

# Research on Data Processing Method of 3D Model of Digital Geology

Xiaoling Wu

Shenzhen Industrial Exploration Group Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

## Abstract

We undertake the rock and technical characteristics and building pile foundation construction theory and method, establish fault zone geographic information data and digital 3D geological model, mainly used to analyze and show the fault zone research results, to realize the fault zone soil characteristics, hydrological characteristics and engineering geological survey results, exploration point data, regional geological geotechnical spatial distribution analysis.

## Keywords

digital geology; 3D model; data processing; fault zone; data interpolation

## 数字地质三维模型的数据处理方法研究

吴晓玲

深圳市工勘岩土集团有限公司, 中国·广东 深圳 518000

## 摘要

我们在承担深圳市科技创新委员会科技研发基金项目《断裂带的岩土特性及建筑桩基施工关键技术研发》中应用地理信息系统的理论和方法, 建立断裂带地理信息数据库和数字地质三维模型, 主要用来分析和表现断裂带研究成果, 实现对断裂带岩土特性、水文特性和工程地质勘察成果、勘探点数据、区域地质岩土空间分布进行分析。

## 关键词

数字地质; 三维模型; 数据处理; 断裂带; 数据内插

## 1 引言

一般来讲, 野外地质勘察和勘探获得的各类地形、地质信息都是一些离散的数据, 面对这些地形、地质信息, 地质工程师必然提出这样的问题, 如何运用这些资料来推断其在研究区内的发育分布规律, 即使能够预测地质信息在区域的分布情况, 面对大量的数据, 地质人员仍然会难于想象和分析, 图形、图像是最直观的数据解释, 且地质人员又习惯于用图件来反映地质信息, 自然会希望利用计算机来显示结构面等在地质体中的分布情况。因此, 空间地质模型及可视化系统的研究和应用是工程地质和地质灾害勘察评价领域计算机应用的必然趋势, 目前各类地学活动产生了大量不同总类、不同格式的地理数据, 如何充分利用这些数据、将这些数据在一个统一的平台下进行管理、应用, 是 GIS 工程师们必须面临和解决的一个问题, 尽量

【基金项目】深圳市科技创新委员会科技研发基金项目研究成果(项目编号: JSGG20180504170317195)。

【作者简介】吴晓玲(1989-), 女, 中国广东梅州人, 本科, 工程师, 从事测绘与GIS研究。

做到多源数据的融合和利用。

三维地质可视化模型研究是当前数字地质、石油地质、物探化探、水文地质与工程地质等研究的前沿和热点, 也是快速、及时地再现地质体三维信息及综合分析的有效途径, 本项目的研究和开发对解决以上问题做出了一些尝试。

## 2 工程地质勘察数据利用分析

该研究项目区域为深圳市前海地区约 12km<sup>2</sup>, 该区域主要为填海区域, 根据区域地质调查资料在该地区有两条明显的断裂带, 但断裂带的范围、走向和深度不是很明确。本项目最大资源是我们在该地区 30 余年从事地质工程工作积累的区域地质调查、工程地质勘探资料, 为此我们收集了 100 余项工程勘察资料, 其中在研究区域及其附近的有效工程项目 58 项, 该 58 项工程资料主要包括工程勘察数据库、钻孔柱状图、水文资料、工程勘察报告、各风化层等值线图, 涉及的工程种类包括城市建设工程、填海软基工程、区域地质调查等。最早的工程勘察资料为本世纪初, 时间跨度 20 年, 由于不同时期、不同工程种类采用的技术标准不统一, 钻探深度也不一致, 采集的数据类别和数据格式也有所差别, 有些项目的中间数据缺失, 如大部分项

目都缺失工程勘察数据库, 钻孔柱状图和各风化层等值线图也不完整, 后海区域填海软基处理勘察钻孔深度较浅等, 因此对收集来的资料必须逐个进行分析和再采集, 统一技术标准、统一数据格式并建立本项目地理数据库。

