

三维建模技术在工程地质信息中的应用

李国栋, 胡建平

(天津城市建设学院, 天津 300384)

摘要:工程地质三维建模已经成为工程地质学、数学地质学和计算机科学等多学科交叉领域研究的前沿和热点, 本文通过对工程地质三维建模及可视化技术中的关键问题进行了研究, 提出了一种新的三维地质体 DEM 模型方法, 即基于插值后的规则网格, 然后将插值后的网格三角形化, 这样建立的三维地质模型不仅有很高的精度, 而且 OpenGL 渲染三角形的速度较快。

关键词:虚拟现实; 三维地质建模; 多层 DEM; 克里金

中图分类号: TP37 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3044(2010)15-4232-02

近年来, 三维地质建模技术受到国内外众多专家学者的广泛关注, 在三维数据结构、三维建模技术、数据的插值方法等方面取得了诸多重要进展; 但也存在着一些问题亟待解决, 三维数据建模理论和技术还不够成熟, 有待于进行更深一步的探讨与研究。

本文应用计算机三维可视化技术对大量的工程勘察数据进行三维地质体建模, 并对地质体模型进行空间分析功能, 从而为研究地质地层提供可视化的依据。本文选取了多层 DEM 模型, 并详细介绍了基于多层 DEM 模型的地质体的构建过程; 利用克里金插值方法对离散的勘察数据进行插值处理, 形成规则网格数据, 再将规则网格三角形化; 这样形成的 DEM 模型具有较小的存储量和简单的数据结构, 建立的三维地质模型具有较高的精度。

1 地质信息三维可视化相关的建模技术

虚拟现实技术是 20 世纪末发展起来的涉及众多学科的技术。它集计算机技术、通信技术、传感与测量技术、仿真技术、微电子技术于一体, 理想的虚拟现实技术就是利用这些技术, 通过计算机创建一种虚拟环境, 通过视觉、听觉、触觉、嗅觉等作用, 使用户产生和现实中一样的感觉, 并可实现用户与该环境直接交互, 为我们提供了观察世界和分析世界的有利工具。

三维地质建模是指在原始的地质勘探数据分析基础上, 利用计算机数字化描述地质对象的几何形态、拓扑关系和物性等信息, 通过对地质点、钻孔平硐路径、地层面、断层面、地层与断层的交线等一维、二维和三维信息数据综合解释后重建建立而成的复杂整体计算机模型。

根据数据结构的不同, 三维空间模型可以分为面模型和体元模型以及混合构模三类。这里主要介绍基于面表示的多层 DEM 模型技术。多层 DEM 模型, 即从地表到地下依次建立地层分界面或矿体与围岩分界面的 DEM, 然后进行缝合处理形成地层模。通过 DEM 可以计算该区域内任意点的高程值, 它是三维空间分析与地学可视化的基础。其原理为: 首先将研究区域的采样点根据岩性和分布情况进行分层, 然后基于各地层的界面按 DEM 的方法对各个地层进行插值或拟合; 这样形成每一岩层、土层的网格 DEM 数据, 即得到不同地层的三维空间分布情况。然后以断层为约束, 根据各地层的属性对多层 DEM 进行交叉划分处理, 形成空间中严格以岩性为要素进行划分的三维地质体各个地层面。

离散数据拟合插值所构造的层(曲)面模型是对地质信息在复杂地质体中分布的数学抽象描述, 是实现三维地质建模的关键。基于离散点插值方法有很多, 如线性内插法、克里金插值方法、距离幂次反比插值等。选择插值方法的依据, 主要是估值指标的精度和计算速度。另外, 由于地质信息数据的特殊性, 在进行空间数据的插值时, 必须考虑许多约束条件及相关的地质学原理。对于不同特点的地质信息, 需采用不同的拟合函数, 才能形成准确可靠的模型。考虑到地质钻孔数据的特征和数据量, 本文中主要选择了克里金插值法对地层进行网格化, 形成地质层面三维规则网格数据。

2 工程地质三维建模方法及实现

建模数据主要来源于钻孔资料, 包括各岩层、土层分界点的 x、y 坐标、高程、岩性等。这些数据点具有离散、有限、稀疏、不规则等特点, 建模前首先要进行预处理, 即进行钻孔内地层的划分、排序和统一编号等。地层划分的基本过程为: 1) 构建区域地层层序表; 2) 在区域地层层序表的基础上对钻孔地层层面编号, 这就为地质层面的建模提供了钻孔控制点数据。

三维地层及钻孔建模的构建过程为: 通过查询地质钻孔信息 SQL Server 数据库, 根据标准地层层序记录检索出含有该分层的所有钻孔分层高程并结合对应的钻孔平面坐标, 从而提取出各层地层界面空间离散点数据。根据各层地层界面数据, 通过基于多层 DEM 地质建模法构建出三维地层层面模型, 同时根据研究区域边界钻孔构建各分层间的包裹面, 并根据钻孔及钻孔分层数据构建钻孔三维模型。最后将以上模型数据写入模型数据库文件中, 构建出最终的三维地层初始模型。同时建立 DEM 时根据应用的精度进行综合分析, 选择最合适的网格大小; 合理的网格大小不仅保证研究区域的各种计算、分析结果的准确性和合理性, 而且减少数

收稿日期: 2010-03-05

作者简介: 李国栋(1980-), 男, 山东聊城人, 讲师, 天津城市建设学院硕士研究生; 胡建平(1957-), 男, 教授, 天津城市建设学院电子与信息工程系。

