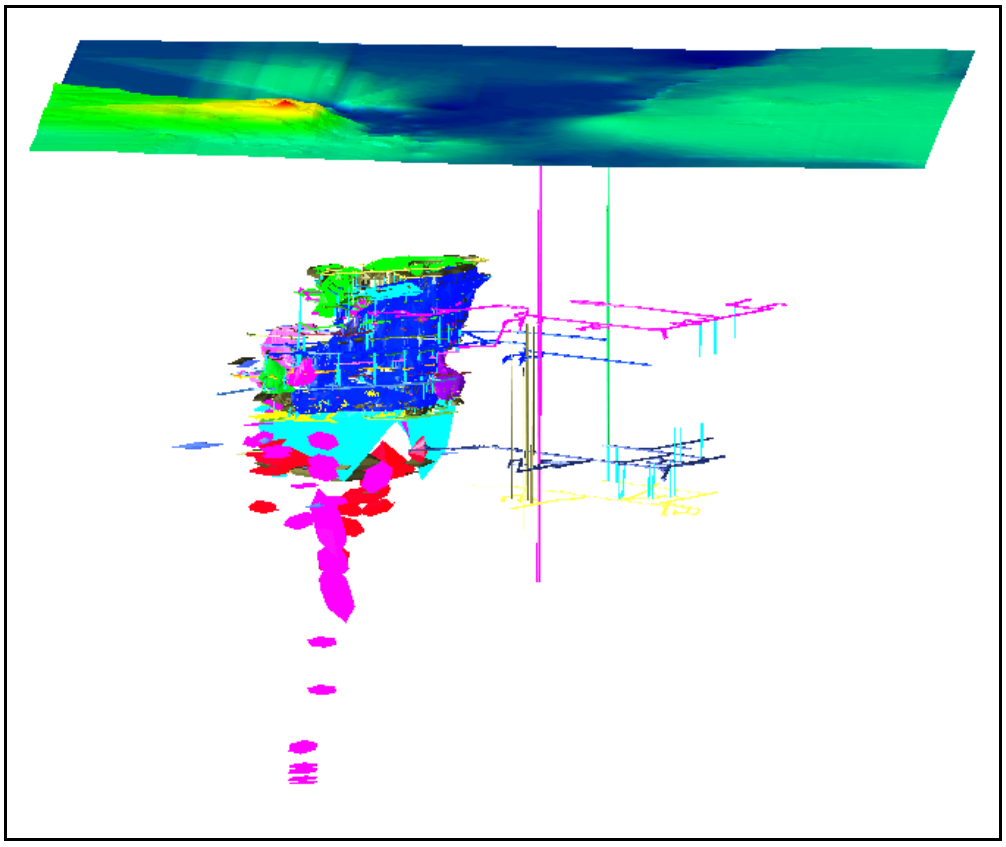
DIMINE 数字矿山软件案例

案例一(详细介绍)



工程篇是针对矿山提供的钻孔数据和工程图纸，在 DIMINE 软件中建立起整个矿山三维实体模型和钻孔数据库，并进行资源估计、储量计算和采矿设计。本篇的工程数据来自湖北某金铜矿。

1 地质钻孔数据录入

在 DIMINE 中建立地质数据库之前，需要将矿山报告中包含的内容按照“孔口文件（Collar）”、“测斜文件（Survey）”、“样品文件（Assay）”、“岩性文件（Geology）”等分别录入不同的文件中。

数据录入，是在 MICROSOFTT EXCEL 中进行的，这样的好处是：(1)数据便于编辑和管理(2)MICROSOFTT EXCEL 可以存储为 txt 格式文本文件，直接导入 DIMINE 软件，建立地质数据库建立的 MICROSOFTT EXCEL 文件，输入格式如图 1-1~1-3。输入数据后将文件存为 txt 格式文件,以便导入 DIMINE 软件中。

将三个 txt 文件分别导入“开口.dmt”、“测斜.dmt”、“样品.dmt”文件。

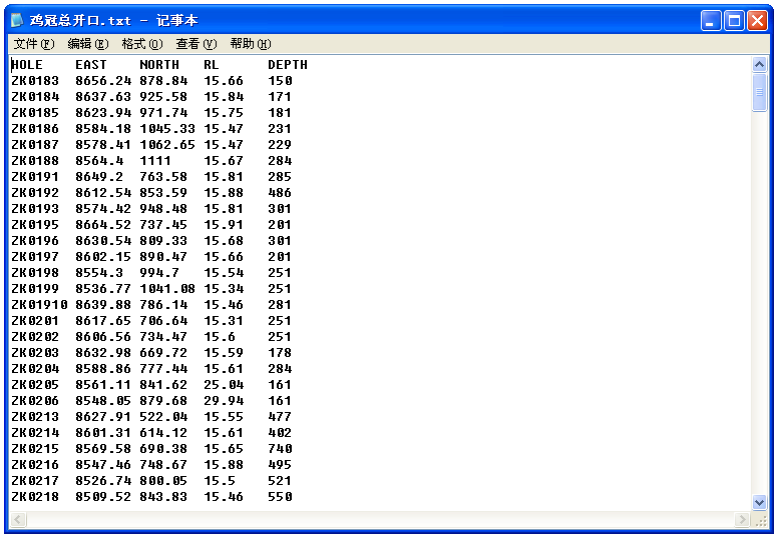


图 1-1 ASSAY 表录入

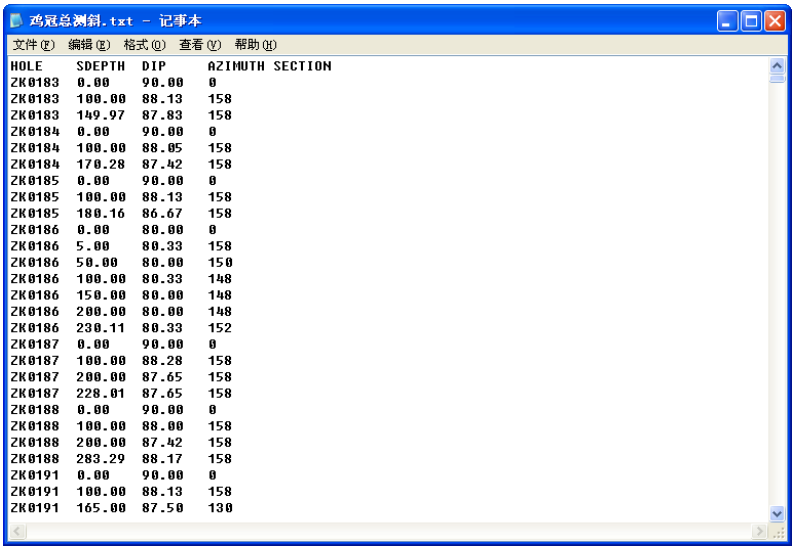
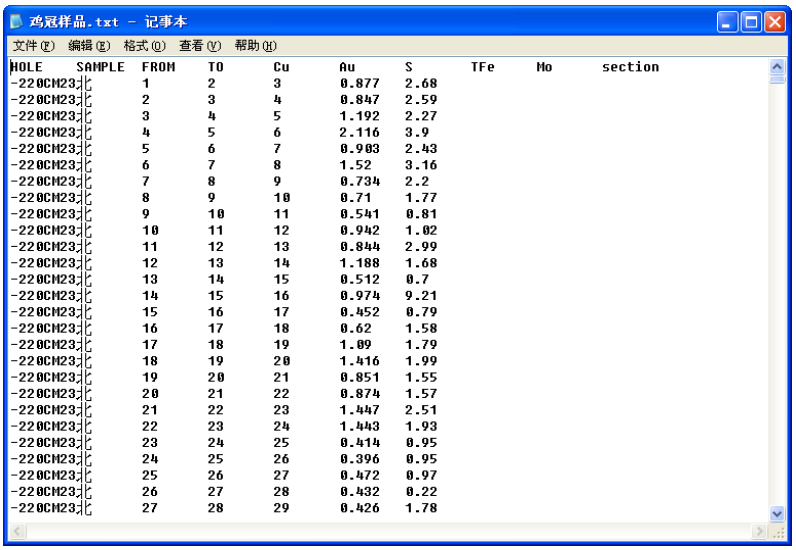