### 3 工程地质数据标准化处理

通过对收集到的 58 个有效工程勘察资料分析, 少数年代较近的项目有工程勘察的过程数据如勘察数据库 (Microsoft Access 数据库), 由于该数据库是为工程勘察制图系统服务的, 系统包含了很多系统表, 真正对工程有用的表主要有: 《标贯表》《动探表》《波速表》《风化层表》《剖面线表》《取样表》《水位表》《土层表》和《钻孔表》等 9 个表, 数据库表及字段名以汉语拼音首字母简化组成, 且每个工程项目独立建库, 我们的数据集成工作必须建立统一的数据库并将众多的数据库合并。

为此, 我们在本项目开始之初, 就着手开发《地质钻探 GIS 数据处理系统 (GeoInvesGIS)》, 统一数据标准和数据库, 该系统是一款按照 GIS 理论和方法系统对地质钻探外业数据进行处理的工具软件。可用于工程勘察、地质勘探、地质调查和地质灾害勘查等领域, 为建立地质专业地理信息系统提供标准 GIS 数据。

此外, 通过对收集到的工程数据分析, 约 80% 工程数据都没有找到中间数据的数据库, 但每个项目的数据都包含了钻孔柱状图 (Auto CAD 格式), 对这部分数据我们在 Auto CAD 进行了二次开发, 用于读取钻孔柱状图上每个钻孔的地面坐标和高程、填 (土) 石层、淤泥层、强风化层、中风化层和微风化层标高, 最后建立钻孔土层参数数据库, 用于建立各地层模型和断裂带研究分析。

针对不同的工程勘察数据采用多种数据录入手段, 我们共录入了研究区域内 58 个有效项目 3817 个勘察钻孔的土层和其它参数, 这些数据构成了断裂带研究项目对地层分析的重要依据。

### 4 数据内插研究

由于 58 个程勘察项目的 3817 个钻孔点并不是均匀分布在研究区域 (约 9km<sup>2</sup>), 且不是每个钻孔都采样到微风化层, 为使得建立各风化层模型更合理和光滑, 需对部分没有钻孔的区域进行数学内插加密钻孔点, 内插方法主要有曲线内插和曲面内插两种方法。

本项目对比较常用的曲线内插和曲面内插方法进行了研究, 编写了计算机程序对研究区域内的钻孔点进行了内插计算, 比较了各种内插方法及边界条件, 最后采用最合理的内插方法进行计算并建立各风化层数字空间模型 (DSM)。

#### 4.1 曲线内插

本项目中采用通过给定三个离散型已知点的二次样条曲线内插方法, 按一定的间距加密内插点, 已知不在同一高度上的三点 P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>、P<sub>3</sub>, 通过给定的这三点定义一条空中抛

物线 (Z 值), 见图 1。

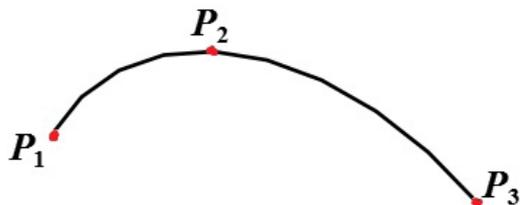


图 1 二次样条曲线图形

软件开发在 AutoCAD 上采用二次开发方式, 其最大的好处是直接 AutoCAD 选取图上近似直线上的三个点按照  $Y = AX^2 + BX + C$  曲线方程, 系统计算出 A、B、C 三个参数, 然后按照一定的间距计算该直线上内插点的 X、Y、Z 值, 加密部分特征点。点击“二次曲线内插”, 在 ACAD 图上捕捉点取近似直线上的三个点, 系统根据三个点的 X、Y、Z 值进行曲线内插并生成内插数据文件和内插图形, 同时在 AutoCAD 上绘出内插点, 系统默认内插点间距为 20m, 内插点的曲线效果见图 2。