据量和计算量,提高可视化速度。

在上面构建地层界面及侧面包裹面的过程中还应充分考虑实际中相邻地层面间的交叉、尖灭与透镜体等地质结构,为精确地表达以上地质结构建立符合真实地质结构的地层模型,必须从建模算法及地层钻孔数据中寻求解决途径。解决途径:1)钻孔分层数据的插值,首先从所有孔口所形成的地表 DEM 得到所有边界钻孔,然后通过查询标准地层信息表逐个判断该钻孔是否为浅孔还是为完全孔,若为浅层钻孔则可将其他完全地层的钻孔作为约束钻孔通过距离反比插值,估算出其不完全部分地层的厚度,从而可以构建出合理的地层侧面模型;2)地层尖灭与透镜体的生成,将每个钻孔的分层由上至下与标准地层序列进行比较,当某层缺失时令该点的厚度为零,也就是使该点的高程与其上一层的高程一致。这样就可方便快速的构建出地层的尖灭现象与地层中透镜体。

多层 DEM 是建立在单层 DEM 的基础之上的,是多个单层 DEM 的集合。DEM 可以是 Grid,也可以是 TIN,甚至是它们的混合。与 Grid 相比,在同一分辨率下,TIN 能用更少的空间和时间更精确地表示复杂表面。当用于建立 DEM 表面的采样数据点减少时,Grid 的质量明显比 TIN 降低得快,因此 TIN 应用较为广泛。在地质勘探领域,岩层大多成层状或块状分布,因此可以采用基于 TIN 的多层 DEM 法建立地层模型。建模过程是首先将研究区域的采样点根据岩性和分布情况进行分层、划片处理;然后采用 DEM 方法对同一片区同一界面上的采样点进行插值或拟合;再根据地层的属性对多层进行交叉划分处理,形成以岩性或其它特定性质为要素进行划分的地层模型的骨架结构。再引入地下空间中的特殊地质现象等点、线、面、体对象,完成对地下空间的完整剖析。我们需要实现对单层 DEM 的动态添加、删除、查询及分析等需求。由于 VC++.NET 对指针分配大小的自如和易操作性,可以把不同地层的 DEM 对象看作指针数组的元素,建立起地层对象间的关联,以继承链表结构对所包含元素的动态添加、删除等功能,从而建立了多层 DEM 表面模型与单层 DEM 模型之间的层次关系,极大方便了后续的计算与分析,可以灵活地对各层 DEM 数据按需求动态添加、删除,在硬件环境下,可以管理任意层数的地层。

3 工程应用及结论

根据上述基于面表示的多层 DEM 模型技术,我们在 Windows XP 环境下,利用 VC++.NET 作为系统开发的集成环境,结合数据库技术和 OpenGL 图形库,开发了一个基于多层 DEM 数据模型的三维地质体建模与可视化系统原型。

通过对地层的三维插值方法进行比较,将克里金插值方法应用到本文中取得了很好的效果,构建的地层模型不但占用存储空间小、运行效率高且模型具有很高的精度,此外 OpenGL 渲染三角形的速度较快。在利用 DEM 建模时考虑了特殊地质体如地层尖灭、透镜体等,从而使三维地质模型更加逼近真实地质。

参考文献:

- [1] 朱良峰,吴信才,刘修国,等.城市三维地层建模中虚拟钻孔的引入与实现[J].地理与地理信息科学,2004,20(6):26-31.
- [2] 熊祖强.工程地质三维建模及可视化技术研究[D].武汉:中国科学院武汉岩土力学研究所,2007.
- [3] 史文中,吴立新,李清泉,等.三维空间信息系统模型与算法[M].北京:电子工业出版社,2007:108-111.

(上接第 4231 页)

4 结束语

本文所设计的数字视频监控系统是由 AD 模块、帧存储模块、C5502 模块、CPLD 控制模块和以太网模块组成,完成了从模拟视频输入、模数转换、视频采集、视频预处理、视频算法处理、视频输出以及在以太网上传输的完整过程。本系统经过运行检验,具有系统硬件可靠、图像清晰、运算速度快、操作简单等优势,可以完成对重点区域的实时监控和实时处理的功能,是数字视频监控在企业网的一个良好的应用。

参考文献:

- [1] 杨建全,梁华,王成友.视频监控技术的发展与现状[J].现代电子技术,2006(21):91-95,98.
- [2] 陈海霞.多媒体网络视频监控系统的研究和设计[G].硕士学位论文,南京理工大学,2004.7
- [3] 庄益强,余轮.基于 DM642 的 X264 视频监控系统的软件实现[J].通信技术,2007,40(12):412-414.
- [4] TMS320VC5501/5502 DSP External Memory Interface(EMIF) Reference Guide[J].Texas Instruments Inc,2005.
- [5] 赵生岗,鲍慧,赵建立.网络视频监控系统及其在电力系统中的应用[J].电子与通讯工程系统,2007,28(175):10.
- [6] 秦岭,王煜坚.视频编码标准 H.264 的主要技术特点及其应用前景[J].微计算机应用,2004(4):449-455.
- [7] 杨勇.基于 ARM 的嵌入式远程视频监控系统的的设计[J].微计算机信息,2008,8-2:181-183.
- [8] Wiegand T,Sullivan GJ,Bjontegaard G,et al.Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard[J].IEEE Transaction on Circuits Systems for Video Technology,2003,13(7):560-576.

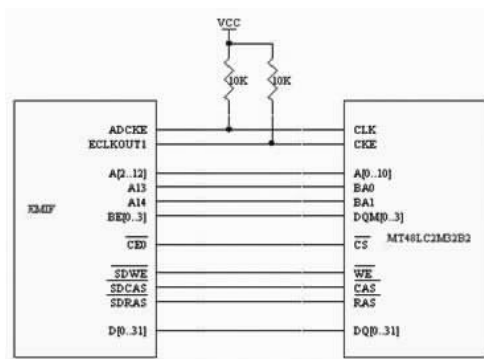


图5 EMIF与SDRAM接口电路