

# 基于钻孔数据的三维地层建模软件的实现

党增明<sup>a</sup>, 胡建平<sup>b</sup>

(天津城市建设学院 a. 土木工程系; b. 电子与信息工程系, 天津 300384)

**摘要:** 介绍了基于钻孔数据三维地层可视软件的实现过程及系统总体设计、相关数据库的设计, 提出了基于钻孔数据三维地层建模的总体思路及其实现步骤, 并从整体上介绍了系统的模块组成。建立的软件可实现对钻孔数据的三维建模、可视化分析, 具有丰富的二维成图和三维显示功能。

**关键词:** 钻孔数据; 地层; 三维建模; OpenGL

**中图分类号:** P5

**文献标识码:** A **文章编号:** 1006-6853(2008)01-0060-04

离散分布的钻孔信息是工程勘察获得地层信息的最直接来源。工程人员根据钻孔地层信息, 同时加入专家的经验与解释, 可以绘制出工程地质剖面图。传统的工程勘察成果是以二维图(钻孔柱状图、工程地质剖面图)的方式来表达地层信息空间分布的, 而这越来越不能满足人们对地层认识和空间分析的需求。三维地层模型能够完整地表达复杂地质现象的边界条件及地质体内含的各种地质构造, 形象生动地展示空间分布的效果, 更可根据用户需要对其进行全方位、动态的分析。因此, 基于钻孔数据的地质体三维可视化软件的实现一直是研究的热点。在综合前人提出的建模方法的基础上, 本系统采用三角形面构实体作为描述三维地质实体的基本单元<sup>[1]</sup>, 实现了三维地层模型的建立, 用户只需输入钻孔数据, 即可完成模型的构建, 并可对其进行剖切、开挖等空间分析及计算。

## 1 系统的总体设计

为了实现软件响应时间的要求(响应效率 < 10 s)、大地质体的快速构建和交互及软件数据的安全性, 该软件采用 C/S 模式进行开发。服务器端采用高性能工作站, 而客户端只采用普通 PC 机, 客户端通过向服务器端发送命令来实现对模型的各种剖切、挖的显示, 其次客户端还负责通过预先的权限设置, 对数据库服务器进行数据库的管理与维护。服务

器端则主要完成 TIN 的构建、数据库的管理及剖切、挖等涉及大量数据运算的核心工作和模型数据的传输。

## 2 系统数据库的设计

数据是进行三维建模和可视化分析的基础, 因此必须对每个项目涉及的钻孔数据及相关层序分层数据进行有效的管理。为了实现其在工程勘察中的通用性, 该软件从工程管理的角度出发, 对数据实行工程项目级的管理, 数据规范也力求与工程勘察方面的国家标准相一致。该系统数据库应用 SQLSEVER 8.0 开发, 主要由四个表组成: 工程数据表、钻孔基本数据表、工程标准地层表和钻孔分层信息表。依据关系型数据库的要求, 该数据库已经达到第三范式的要求, 满足各种基本的关系型数据操作。

## 3 三维建模的总体思路

### 3.1 钻孔资料分类、标准钻孔选取及对应地层的编码

由于钻孔资料种类众多, 资料的翔实和可靠程度也不相同。因此, 进行三维构造建模的前提是对这些资料进行分类整理, 抽取能够用于地质三维建模的资料, 并选取其中能够用于层序地层分析、建立层序标准体系的钻孔。标准钻孔选取后, 应对其对应地层序

列进行唯一编号, 笔者采用工程勘察中常用的主亚层编码机制. 具体方法是: 依据地层沉积规律, 将研究区域内所有的地层划分为若干主层, 每个主层内可以包含若干亚层. 各主层之间有严格的沉积顺序, 不能交互, 但亚层之间可以交互分布. 程序在识别研究区域内钻孔地层相互关系时, 先对主层进行识别, 再对亚层进行优化识别. 对应此部分内容, 软件应提供钻孔综合信息数据库的建立与管理功能.

