

# Three-Dimensional Visualization Method of Ion-Based Rare Earth Ore Based on Drilling under ArcEngine

Junhua Feng

School of Architecture and Surveying Engineering, Jiangxi University of Technology, Ganzhou Jiangxi  
Email: JHakmuzi@163.com

Received: Feb. 22<sup>nd</sup>, 2019; accepted: Mar. 6<sup>th</sup>, 2019; published: Mar. 13<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

Three-dimensional mine is an important part of smart mines. It plays an important role in many aspects such as mining, reserve calculation and roadway analysis. Based on the comprehensive analysis of the three-dimensional visualization of rare earths and the GIS idea, it is proposed to construct a three-dimensional visualization platform for rare earth mines under the ArcEngine development platform. Aiming at the existence of a certain degree of single-dimensional three-dimensional visualization software, it is proposed to create a new modeling three-dimensional visualization construction method, which can better express the geological real situation through experiments. Using this method to write a three-dimensional visualization software that can be applied to ion-type rare earth mines can better meet the requirements of mine engineering and bring a certain degree of convenience to the project.

## Keywords

Ionic Adsorption Type Rare Earth Ore, Three-Dimensional Visualization, ArcEngine

---

# ArcEngine下基于钻孔的离子型稀土矿三维可视化方法

冯俊华

江西理工大学, 建筑与测绘工程学院, 江西 赣州  
Email: JHakmuzi@163.com

收稿日期: 2019年2月22日; 录用日期: 2019年3月6日; 发布日期: 2019年3月13日

## 摘要

矿山三维可视化在当前矿山开采、储量估算、资源评估等众多方面具有不可忽视的作用和意义。在综合分析了稀土三维可视化基础上,基于GIS思想,提出在ArcEngine开发平台下,构建稀土矿山三维可视化平台。针对当前稀土三维可视化软件方面存在一定程度的种类单一问题,提出了创建新的三维可视化模型构建方法,经试验,能较好的表达地质真实情况。利用该方法编写可应用于离子型稀土矿山的三维可视化软件,能较好的满足矿山工程要求,为工程项目带来一定程度的便利。

## 关键词

离子型稀土矿, 三维可视化, ArcEngine

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

三维可视化是一种显示和理解地面和地面上许多地质现象特征的工具。它是数据体的一种表示形式,它可以利用大量数据,检查数据的连续性,并识别数据的真实性,为分析及重复数据提供参考。在当前,三维可视化是GIS在地质三维方面的一个重要应用,将传统地质建模和GIS结合,也是当前GIS在生活中应用的一大热点。如何有效表达和管理地质体,并更好地将稀土矿山三维可视化展示,是值得思考和研究的问题。

当前主流的矿山三维可视化软件种类繁多,国内使用的这类软件主要有3DMine、EVS、GOCAD、Surpac、Micromine、Vulcan等,这些软件大多属于国外研发产品,软件的设计和操作简单适用于国外技术人员,而且软件说明和功能菜单英文为主,功能虽然比较丰富,但在实际操作中相对复杂,对操作人员技能要求比较高,更适合于专业技术人员,在价格方面比较高,不适合中小型的矿山企业。虽然在当前市场也出现国内自主研发的矿山三维可视化类软件,但在价格和实际操作方面,也存在以上国外软件存在的弊端。针对这些问题,本文从中小型企业使用出发,研究和探讨基于ArcEngine的一种矿山三维可视化方法,采用矿山钻孔基础数据处理分析,并构建模型,三维展示矿山地形分布情况,并将其使用在轻量级三维可视化软件中,在保证软件使用有效性的情况下,降低软件成本,使其适合中小型矿山企业使用。