图 1-2 SURVEY 表录入


鸡冠样品.txt - 记事本

文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

HOLE	SAMPLE	FROM	TO	Cu	Au	S	TFe	Mo	section
-220CM23	1	1	2	3	0.877	2.68			
-220CM23	2	2	3	4	0.847	2.59			
-220CM23	3	3	4	5	1.192	2.27			
-220CM23	4	4	5	6	2.116	3.9			
-220CM23	5	5	6	7	0.903	2.43			
-220CM23	6	6	7	8	1.52	3.16			
-220CM23	7	7	8	9	0.734	2.2			
-220CM23	8	8	9	10	0.71	1.77			
-220CM23	9	9	10	11	0.541	0.81			
-220CM23	10	10	11	12	0.942	1.02			
-220CM23	11	11	12	13	0.844	2.99			
-220CM23	12	12	13	14	1.188	1.68			
-220CM23	13	13	14	15	0.512	0.7			
-220CM23	14	14	15	16	0.974	9.21			
-220CM23	15	15	16	17	0.452	0.79			
-220CM23	16	16	17	18	0.62	1.58			
-220CM23	17	17	18	19	1.09	1.79			
-220CM23	18	18	19	20	1.416	1.99			
-220CM23	19	19	20	21	0.851	1.55			
-220CM23	20	20	21	22	0.874	1.57			
-220CM23	21	21	22	23	1.447	2.51			
-220CM23	22	22	23	24	1.443	1.93			
-220CM23	23	23	24	25	0.414	0.95			
-220CM23	24	24	25	26	0.396	0.95			
-220CM23	25	25	26	27	0.472	0.97			
-220CM23	26	26	27	28	0.432	0.22			
-220CM23	27	27	28	29	0.426	1.78			

图 1-3 COLLAR 表录入

2 地质图件矢量化、数字化

地质图件矢量化、数字化是构建实体模型的基础，也是一项工作量十分巨大的工作。在 AutoCAD 软件中点击菜单栏“插入”→ “光栅图像”，在弹出的对话框中选择扫描的图片的路径。

在 AutoCAD 新建图层，按照图例中矿体、断层、巷道的名字命名，在不同的图层中用多段线描出矿体、断层、巷道的线，存为 AutoCAD2000 格式。

点击 DIMINE 软件菜单栏 “文件”→“导入”→“AUTOCAD 文件”。由于-370 以上矿体通过中段图来圈定，所以导入时选择“设置高程”，输入中段的高程值，选择保存路径，导入后的中段如图 2-1 所示。-370 以下矿体通过勘探剖面来圈定矿体，导入时选择“剖面线”，输入剖面基点 X、Y 坐标值，剖面方位角为剖面正方向绕平面图 Y 轴顺时针转过的角度，导入后的剖面如图 2-2 所示。

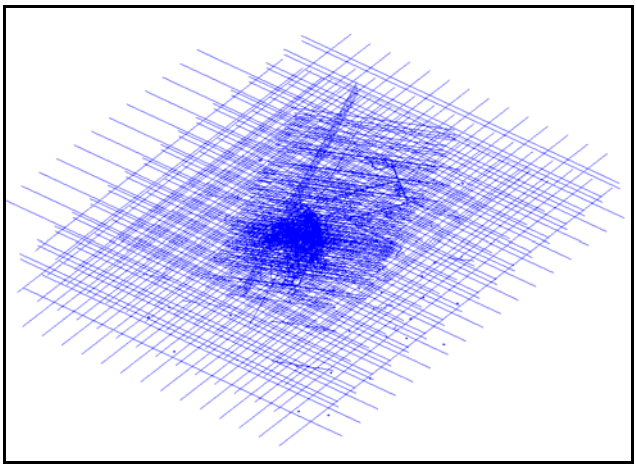


图 2-1 导入后的中段

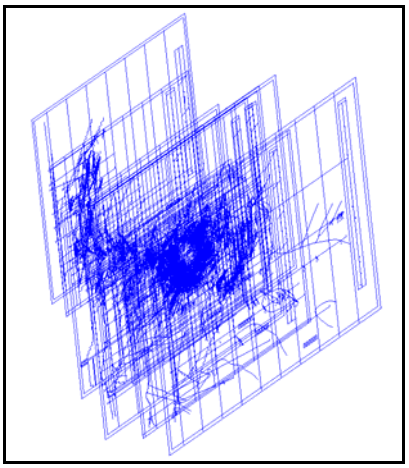


图 2-2 导入后的剖面

3 建立钻孔数据库

在钻孔数据文件开口文件“collar.txt”、测斜文件“survey.txt”、样品文件“assay.txt”和地质信息文件“geology.txt”导入 DIMINE 后，需要将他们合并为一个文件，从而形成 DIMINE 中的地质数据库。

在“地质统计”窗口点击“钻孔校验与合并”，在弹出的对话框中选择输入、输出的文件和字段名，

确定后生成“合并.dmd”“摘要.dmt”“错误.dmt”三个文件，在“数据表”窗口查看“摘要.dmt”和“错误.dmt”文件，如图 3-1。

三維设计 | 地质统计 | 数据表

BHID	COLLAR	SURVEY	SAMPLE
-220CM23B	1	10	23
-220CM23B北	1	2	11
-220CM23B北-1	1	4	6
-220CM23B南	1	6	26
-220CM23B南-1	1	6	13
-220CM23北	1	11	33
-220CM23北-1	1	7	47
-220CM23南	1	4	11
-220CM24	1	2	3
-220CM24-1	1	5	8
-220CM25A	1	2	7
-230CM21北	1	2	4
-230CM21北-1	1	2	10
-230CM21南	1	3	11
-230CM22	1	3	20
-230CM22-1	1	6	39
-230CM23A北	1	2	33
-230CM23A南	1	2	16
-230CM23A南-1	1	2	6
-230CM23B北	1	3	11
-230CM23B南	1	5	19
-230CM23南	1	5	26
-230CM24北	1	4	8

图 3-1 摘要文件

从摘要中得知所有钻孔均被定义，错误文件中出现的“样品段重叠”说明样品文件连续的样段，上一个 To 值大于下一个 From 值，在原始数据中进行修改，直到检验结束没有错误为止，合并文件即为钻孔数据库。生成后的钻孔如图 3-2、图 3-3 所示。

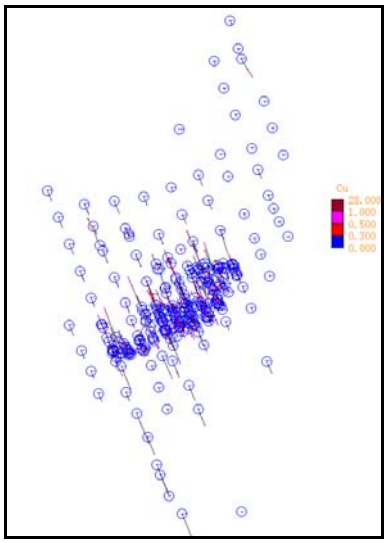


图 3-2 钻孔俯视图

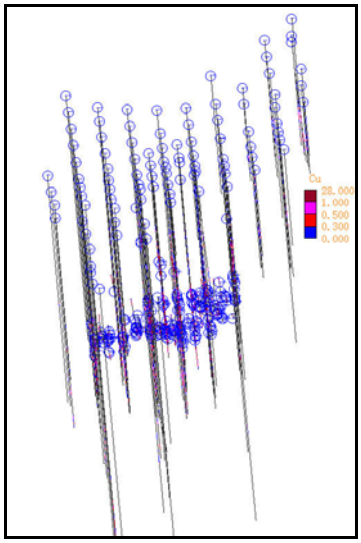


图 3-3 钻孔侧视图

4 样品数据基本统计分析和结构变异性分析

4.1 样品数据基本统计分析

地质数据库中的数据是块段模型内所有单元块参数估值的依据，也是矿床储量计算的依据，根据地质统计学原理，为确保得到各参数的无偏估计量，所有的样品数据应该落在相同的承载上，即同一类参数的地质样品段的长度应该一致。

