

基于多层 DEM 建立小比例尺 三维地质模型的方法

——以山东省滨州市沿海地区为例

逯光明, 刘扬

(山东省地质测绘院, 山东 济南 250002)

摘要:在钻孔数据较少时,为提高小比例尺三维地质模型的精度,利用 GMS 软件根据多层 DEM 建立模型。该文通过分析实际条件下地层分布特点,提出了不同数据精度下 DEM 相交计算的原则。将修改后的 DEM 导入原模型中,再次插值形成三维地质模型。利用 GMS 软件得到的三维地质模型,具有可查询,可任意角度任意位置切割剖面的功能。

关键词:GMS 软件;三维地质模型;钻孔数据;DEM 地层;SOLID 模块;TIN 网格;山东滨州

中图分类号:P208 **文献标识码:**B

引文格式:逯光明,刘扬.基于多层 DEM 建立小比例尺三维地质模型的方法——以山东省滨州市沿海地区为例[J].山东国土资源,2015,31(10):79-82.LU Guangming, LIU Yang. Method of Establishing Small Scale 3D Geological Model Based on Multi-layer DEM——Setting Coastal Area in Binzhou City of Shandong Province as an Example[J].Shandong Land and Resources, 2015,31(10):79-82.

在地质勘察与稳定性评价中,三维地质模拟应用较为广泛。区域地质模型的建立往往需要大量的钻孔作为依托,而实际工作中,取得足够密度的钻孔资料很难实现。区域小比例尺的地层具有面积大、地质分层界线不清晰、地层连续性较差和透镜体较多等特点,在钻孔数据密度较小的条件下,单纯依靠 GMS 软件自动生成的模型与实际条件相差较大,难以满足生产及生活要求。该文旨在探索一种新的建模方法,针对沿海地区层状发育的特点,利用地层钻孔的属性数据建立地层 DEM,通过实际情况修改 DEM 数据,形成符合精度要求的三维地质模型。

1 GMS 软件

GMS 软件(Groundwater Modeling System)是由美国 Brigham young University 的环境模型研究试验室在综合 MODFLOW, MODPATH 等已有地下水模型基础上研发而成的。它能利用钻孔数据,建立一种平面延展到空间的地质模型或水文地质模型^[1]。

BOREHOLE 模块是 GMS 软件中的重要模块,它将钻孔数据集合管理,建立钻孔数据中相同地层的数据资料库,并通过插值数据库的同类数据生成地质体,以建立地质结构模型。由该模块建立的地质结构模型,依据钻孔资料进行插值计算,确定钻孔之间的地层展布情况,真实准确地反映地质结构^[2]。

2Dscatter Point 是用来管理离散点数据的模块。该模块可将钻孔资料中的同类数据归纳分类并进行管理^[3]。在模块中,可通过不同的插值方法生成该地层的高程数据。

TIN(triangular irregular net-works)即三角不规则网格,是表示相邻地层单元界面的面,它是由钻孔内精选的地层界面组成的^[4]。多个 TIN 就可以被用来建立实体模型或三维网格。该文建立的地面 TIN 模型是选用相应的方法(如克里金法)将地面高程点(X,Y,Z)进行插值所得,得到地面高程 TIN 分布图。

收稿日期:2014-12-09;修订日期:2014-12-30;编辑:曹丽丽

作者简介:逯光明(1965—),男,山东临沂人,高级工程师,主要从事水文地质工程地质环境地质工作;E-mail:646959927@qq.com

Solid 是 GMS 软件区别于其他同类软件特有的模块,它的功能主要是对地质结构体进行管理。在 Solid 模块中可根据需要分解和组合不同的层,在任意层位、任意位置切割面,查看剖面上地层的展布情况,并可对模型进行空间上的旋转,从不同的角度观察模型结构^[5]。

2 三维地质建模的数据整理

2.1 钻孔布置

该文的工作区位于山东省滨州市沿海地区,总面积约 760 km²。钻孔数据是支持三维地质建模的最重要数据^[6]。根据搜集的(包括工作区内地质报告及剖面图等)资料,将工作区内的钻孔数据调整为 17 个。17 个钻孔深度均为 20 m,利用该钻孔建立深度 20 m 的三维地质模型。由于模型区面积较大,深度较小,可视效果较差,因此,为达到层次清晰的可视效果,该模型将深度 Z 轴放大 500 倍。钻孔在工作区内的分布情况见图 1。