在国内外矿山三维可视化建模方面,存在不少的研究,而针对钻孔方面的研究也有众多文献,其中,董波[1]对矿山的三维建模进行了探讨,研究了似三棱柱、三角形扩展规则等,并对算法进行了进一步的改进;罗云烈等[2]则探讨借助于Arcgis软件,构建地层的三维可视化;杨文环[3]等则在使用离散钻孔点数据三维建模过程中,引入TEN的GTP模型,创造性地提出新的三维地层可视化思路;同时申晓丹[4]等则是借助于3Mine构建三维地质模型;在ArcEngine环境下,对三维地质的研究也有很多,如黄嫚[5]、丁月平[6]、闫海涛[7]、周红[8]等,分别用不同的方法探讨了该环境下的三维可视化模型构建;伍艳[9]利用DATAMINE中三维模型构建方法,创建相应的地质体三维模型,主要是构建块体模型;赵汀[10]等富有创造性地将克里金插值法应用于离子型稀土矿山的储量估算中。

基于以上的研究分析, 本文提出在 ArcEngine 二次开发环境下的离子型稀土矿山三维可视化, 结合矿山钻孔数据, 对矿山地层数据分析推理, 实现离子型稀土矿山三维的可视化操作。

## 2. 研究方法

在 ArcEngine 二次开发环境下, 实现离子型稀土矿山三维可视化的基本流程主要分为以下几个部分: 钻孔数据的预处理、插分钻孔数据并将生成栅格转换为相应 TIN 层、生成一定顺序排列的多层 TIN 层、将多层 TIN 在约束条件下合并为模型。

### 2.1. 离散点处理

钻孔是地质测量过程中为钻探勘测地质矿体内部地质差异所打的垂直方向的细小探洞, 且能够在一定程度上获得相对完善的地质体内部信息。钻孔数据通常包含诸如钻孔位置的 XYZ 坐标、钻孔编号、钻孔深度、钻孔的终孔分析等信息, 它更好的反映了当前钻孔下的地质数据变化, 是地质三维建模的重要依据。

从测量工具中直接获取的钻孔数据存在数据散乱、多余数据冗余等一些问题, 为更好的满足研究需求, 需要将原始钻孔数据进一步整理分析。因钻孔原始数据大多以 dat、Excel 等文本格式储存, 这就需要将数据进行转换。首先将钻孔原始数据保存为相应格式的数据表, 通过连接数据库, 实现数据表存入到数据库表 T\_Drilling (钻孔表), 数据库表如下表 1; 其次, 通过 ArcEngine, 数据库中的钻孔散点数据被转换为 Shapfile 文件, 主要方法为数据库中读取钻孔 Table 数据, 将带有坐标对信息的 Table 数据对象转换为 IFeatureClass, 确定相应的空间参考, 经 IFeatureLayer 接口将钻孔 XY 坐标点成图显示。

**Table 1.** T Drilling (Drilling Table)  
**表 1.** T Drilling (钻孔表)

序号	属性名	中文含义	备注
1	DID	编号	自动编号
2	MineName	矿山名	
3	DName	钻孔号	
4	X	X (经度)	
5	Y	Y (纬度)	
6	Z	Z (高程)	
7	SoilThickness	表土层厚度	
8	BodyThickness	矿体厚度(单工程厚度)	
9	DDepth	钻孔深度	
10	DInfo	钻孔信息	
11	DAvgGrade	钻孔平均品位	
12	DAttributes	属性	
13	DFinalHoleAlys	终孔分析	如遇石
14	MineBodyName	矿体编号	
15	BlockName	块段编号	
16	DDate	钻孔日期	
17	Memo	备注	

## 2.2. 钻孔数据插分及构建 TIN

在总结稀土矿床勘探经验和探采比的基础上, 根据不同矿床的勘查类型和不同地质可靠程度的矿产资源和储量, 工程间距由类比确定, 如表 2。但在实际中, 探测钻孔所打之处受到矿区所在位置地表植被、岩石断层、水流等众多因素影响, 得到的钻孔数据很有限, 且可能存在矿山探测钻孔盲区, 另一方面从表 2 中可得知相邻钻孔之间间距相对较大, 这样基础上构建的三维模型将存在对原始地表情况的模糊表达, 乃至错误展示。