### 3.2 虚拟钻孔的添加及钻孔数据的加密

首先, 为了加强对生成模型的约束, 使之更符合实际地层的分布情况, 笔者引入了虚拟钻孔. 虚拟钻孔是相对于实际钻孔而言, 即在构建三维地层模型的过程中, 由于建模工作的需要而在特定位置添加一个或多个具有假想性质的地质钻孔. 它是由工程人员根据经验和其它勘察手段获取的结果作出的推断, 这样可以构建更为准确的三维实体模型. 其次, 由于钻孔数据采集成本较高, 钻孔分布一般较稀疏, 采样频率低, 无法保证检测到完整的地层数据, 所以绘制成的地层模型变化受钻孔数据的影响很大, 因此笔者通过选取适当的模型参数, 对钻孔进行克里金插值加密, 从而提高钻孔的采样率, 其插值主要分为两个方面: ①生成孔的孔内各层层顶高程的插值; ②生成孔的孔内各层地层属性的插值.

### 3.3 钻孔层序分层

由于地下地质构造中多次沉积、剥蚀交替作用的存在, 空间分布上有很强不均匀性, 因此基于岩性(土)进行分层仅能用于局部场地. 对于城市区域和更大范围的场地, 则必须考虑采用层序分层的方法, 建立标准层序体系. 对钻孔进行层序分层, 建立时间与岩性等综合的地层界面, 才能建立空间上具有等时意义的三维地质构造模型<sup>[2]</sup>. 对应此部分内容, 软件应该提供层序标准体系的建立、交互式的层序分层和层序分层数据管理的功能.

### 3.4 地层模型的建立

对钻孔数据进行层序分层后, 采用不规则三角网形成地层界面, 并基于克里金插值算法对生成地层曲面进行平滑处理, 再用这些层面数据生成地质体, 建立三维地质构造模型. 利用该模型实现沿地面某一迹线生成二维地层剖面, 与其它探测剖面数据进行比较分析. 对应此部分内容, 软件应提供三维地层界面的显示、生成二维剖面和钻孔柱状图的功能. 图 1 为基于钻孔数据的三维地质建模的总体思路, 同时也是基于笔者建立的软件进行三维地质建模的基本过程.

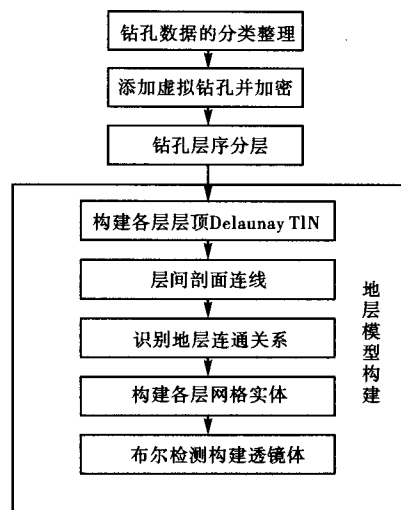


图 1 地层建模的总体思路

## 4 地层模型的构建

### 4.1 构建各层层顶 Delaunay TIN

钻孔地层信息在平面上属离散信息, 通过构建边界和钻孔控制点共同形成的三角网, 建立钻孔之间的关联关系. 存在关联的两个钻孔, 需要分析钻孔地层间的连接关系. 建立三角网的方法很多, 笔者采用的是在 Delaunay 三角网的基础上, 引入约束条件生成的三角网<sup>[3]</sup>.

### 4.2 层间剖面连线

主三角网定义了钻孔与邻近钻孔之间的关系. 对于相互关联的两个钻孔, 需要通过剖面连线, 建立两个钻孔间地层之间的联系. 在研究区域地层统一编码的基础上, 实现剖面地层的连线, 这是实现建模的关键. 若两个钻孔的地层沉积关系明确, 不存在交互的情况, 剖面地层连线较为简单; 若出现地层交互情况, 则连线算法较为复杂. 笔者采用了分区识别方法, 其基本思想是首先根据主层将两个钻孔间的地层分为若干个大区间, 再在区间内识别最没有歧义的地层, 将其连线. 这样将原区间细分为 2~3 个小区间. 若小区间还需要细分, 则进一步根据亚层细分. 当所有小区间无需细分时, 即完成了全部地层的连线. 对于透镜体和地层尖灭等情况, 需要根据该层在本层组及邻近钻孔地层分布的情况, 按比例大小尺度确定. 这样的处理使得地层边线更加符合工程习惯, 建立的三维地层模型也更为细致.

### 4.3 识别地层连通关系

由于可能存在透镜体、互层和土层的局部缺失,

本文共4页，欲获取全文，请点击链接<http://www.cqvip.com/QK/82952X/200801/26895030.html>，并在打开的页面中点击文章题目下面的“下载全文”按钮下载全文，您也可以登录维普官网（<http://www.cqvip.com>）搜索更多相关论文。