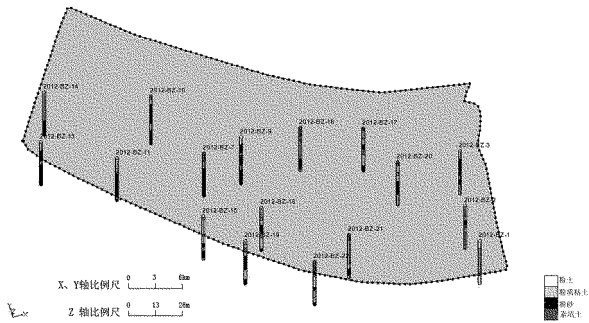


图 1 模型区内钻孔分布图

2.2 数据调整

由于工作区面积较大,钻孔密度较小,GMS 软件在生成地层时自动规避层序有误的地层,插值过程中,对于地层尖灭及出现透镜体的地层不予显示,因此需要通过手动修改调整生成的地层。根据钻孔实际情况,将海拔-20 m 至地表范围从上到下依次分为素填土、粉质粘土、粉土、粉砂、粉质粘土、粉土、粉砂、粉质粘土、粉土、粉砂和粉质粘土 11 层。将每个钻孔地层赋值为层序值 (horizon),并将钻孔数据输出为钻孔数据组。

地层中常常存在地层尖灭,为了描绘地层尖灭的特性,按照地层顺序,修改钻孔中地层层序值,将钻孔中地层缺失部分的层序值依序赋在相同位置。例如如图 2,钻孔 A 与钻孔 B 地层层序完整,而钻孔 C

缺失 1~2 地层,为使每一钻孔都有完整地层层序,该文将钻孔 C 中层序 1 的位置同时赋予层序 2 的值,以显示出 1~2 地层在钻孔 C 处的尖灭效果。依据上述原则,对 17 个钻孔中每一地层层序值 (horizon) 散点坐标及高程进行归类处理,分出 11 个含有相同层序值的数据组。

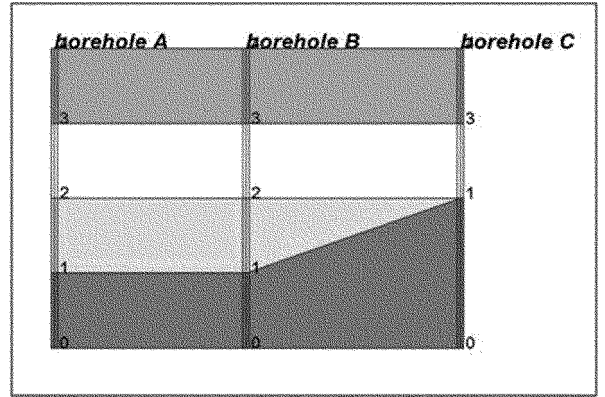


图 2 钻孔层序值的赋值示意图

3 DEM 的调整

利用 2D Scatter point 模块,采用反距离加权法对整理出的 11 个数据组进行插值,形成独立的 TIN,即相邻地层接触面的 DEM。按照从上到下的地层顺序依次命名 DEM 为 H11 到 H1,模型底层设定为-20m。由于插值后的地层相互交错,形成高低交叉的地层,不符合实际情况。因此,需要将 TIN 数据导出,手动修改出现错误的地层 DEM。考虑到模型底层为-20 m,将要修改的地层 DEM 分为 3 类。

3.1 与地表 DEM 相交的其他 DEM

由于地表 DEM 的生成数据是采用的遥感解译数据,精度较高,因此地表 DEM 与其他 DEM 采用“顶层为标准,下层交叉减头发”的方法对相交 DEM 进行减运算。

3.2 与地层-20 m 相交的其他 DEM

由于模型底层-20 m 为固定值,因此,插值后的地层深度大于 20 m 的 DEM 采用“底层为标准,上层交叉减尾巴”的方法对相交 DEM 进行减运算。

3.3 其他相交 DEM

由于插值后的 DEM 精度都是相同的,因此采用“交叉求平均值”的方法进行平均值运算。将修改后的 DEM 数据导入 GMS 中,生成每一地层的 TIN。

由于地层模型厚度为 20 m,为达到较好的可视效果,本模型将垂向 Z 轴放大 500 倍(图 3)。

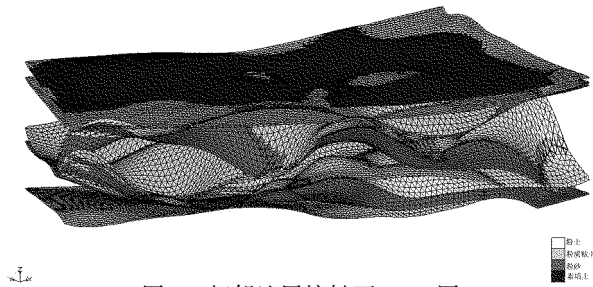


图3 相邻地层接触面 DEM 图

4 地质模型的建立

利用生成的 TIN 建立地质模型,将 H11 作为地质模型的顶层,-20 m 作为地质模型的底层进行反距离加权计算,生成研究区的地质模型(图 4)。该模型可以查询任意地层的展布情况,还可以查询任意剖面的形态及地层分布。按 Z 轴放大 500 倍,效果见图 5。