Table 2. Reference list of mine exploration type engineering spacing

表 2. 矿床勘查类型工程间距参考表

勘查类型	控制工程间距 m			
	内生矿床		风化壳离子吸附型稀土矿床	
	走向(度)	倾向(度)	密度个/km <sup>2</sup>	网度 m*m
简单(第 I 类型)	200~400	100~120	60~80	(200*80)~(160*80)
中等(第 II 类型)	120~200	80~120	100~140	(160*60)~(120*60)
复杂(第 III 类型)	80~120	60~100	210~310	(120*40)~(80*40)

为了减轻钻孔数据量不足, 构建的模型难以较完整表达矿山地质情况的问题, 提出用数据插值的方法加密原始钻孔数据。在 ArcGIS 中常用的空间数据插值方法主要有: 反距离权重(IDW)、克里金法(Krige), 自然邻域法(Natural Neighbor), 样条函数法(Spline), 趋势面法(Trend)等, 几种空间插值的对比如下:

**反距离权重:** 通过对要处理的每个像素的邻域中的样本数据点求平均来估计单元值。该点越接近待估计的细胞中心, 其在平均过程中的影响或重量就越大。

**克里金法:** 通过一组具有 z 值的分散点生成估计表面的高级地统计过程。与其他插值方法不同, 选择用于生成输出表面的最佳估算方法之前应对由 z 值表示的现象的空间行为进行全面研究。

**自然邻域法:** 可以找到最接近查询点的输入样本的子集, 并且基于用于内插的区域的大小成比例地将权重应用于样本。

**样条函数法:** 使用最小化整个表面的曲率的数学函数来估计该值以产生刚刚经过输入点的平滑表面。

**趋势面法:** 一种全局多项式插值方法, 它将由数学函数(多项式)定义的平滑曲面拟合到输入采样点。趋势面逐渐变化并捕获数据中的粗尺度模式。

通过对钻孔数据分析和对比几种空间数据插值方法, 这里选择克里金插值法作为矿山钻孔数据插值的方法。在 ArcEngine 二次开发环境中, 克里金插值法包含于 IInterpolationOp2 接口下 Krige 方法, 调用该方法加密钻孔数据, 可编程实现虚拟钻孔点的动态计算, 从而获得虚拟钻孔点位, 进一步设置钻孔点图层数据各类信息, 变异类型选择球面模型, 进而将插值后所得图层以栅格的方式输出保存, 钻孔数据空间插值前后对比图 1 和图 2。

在 ArcGIS 中有栅格转换为 TIN 的功能, 以此为参考思路, 采用在 ArcEngine 开发下上述钻孔点插值后的栅格结果作为转换数据, 以得到的栅格为基础生成矿山 TIN 表面。栅格转换为 TIN: 首先需要根据足够量的输入栅格点(像元中心)生成候选 TIN, 以便完全覆盖栅格表面的边缘, 通过编译代码, 设置 Z 容差, 逐步改进 TIN 表面, 直到符合指定的 Z 容差为止, 为达到此效果, 通过在代码迭代过程根据需求添加更多像元中心。以插值后的栅格数据生成矿体 TIN 表面, 可较好的表达矿体地貌基本起伏, 而原始钻孔数据生成的 TIN 表面粗糙且棱角分明, 与地表实际特性差异较大。这种 Kriging 插值的间接使用是基于地质统计学方法, 目前广泛应用于地下水模拟, 地质体建设等。

