage(WM_DELETE3D MODELFROMWND);
5) 三维显示子系统对模型删除消息的响应。
LONG C3DWnd:: OnDelete3D ModelFromWnd ( UNTWParam, LONG lParam)
{
if(m_pView != NULL)
{
if(m_pView->m_p3DData != NULL)
{ //执行对应模型删除操作,
m_pView->m_p3DData->DeleteBuildingModel(m_ftCurrent IID);
m_pView->Invalidate(); //三维场景刷新
}
}
return 0L;
}
```

3.3.2 子系统间的随动功能实现

采集子系统中, 通过手轮、脚盘或三维鼠标等输入设备的信号输入驱动立体观测环境中测标的运动, 同时驱动三维显示子系统中三维场景的视点变换, 使其“运动”到当前测标运动的定位点; 立体检索影像及图形窗口的鼠标定位的同时将当前鼠标定位点坐标传递给三维显示子系统, 驱动三维场景的快速定位, 具体实现方法是:

- 1) 自定义消息
#define WM_PONTTO WM_USER+ 3//定位消息
- 2) 在采集子系统中, 获取当前测标坐标数据并发送定位消息至三维显示子系统。
the3DSysApp.m_p3DWnd->m_Poin3dCur = xyz //测标坐标数据 the3DSysApp.m_p3DWnd->PosMessage(WM

```
_PONTTO); //发送驱动定位消息
3) 三维显示子系统响应驱动定位消息
LONG C3DWnd:: OnPoinTo( int wParam, LONG lParam)
{
... ..
m_pView->m_p3DData->ScaleViewportData(m_Point3dCur.x m_Point3dCur.z); //归一化测标坐标数据
m_pView->PoinTo3d(m_Point3dCur); //运动至定位点
return 0L;
}
```

4 结论

实践证明, 在数字摄影测量系统中增加三维实时建模子系统, 可以大大提高三维建模采集的生产效率, 减少出错率。从目前发展的态势来看, 数字摄影测量系统与虚拟城市建模平台逐渐合并的趋势。在数字摄影测量系统双屏的基础上开一个 VR 进程就可以在测量的同时实时建模、实现采集数据在三维场景的实时可视化。利用工作站显卡对双显示器的支持将数字摄影测量系统扩展为分别显示图形、立体影像和三维模型, 从而扩大数字摄影测量系统应用领域。

参考文献

[1] 李清泉, 杨必胜, 等. 三维空间数据的实时获取、建模与可视化 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003-12
[2] 乔林, 费广正, 等. OpenGL 程序设计 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2000
[3] 朱庆. 三维地理信息系统综述 [J]. 地理信息世界, 2004, 2(3): 8-12
[4] 陈爱军, 徐光祐, 等. 基于城市航空立体像对的全自动三维建筑物建模 [J]. 测绘学报, 2002, 31(1) .
[5] 黎华, 肖伟, 等. 三维真实感地形生成的关键技术研究 [J]. 测绘科学, 2006, 31(4) .
[6] 左建章, 等. 大范围三维城市建模系统的开发与应用 [J]. 测绘科学, 2005, 30(2) .

(上接第 32 页)

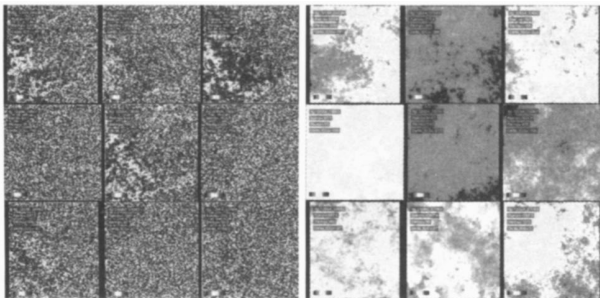


图 8 以 12554 为主像的干涉图 图 9 对图 8 的相位展开结果

(说明:该图按照表 3 的组合, 从上到下、从左到右的顺序排列, 反映了 1997 年与 2000 年之间的时间顺序下的累计沉降变化量)

(说明:反映了 1997 年与 2000 年之间时间顺序下的斜距累计沉降量)

对地质研究者来说, 雷达遥感仍然具有极大的魅力, 经过十几年的发展, 干涉测量技术在地学研究中发挥了巨大作用, 今后这种影响会更大。

参考文献

[1] Ramon Hassen. 《Radar Interferometry—data interpretation and error analysis》[Z].
[2] Radar Interferometry and its application to changes in the Earth's Surface Didier Massonnet [J]. Reviews of Geophysics 1998, 36(4) .
[3] Howard Zebker et al Atmospheric effects in interferometric synthetic aperture radar surface deformation and topographic maps [J]. Journal of Geophysical Research 1997, 102(B4) .
[4] Synthetic aperture radar interferometry Richard Bamler, Philipp Hart Invers Problem 1998.