DIMINE 提供两种样品组合方法：按钻孔组合、按台阶组合。按台阶组合主要用于露天矿，这里选用“按钻孔组合方法”。

在组合过程中为了降低样品 组合过程中可能导致的品位平均化程度，取组合样长度为平均原始样品长度 2m，最小组合样长为原始样品的 75%，即 1.75m。

选择菜单栏“钻孔”→“样品组合”→“按钻孔组合”，考虑到平均原始样长，组合长度为 2。根据统计的 Au 和 Cu 的平均品位，对特高值处理,Cu 的品位高于 20 的取 20，Au 的品位高于 30 的取 30。

产生组合样品点后，我们要统计样品的值与空间分布情况，以了解矿体分布规律，为确定特高值和块体模型估值作准备。

首先统计原始样品的直方图，在“地质统计学”窗口点击“柱状图”图标，“输入文件”选择“合并.dmd”,“变量”参数分别选择 Au 和 Cu，统计结果如图 4-1 和 4-2。统计组合后样品分布的柱状图，“输入文件”选择“样品组合.dmd”，统计结果如图 4-3 和 4-4。

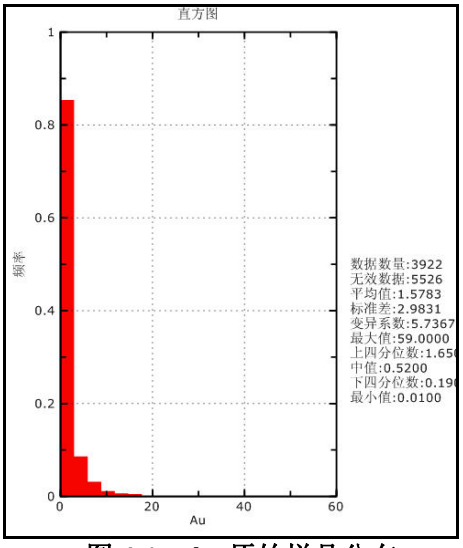


图 4-1　Au 原始样品分布

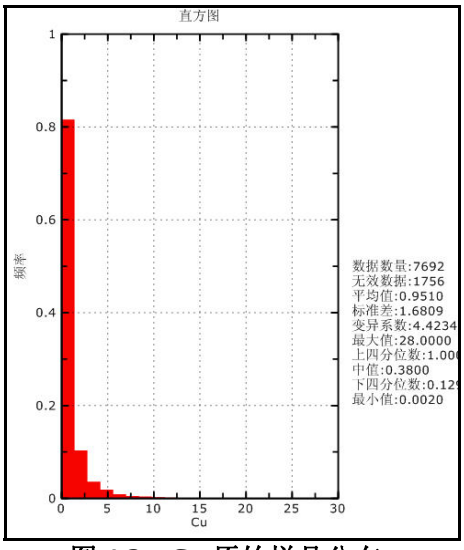


图 4-2　Cu 原始样品分布

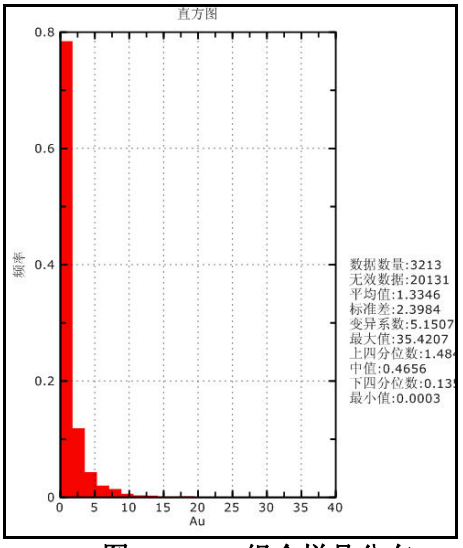


图 4-3　Au 组合样品分布

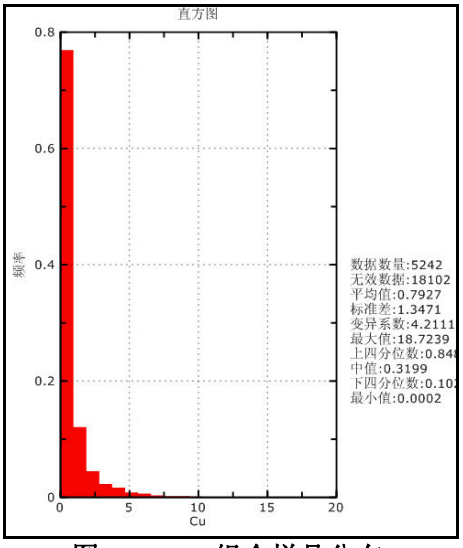


图 4-4　Cu 组合样品分布

QQ 统计图用于直观表示数据是否符合正态分布，根据变量数据分布的分位数与指定分布的分位数之间的

曲线来进行检验。根据样品分布直方图显示，初步推测服从对数正态分布，需要对原始样和组合样进行 QQ 图检验。在“地质统计”窗口下点击“QQ 图、PP 图”图标，弹出对话框进行参数设置。输入文件选择“组合.dmd”,变量选择“Au”和“Cu”，绘制类型选择“Q-Q 图”，分布类型选择“对数正态分布”，绘制的图形如图 4-5 和 4-6。

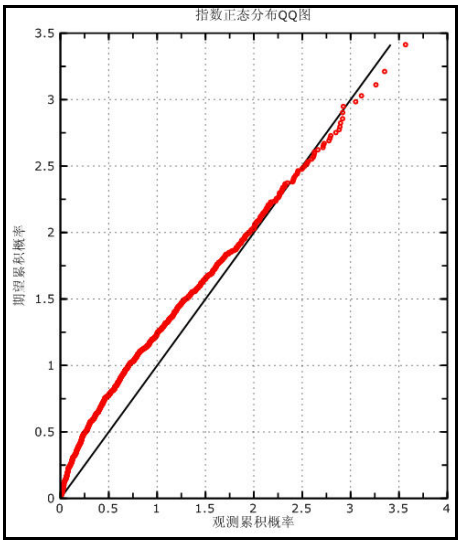


图 4-5 组合样 Au 对数正态分布校验图

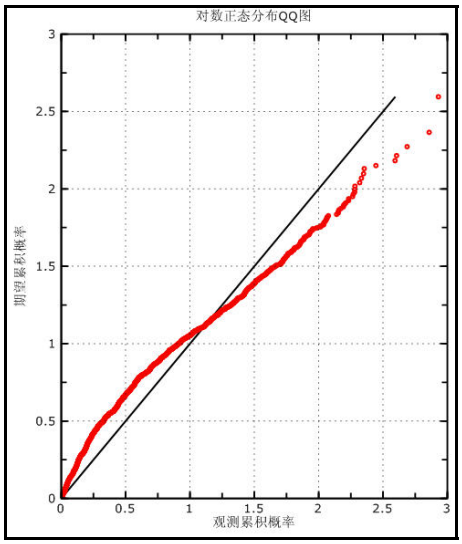


图 4-6 组合样 Cu 对数正态分布校验图

点落在通过原点斜率为 45 度斜线上的越多，则说明数据的分布就越接近理论分布。根据图的显示，可以认为样品的分布符合对数正态分布。

4.2 变异性分析

为利用样品数据，进行块段模型中相应参数的估值，除进行各样品参数的基本统计分析外（这时变异函数分析的基础），还需要进行变异函数分析，以确定各参数在空间上的相关性、结构性。