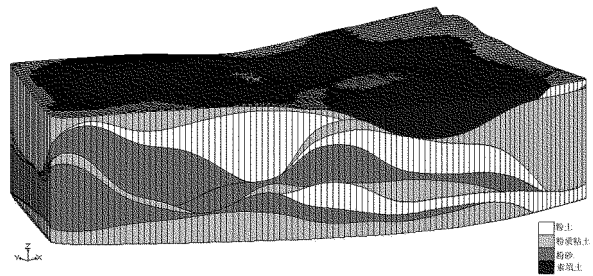


图4 地质模型的建立

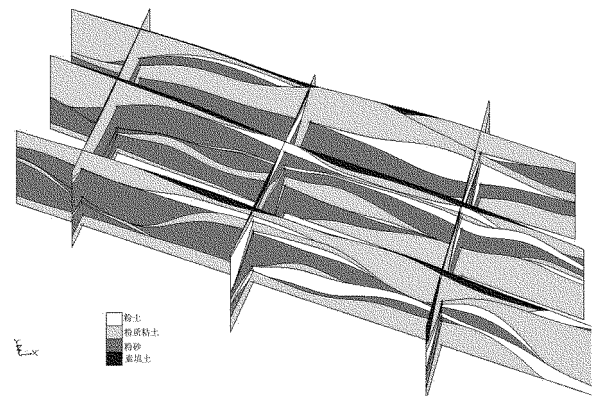


图5 任意切割的地层剖面图

5 结语

(1)GMS 是一款集地质模型与水文模型于一体的建模软件^[7],地质模型作为水文地质模型的前身,其精确的建立成为保证水文地质模型准确的前提条件,地质模型能否准确建立直接影响了后续工作的进展程度。

(2)地质模型建立中,DEM 建模方法是一种传统的较为成熟的方法,在构建小比例尺模型中,钻孔数据不足成为制约模型精准度的最大问题。利用钻孔数据对每一层进行插值计算,并根据实际情况修改 DEM,是使模型精准度提高的最有效办法。

(3)该建模方法思路清晰,可操作性强,建立的模型能够很好地反应地层之间的相互关系,通过任意角度的剖面切割可以查询计算地层数据,为后续的数值模拟计算提供了很好的数据平台。该方法自动化程度较低,手动修改操作要求较高,还需进一步完善。

参考文献:

- [1] 方海东,刘义怀,施斌,等.三维地质建模及其工程应用[J].水文地质工程地质,2002,(29):12-13.
- [2] 黄新迎.GMS 软件在三维地质建模的测量应用[J].现代测量与实验室管理,2011,(4):10-12.
- [3] 沈爱俊,李伟波,国洪艳.基于多层 DEM 与 GTP 混合数据模型研究与应用[J].软件导刊,2007,(11):23-24.
- [4] 王李管,何昌盛,贾明涛.三维地质体实体建模技术及其在工程中的应用[J].金属矿山,2006,(2):58-62.
- [5] 姜川,曲宝杰,董强,等.基于 GIS 的淄博市地质灾害预警预报系统建设[J].山东国土资源,2014,30(3):89-91.
- [6] 张珊珊,刘志辉.基于多层 DEM 表面模型的地层结构的三维可视化[J].测绘信息与工程,2003,28(3):14-15.
- [7] 程朋根,王承瑞,甘卫军,肖根如.基于多层 EM 与 QTPV 的混合数据模型及其在地质建模中的应用[J].吉林大学学报(地球科学版),2005,35(6):806-811.

Method of Establishing Small Scale 3D Geological Model Based on Multi-layer DEM

——Setting Coastal Area in Binzhou City of Shandong Province as an Example

LU Guangming, LIU Yang

(Shandong Geological Surveying and Mapping Institute, Shandong Jinan 250002, China)

Abstract: On the premise of less borehole data, in order to improve the accuracy of small scale 3D geological model, multi-layer DEM model using GMS should be established. In this paper, through analysing distribution characteristics of layers under actual condition, the principle of DEM intersection calculation under different data accuracy have been put forward. After modifying the original DEM, importing them into the original model, and interpolating again, 3D geological model has been formed. 3D geological model has the function of cutting section at any position and at any arbitrary angle. Its higher accuracy lay a good foundation for the next step of hydrology simulation.

Key words: GMS; 3D geological model; borehole data; DEM; SOLID module; TIN grid; Binzhou in Shandong province