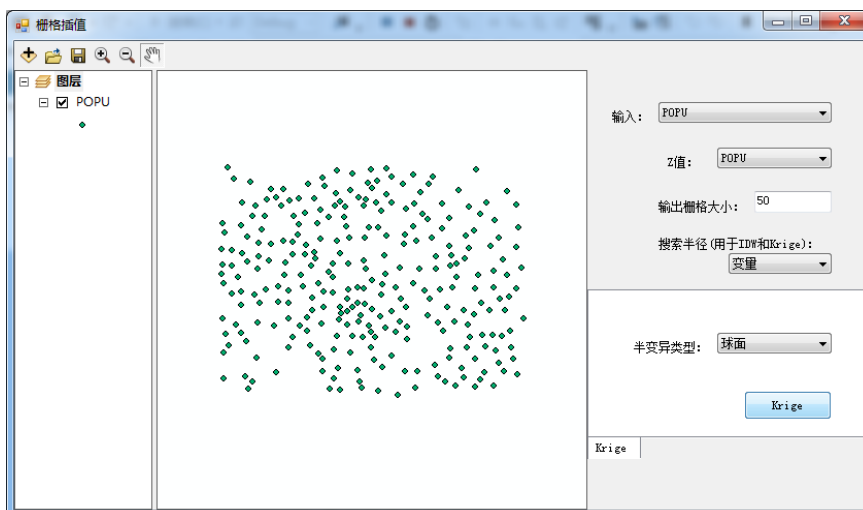


Figure 1. Kriging difference setting (before interpolation)  
图 1. 克里金差值设置(插值前)

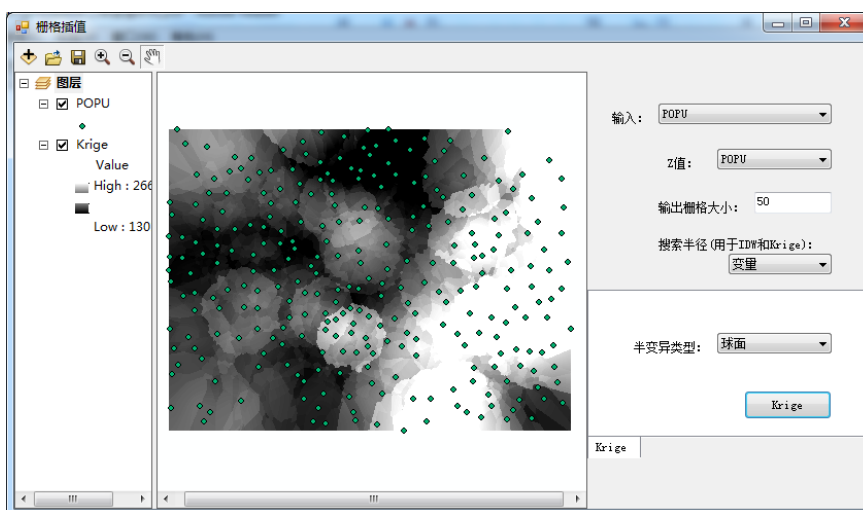


Figure 2. Effect diagram after interpolation (after interpolation)  
图 2. 插值后效果图(插值后)

### 2.3. 三维地层实体建模

MultiPatch 是 ArcGIS 在 9.3 版本后推出的三维可视化功能模块，它是由一系列几何对象组成的，在 ArcGIS 数据结构中是与点、线、面平行的一种数据结构，可以表达出 3D 效果的对象实体，常用以模拟现实世界。在实际应用中，可通过人为的节点级控制生成多面体，通过开发接口组织有序节点生成三角形(最常见的是三角形)，再拼接成多面体。该方法主要用于生成无规律三维模型，比如复杂地质体等，地质、地铁等行业需要对地层、矿产等不规则形状物体进行三维模拟。

在本文中采用 MultiPatch 作为三维建模的主要思路。主要流程如图 3，在对栅格构建 TIN 中，以地层自然沉积顺序从地表开始往下构建，根据钻孔中 Z 值的变化生成不同的 TIN 层。提取矿山整体边界多边形并保存为 shapefile，为构建三维矿体的约束条件，用该边界多边形限制各个地层 TIN，在将所有满足条件的 TIN 创建完成后，在图层显示中依次显示各个 TIN 层，同时将各个 TIN 层拉伸合并为一体，组合成为完成的矿山三维模型。此过程中使用 ArcEngine 中 IExtrude 接口下的 ExtrudeBetween 方法。