在“地质统计”状态下点击“变异函数图”图标，右侧出现“变异函数”活动框，点击“样品文件”，参数对话框选择“组合文件 dmd”，品位字段 Au。

由于矿体分布具有一定的方向性，区域化变量在不同方向可能会具有不同的结构性和变异性，即具有空间各向异性特征。因此，在进行变异函数的计算和分析时将针对不同的方向分别进行。

根据经验，对于金属矿床，一般按走向、倾向、厚度 3 个方向进行变异函数的分析，因此，这里对于 Au 和 Cu 元素品位进行这 3 个方向的实验变异函数计算，具体参数列于表 4-1。三个方向的试验变异函数的方位角、倾角设置参见地质报告。

在进行各个方向的变异函数计算分析时，一般是分布于某个方向一定范围内的样品点参与进行该方向的变异函数计算。需要指定的参数包括：圆锥体的容差角、容差限、滞后距，计算的最大距离。滞后参数的设置如表 4-2。

表 4-1 元素品位实验变异函数计算方向

方向编号	方 位 (°)	倾 角 (°)	说 明
1	68	0	走向方向
2	338	-72	勘探线方向
3	338	18	垂直（厚度）方向

表 4-2 变异函数计算时设置的参数

参数名称	参数取值
滞后距数目	50

滞后距容差	2m
滞后距	4m
计算的最大距离	200m

当试验变异函数设置完成后，鼠标左键点击活动窗口“变异函数”，选择“变异函数”。 进行理论变异函数拟合，在活动框中设置的设置如表 4-3。拟合后的变异函数如图 4-7~图 4-9。

表 4-3 元素理论变异函数拟合参数结果表

方向 / 参数		块金	基台	变程
Au	主轴方向	**0.2**	**3.0063**	**41**
	次轴方向	**0.2**	**3.0063**	**13**
	短轴方向	**0.2**	**3.0063**	**36**
Cu	主轴方向	**0.25**	**2.87067**	**26**
	次轴方向	**0.25**	**2.87067**	**25**
	短轴方向	**0.25**	**2.87067**	**10**

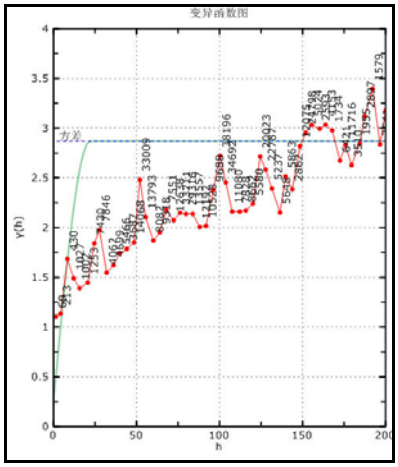


图 4-7 Cu 主轴方向理论变异函数

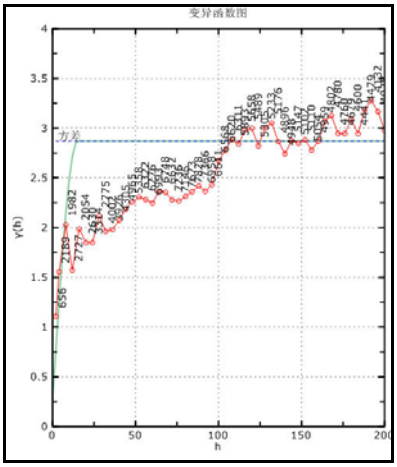


图 4-8 Cu 次轴方向理论变异函数

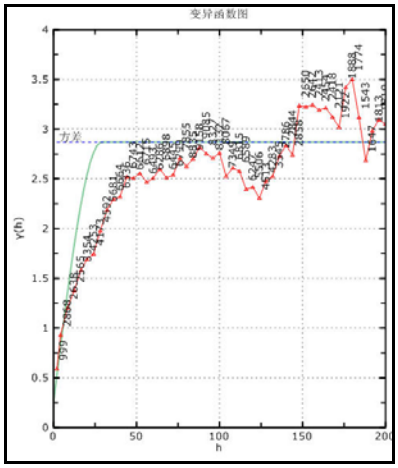
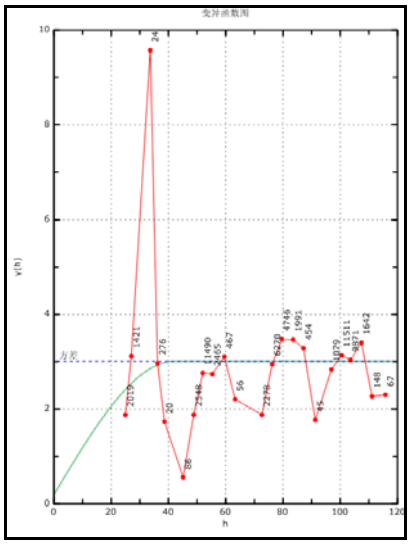
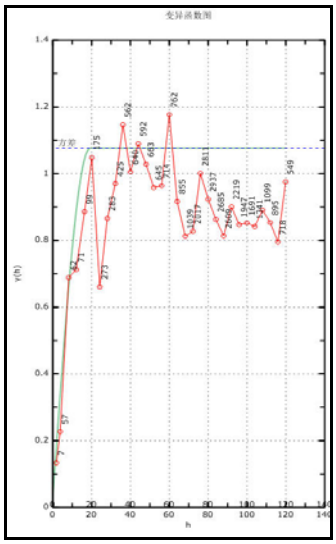


图 4-9 Cu 短轴方向理论变异函数





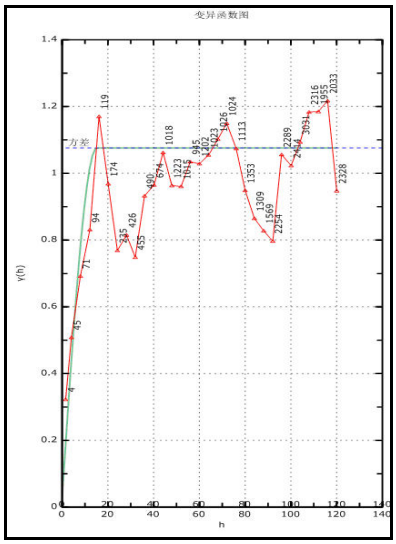


图 4-10 Au 主轴方向理论变异函数　图 4-11 Au 次轴方向理论变异函数　图 4-12 Au 短轴方向理论变异函数

4.3 交叉验证

理论变异函数参数取值的正误对品位估值结果的准确性具有非常大的影响。进行交叉验证的目的就是对理论变异函数参数的取值进行检验，判断应用这些参数进行品位估值时的估值效果。

在“地质统计”窗口下单击“交叉验证”图标，弹出的对话框参数设置如图 4-13，其中“自动参数”选择保存的 Cu 的理论变异函数文件，“确定”后生成 Cu 的交叉验证文件，如图 4-14。同样的改变“变量”为 Au，“自动参数”选择保存的 Au 的理论变异函数文件，“确定”后生成 Au 的交叉验证文件，如图 4-15。