图 2 曲线内插图形

#### 4.2 距离加权内插

由于工程勘察项目并不是每个钻孔都采样到微风化层, 为获取该钻孔点的微风化层标高, 我们通过周边相邻点的微风化层顶部标高, 采用距离加权内插的方法计算出该钻孔微风化层顶的内插值。一般的距离加权内插阈值为 100m, 即选取该点 100m 范围内的钻孔点微风化层标高, 并根据与内插点的距离进行距离权倒数加权计算内插点的微风化层标高, 计算公式为:

$$Z = \frac{\frac{1}{d_1} Z_1 + \frac{1}{d_2} Z_2 + \dots + \frac{1}{d_n} Z_n}{\left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} + \dots + \frac{1}{d_n}\right)}$$

其中, Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>, ..., Z<sub>n</sub> 为已知点微风化层顶标高; d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub>, ..., d<sub>n</sub> 分别为已知点距内插点的距离。这种内插方法也是在 AutoCAD 上二次开发来实现的, 其目的就是直接在 AutoCAD 框选周边距离内插点小于 100m 的所有钻孔点, 然后按距离加权计算出内插点的微风化层标高。

#### 4.3 曲面内插

曲面内插比较复杂, 不同的内插方法对已知点的总数

和分布以及对边界条件要求不一样,本项目中我们主要研究了六种内插方法及其算法。TIN 二次和高幂次内插方法在理论上是一致的,工程上一般都采用拉格朗日内插法进行插值计算,也是目前计算机编程插值计算最常用的方法。工程中最常用的方法是在现场采集数量有限的离散样本点,根据样本点求解拉格朗日内插多项式的系数,从而获得内插函数,求解任意点的解。用高幂次( $\geq 2$ )内插方法内插的曲面,不但能保证曲面的连续,还能保证不同三角形边界处的光滑(见图3)。

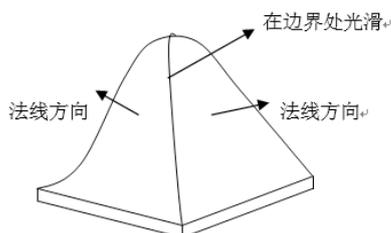


图3 采用2次以上的高幂次内插的TIM模型

## 5 不同内插方法比较结果

本项目共采集了3817个有效钻孔点,经过曲线内插加密后,总钻孔数达到了约26000余点,最后再通过对钻孔的不同风化层数据进行曲面内插。我们研究了TIN内插、二次TIN内插、高幂次TIN内插、距离加权内插、方位加权内插和趋势面拟合内插等六种不同内插方法并开发相应的内插软件,将各种内插计算的结果与ESRI Arc/Info 5次TIN

内插模型进行了比较,包括边界条件和地貌失真。通过对比我们发现,内插幂次越高内插曲线越平滑。失真最小、边界条件最简单的方法为高幂次TIN曲面内插,TIN内插对边界数据的要求最低,边界处的变形最小。最终采用TIN高幂次内插方法计算风化层数字空间模型(DSM),取得了比较好的效果,各种内插方法的比较见图4(ArcScene下)。

用该内插方法在该研究项目中我们建立了地面、填(土)石层、淤泥层、强风化层、中风化层和微风化层等6个层的数字高程模型,为本项目其它子课题研究提供了完整的基础数据。

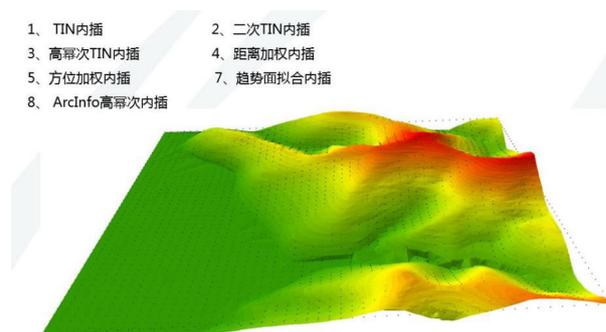


图4 ArcScene 数字空间模型(非断裂带模型)

## 参考文献

- [1] 何光渝. Visual Basic常用数值算法集[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [2] 李胜乐,陆远忠,车时,等. MapInfo地理信息系统二次开发实例[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
- [3] ArcGIS帮助文件[Z].