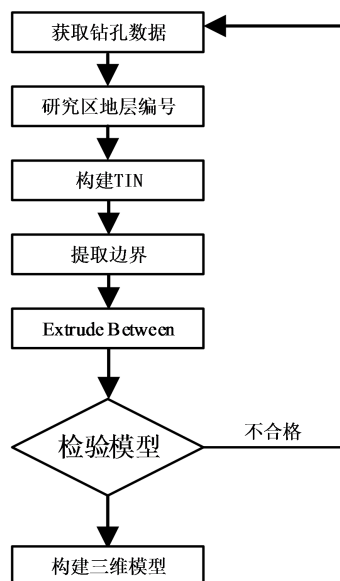


Figure 3. Modeling method flow  
图 3. 建模方法流程

### 3. 实例应用

#### 实例分析

基于 ArcEngine 二次开发环境, 结合 Microsoft Visual Studio 开发平台下开发的基于钻孔数据的三维可视化系统, 在实际应用中的试验结果如图 4 所示。可较好的表达矿区地表情况, 界面简单直观。使用原钻孔数据在 ArcgisScene 模块中构建三维模型, 与实验所得效果图对比, 主要地表基本和开发实验所得吻合, 验证了该方法的实用性和合理性。

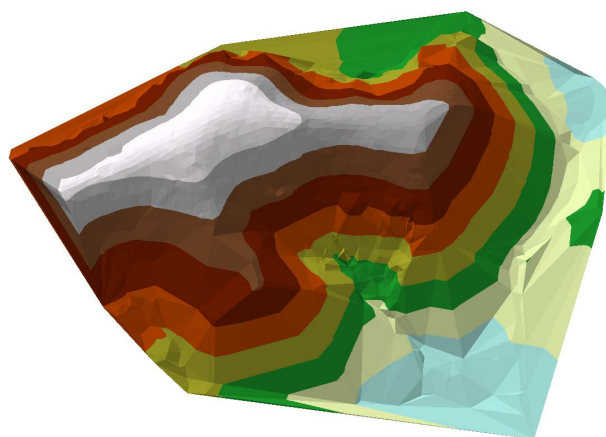


Figure 4. 3D stratum visualization  
图 4. 三维地层可视化效果

### 4. 结束语

本系统的完成, 证明了这种方法的可行性, 提出的方法思路可在一定程度满足工程作业要求, 实现了对矿山数据整理、分析、显示等工作, 具有专业性、快捷化、功能实惠、操作简单等优点, 可满足稀

土矿山开采前对矿区打孔、观测、科学性的指导等要求。本文拟在目前方法的基础下,对矿山三维可视化方面做进一步改善:1) 思考新的三维模型构建算法,将 GIS 与传统地质模型算法结合在一起,提高三维模型真实性;2) 考虑将稀土品位属性与稀土矿山三维可视化结合,进一步加强模型属性信息,切实地符合稀土矿山开采要求,进一步完善对开采工程项目的指导意义;3) 将矿山储量计算方面应用到模型中,采用渐变函数模拟矿山中离子型稀土动态变化,提高对矿山储量估测方面的准确性。

## 参考文献

- [1] 董波. 数字矿山三维地质建模及可视化研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质大学(北京), 2013.
- [2] 罗云烈, 王常明, 王天佐. 基于 ArcGIS 的地层三维可视化方法[J]. 中国水运(下半月), 2015, 15(7): 91-93 + 96.
- [3] 杨文环, 尹璐, 孙久运. 矿山钻孔数据三维地层建模与可视化[J]. 金属矿山, 2015(10): 130-134.
- [4] 申晓丹, 陈超, 孟浩灿. 基于 3DMine 的矿山三维地质建模研究进展[J]. 化工矿物与加工, 2017(4): 34-37.
- [5] 黄嫚, 等. 基于 ArcEngine 地质体三维建模研究[J]. 测绘科学技术学报, 2013, 30(2): 197-200.
- [6] 丁月平, 史玉峰. 基于 ArcEngine 和钻孔数据的三维地表层建模与可视化[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2013, 37(4): 139-142.
- [7] 闫海涛. 基于 ArcGIS Engine 的矿井三维 GIS 开发研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2015.
- [8] 周红, 王彬. 矿山三维数值模型的建模方法综述[J]. 低碳世界, 2015(33): 95-96.
- [9] 伍艳. 基于 DATAMINE 的矿山三维地质建模及应用研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2016.
- [10] 赵汀, 等. 克里格法在离子吸附型稀土矿勘查储量估算中的应用[J]. 岩矿测试, 2014(1): 126-132.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-8801, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [csa@hanspub.org](mailto:csa@hanspub.org)