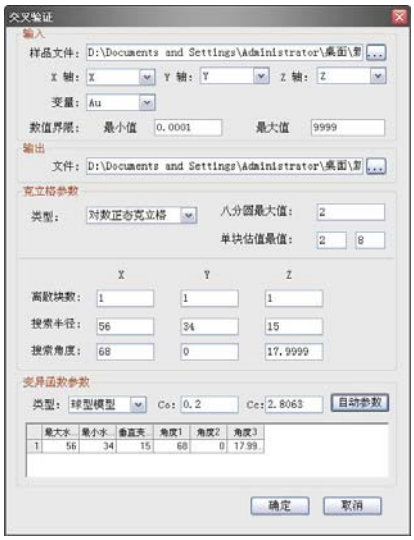


图 4-13 交叉验证对话框

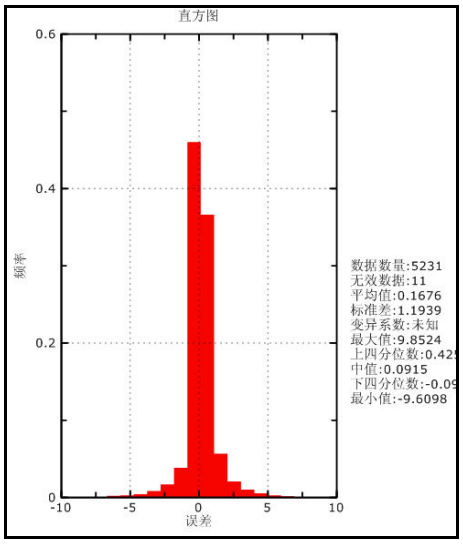


图 4-14　Cu 的交叉验证结果

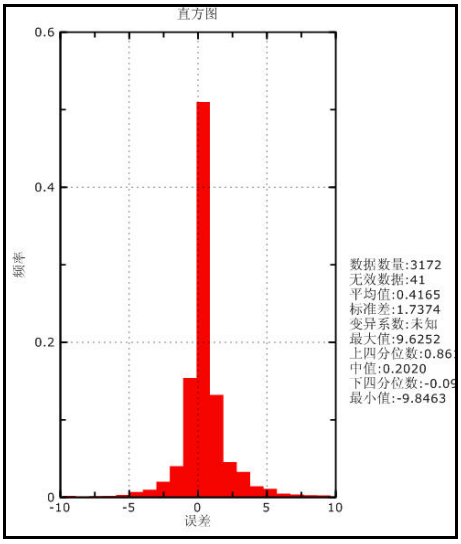


图 4-15 Au 的交叉验证结果

采用上述计算得到的理论变异函数参数进行交叉验证的结果是符合前面所提的判断理论变异函数参数效果的 3 个准则的，因此，前面得到的理论变异函数参数是准确的，其值可以用于金铜矿元素品位推估及后续的储量计算。

5 地质实体模型构建

三维实体模型是由一系列相邻三角面，包裹成内外不透气的实体，是建立在矢量化图纸的基础上的。

打开中段图和剖面图，在数据管理窗口打开文件的层，隐藏所需构建矿体以外的层，以矿体 59、矿体 60、矿体 61 为例，只显示所有中段的这三个层，如图 5-1。

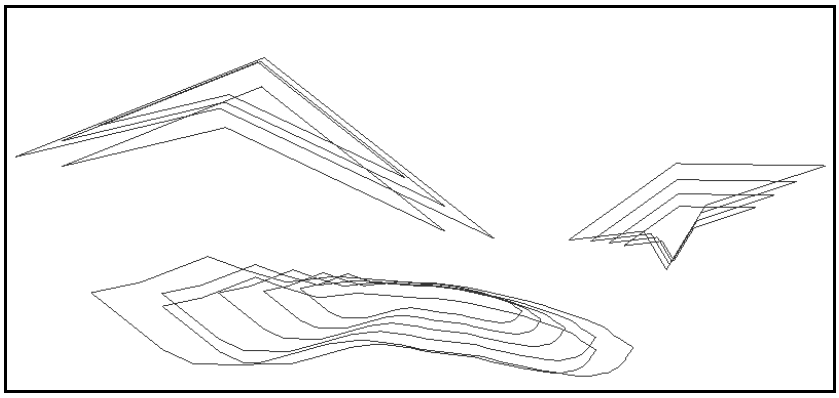


图 5-1 显示选中层

执行“三维编辑”的“连接线框生成实体”命令，具体操作见《操作手册》6.2.1 节，将中段连接成面，如图 5-3。

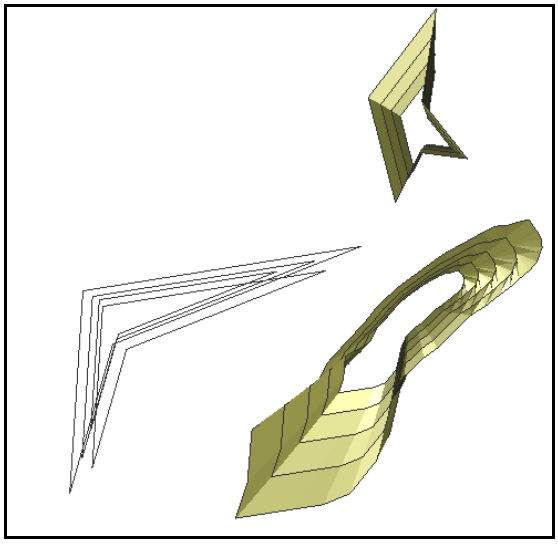


图 5-2 连接剖面

连接成面后需要将两端矿体推估，执行“实用工具”的“复制（剪切）”命令，垂直距离为中段距离的 1/3，设为-3，如果是剖面连实体则是勘探线距离 1/3。调整大小为 30%。

单击两端线框，鼠标右键菜单“封闭为面”，封闭两端为面，如图 5-3。执行“三维编辑”的“合并实体”，将面合并为体，对合并后的实体进行“实体有效性检测”。

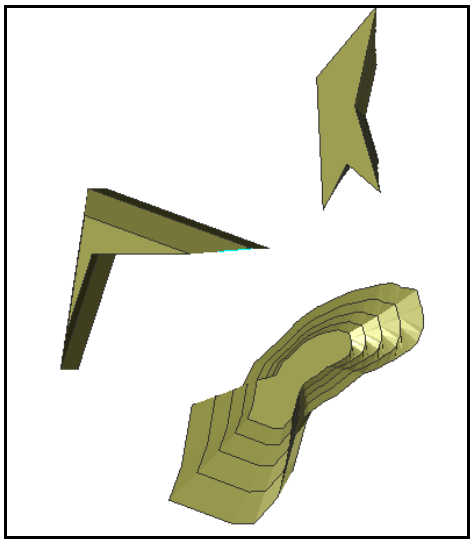


图 5-3 封闭为面

根据检验是否有交叉三角形的结果，对矿体进行修改，直到没有错误。最终生成的全矿矿体如图 5-4 所示。

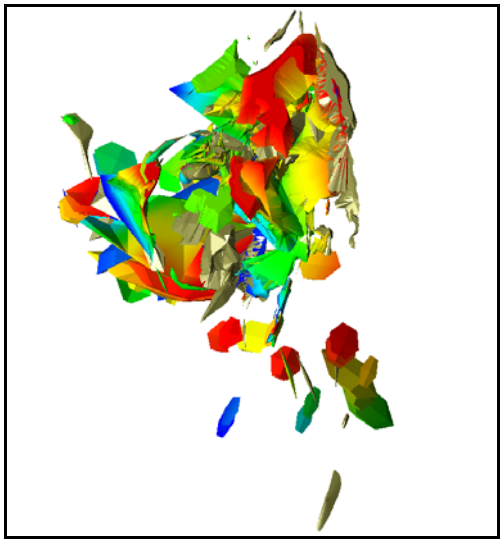


图 5-4 矿体模型

地质模型还包括地表模型，地表模型一般由若干地形线和散点生成，在 DIMINE 中，系统根据每个点的坐标值，将所有点（线亦由散点组成）联成若干相邻的三角面，然后形成一个随着地面起伏变化的单层模型，因此需要首先用 AutoCAD 矢量化地形等高线图，然后导入 DIMINE 软件中，再用创建 DTM 指令生成地表模型。

打开导入的等高线和散点文件，执行“创建 DTM 模型”指令。生成的 DTM 模型如图 5-5。

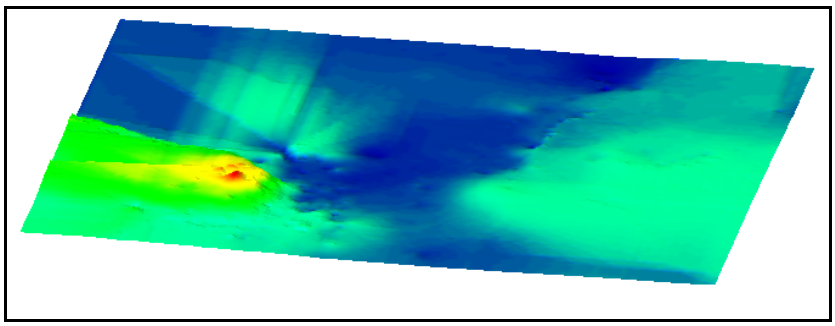


图 5-5 DTM 模型

6 块段模型构建

块段模型是矿床品位推估及储量计算的基础，建立块段模型的基本思想是将矿床在三维空间内按照一定的尺寸划分为众多的单元块，然后对填满整个矿床范围内的单元块的品位根据已知的样品进行推估，并在此基础上进行储量的计算。

首先针对矿床的基本模型建立空白模型，后续产生的所有块段模型都是在原型的基础上进行赋属性值。在“地质统计”窗口下点击“创建块段模型”，添加矿体文件，自定义块段大小为 10m×10m×10m，创建的空块段模型如图 6-1。



图 6-1 空块段模型

块段建模的一个更重要的目的是对矿床的品位进行推估，以实现矿床储量的计算及管理。DIMINE 提供了“距离幂次反比法”和“克里格法”两种估值方法。在“地质统计”窗口下点击“距离幂反比法”图标，设置参数为数值界限：最小值 0.0001，最大值 9999，搜索半径：100，搜索角度 0 度，同样在“地质统计”窗口下点击“克里格估值”图标，应用克里格方法进行估值，通过扩大搜索半径最终将所有块段估值。估值后的模型在“三维设计”窗口打开，使用“三维配色”命令根据块段模型的 Cu 和 Au 字段配色，可以直观的看到块段的品位分布，如图 6-2、图 6-3、图 6-4、图 6-5。

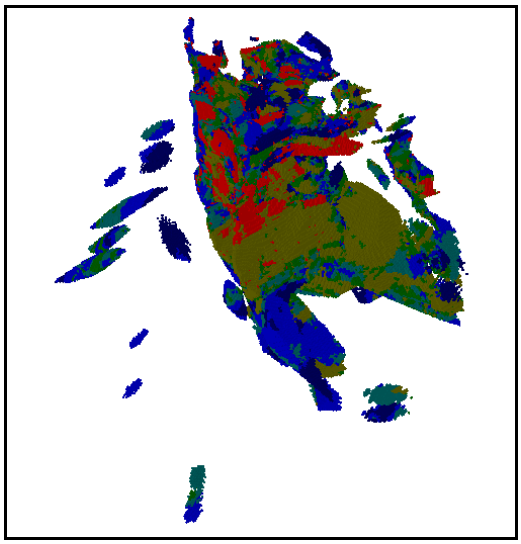


图 6-2 Cu 克里格估值

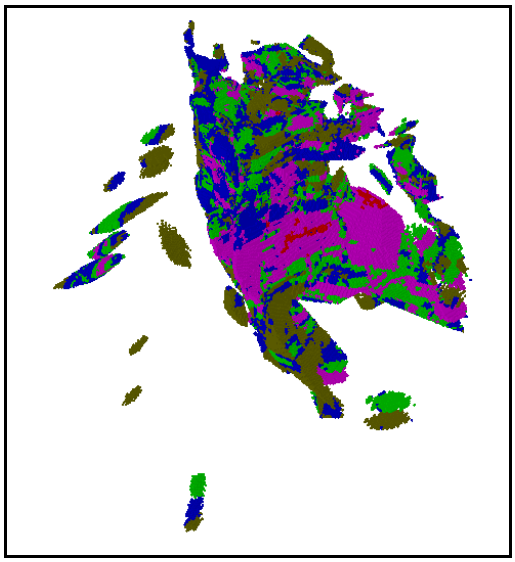


图 6-3 Cu 距离幂估值

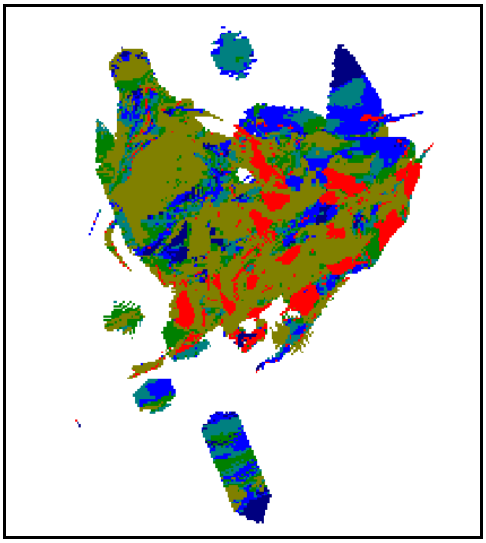


图 6-4 Au 克里格估值

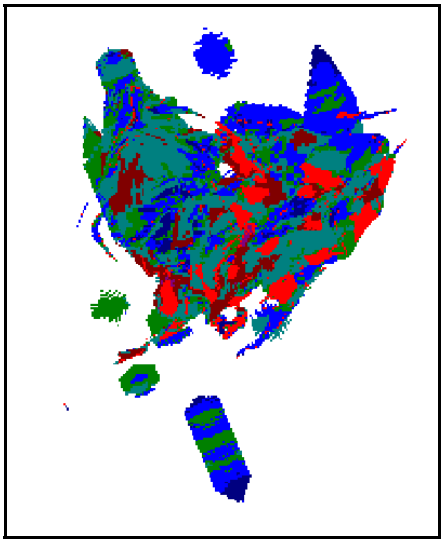


图 6-5 Au 距离幂估值

7 井巷工程实体模型构建

建立井下工程实体模型，主要使用的中线有两类：一类是井筒，包括：竖井、风井、天溜井、人行回风井、人材井等等，这类井建立模型中主要使用的是井筒的中心线；另一类是巷道，包括：斜井、中段运输巷、石门、联络道等等，这类工程实体在模型创建中主要使用的是底板中心线。实际上这两类设计工程线框实体模型最主要的区别就是中心线位置的不同。

在创建设计工程实体中，无论是什么类型的实体线框模型，它创建只需要满足和准备好以下两个条件就可以很轻松的进行工程线框实体模型的创建，这两个条件是：

1）设计工程实体模型中心线位置（满足空间位置）；

2）设计工程实体的断面形状和规格。

基础数据的收集和处理是一项日常性工作，为了更好地利用矿山已有的各种信息，把已有的工程都反映到开拓系统中，为下一步的设计、施工提供便利，避免重复建设，须把矿山中的已有的开拓、运输及穿脉等生产数据转化成 CAD 格式，以便转换到三维可视化的系统中。

将各类中段平面图导入到 DIMINE 软件系统，然后将需要的轮廓线留下，“隐藏”其它不需要的层，如图 7-1。

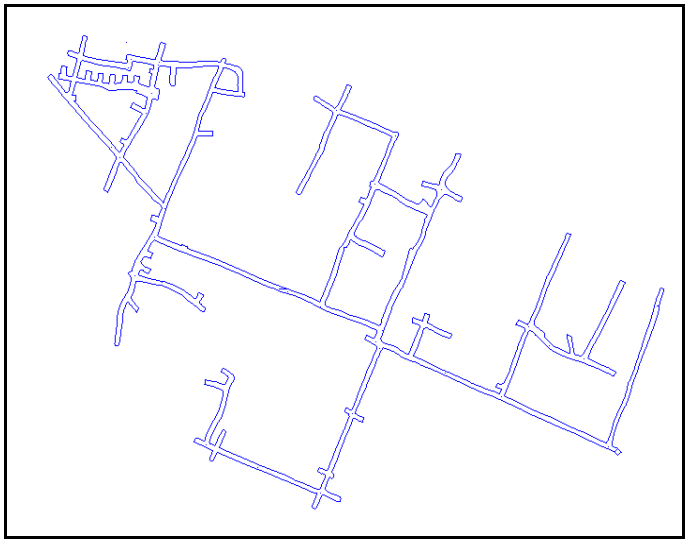


图 7-1 实测巷道轮廓线

生成巷道时指定中心线，则采用“井巷工程”的“生成连通巷道”，指定轮廓线，则采用“测量”的“双线巷道生成实体巷道”。这里使用“双线巷道生成实体巷道”功能，输入巷道高度 3m，生成的巷道实体如图 7-2。

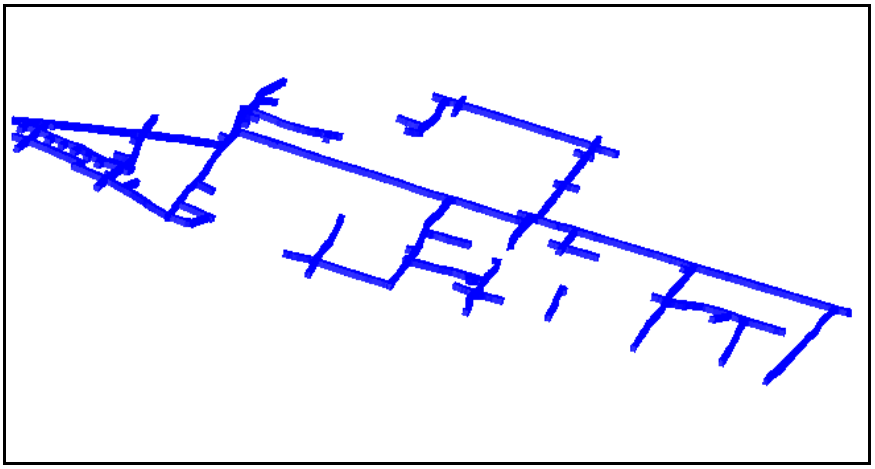


图 7-2 巷道实体

同样方法建立整个开拓系统，如图 7-3。

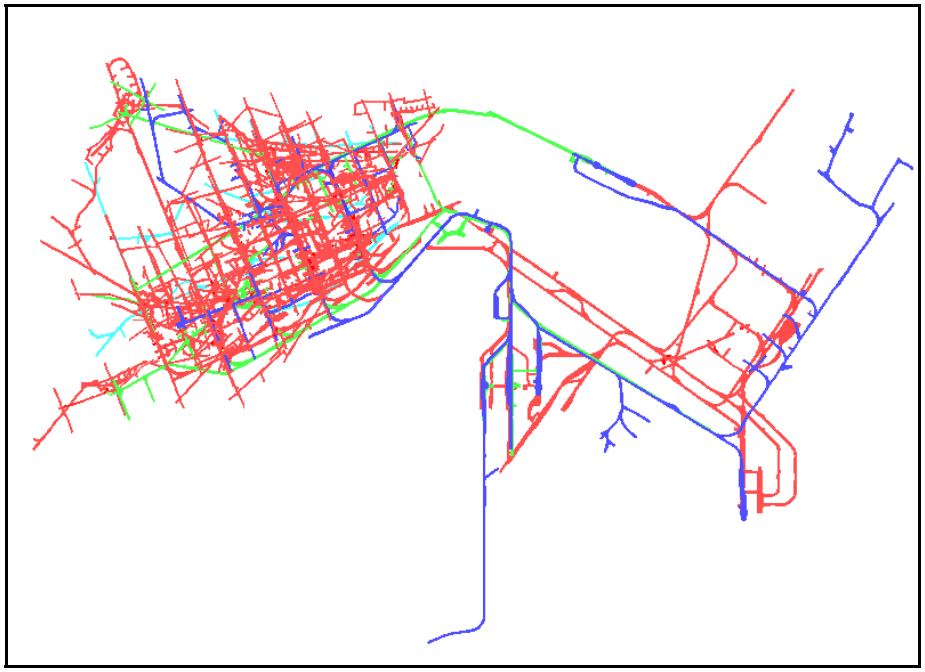


图 7-3 三维开拓系统线框实体平面图

同时，还需要建立空区模型。建立空区模型是为了掌握空区的基本形态、位置、体积以及与矿体和其他巷道工程的空间位置关系,也可为空区稳定性数值模拟计算研究奠定基础。空区的建模方法与矿体相似，根据矢量化后的中段图中的空区轮廓连成实体，总体分布如图 7-4。

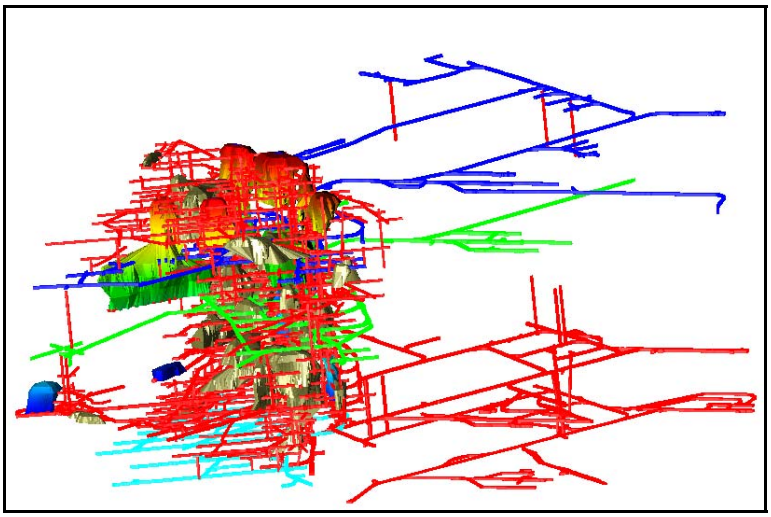


图 7-4 空区总体图

8 储量计算

估值后的模型可以按照不同的标准进行矿石量统计分析，计算出各个不同品位、标高的矿石量。计算模型内储量可以根据设置的高程和品位信息生成储量报告，并根据估值的半径不同进行储量分级。

在“三维设计”窗口下点击“计算模型内储量”图标，输出结果文件设为储量分析.csv。在三维设计窗口中选中实体后，单击右键选择“计算线框内储量”，和上述操作方法一样结合块段模型可以计算任意一个线框内的储量。储量计算结果如表 8-1 到表 8-4。

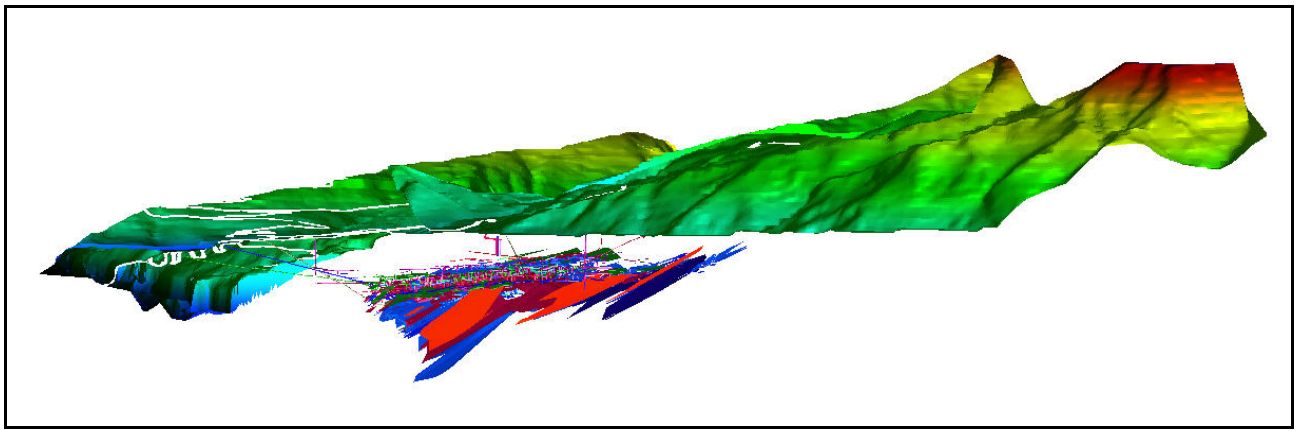
表 8-1 Cu 距离幂估值储量

起始高程	结束高程	起始品位	结束品位	估值距离	体积	矿量	金属量_Cu	平均品位_Cu
-400	-300	0.1	0.3	25	1750	4900	12.37916	0.252636
-400	-300	0.3	0.5	25	625	1750	7.431019	0.42463
-400	-300	0.5	1	25	2375	6650	52.35874	0.787349
-400	-300	1	10	25	22125	61950	1052.409	1.698804
-300	-200	0	0.1	25	5250	14700	9.09504	0.061871
-300	-200	0	0.1	50	375	1050	0.968647	0.092252
-300	-200	0.1	0.3	25	45625	127750	274.6251	0.214971
-300	-200	0.1	0.3	50	1375	3850	7.720601	0.200535
-300	-200	0.3	0.5	25	42750	119700	477.0143	0.398508
-300	-200	0.3	0.5	50	2250	6300	25.5653	0.405798
-300	-200	0.5	1	25	103625	290150	2155.068	0.742743
-300	-200	0.5	1	50	8375	23450	167.8855	0.71593
-300	-200	1	10	25	102250	286300	5318.971	1.857831
-300	-200	1	10	50	11500	32200	473.8604	1.471616

表 8-2 Au 克里格估值储量

起始高程	结束高程	起始品位	结束品位	估值距离	体积	矿量	金属量_Au	平均品位_Au
-400	-300	1	10	50	10625	29750	1543.402	5.187907
-400	-300	10	20	50	5875	16450	2417.19	14.69417
-400	-300	20	30	50	8250	23100	5607.357	24.27428
-300	-200	0	0.1	50	125	350	0.289841	0.082812
-300	-200	0.1	0.3	50	4000	11200	25.14372	0.224497
-300	-200	0.3	0.5	50	3875	10850	46.11778	0.425049
-300	-200	0.5	1	50	17125	47950	370.9732	0.773667
-300	-200	1	10	50	172000	481600	20423.58	4.240777
-300	-200	10	20	50	53625	150150	21207.8	14.12441
-300	-200	20	30	50	24750	69300	16677.57	24.06576

案例二(简单介绍)



本工程数据来自云南某铜矿。

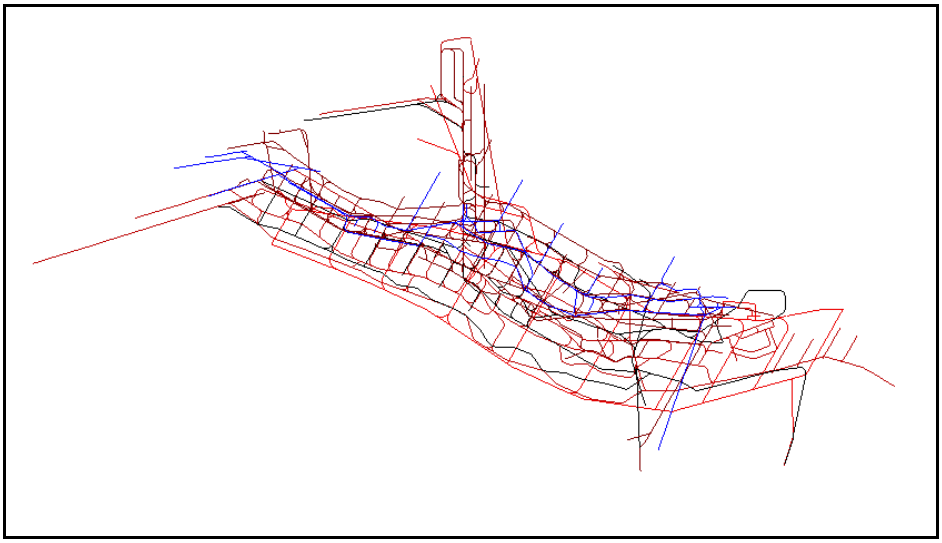


图 1 整理后的中段图

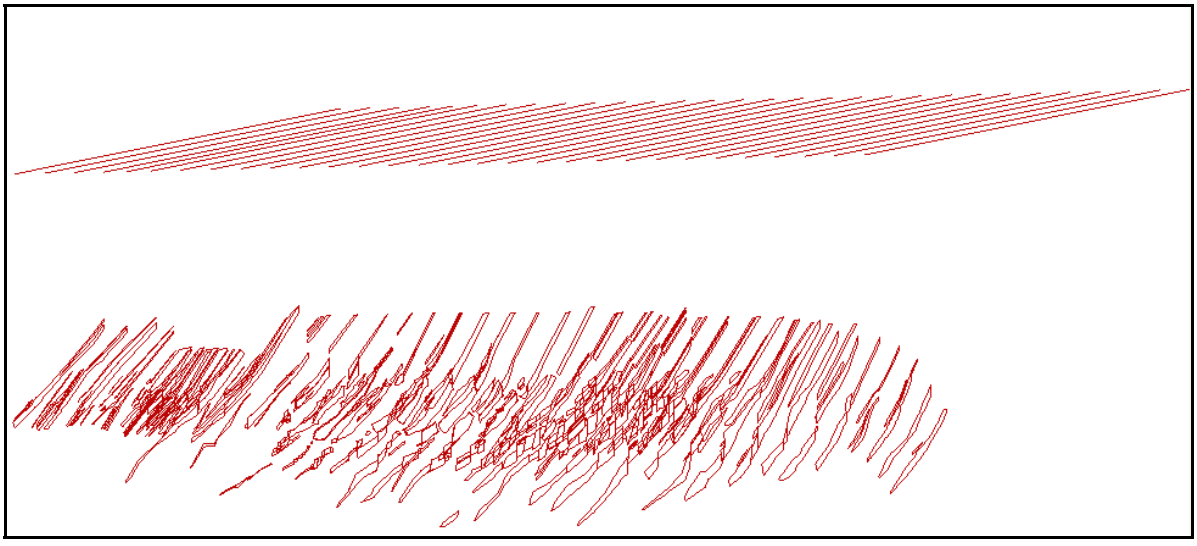


图 2 整理后的剖面图

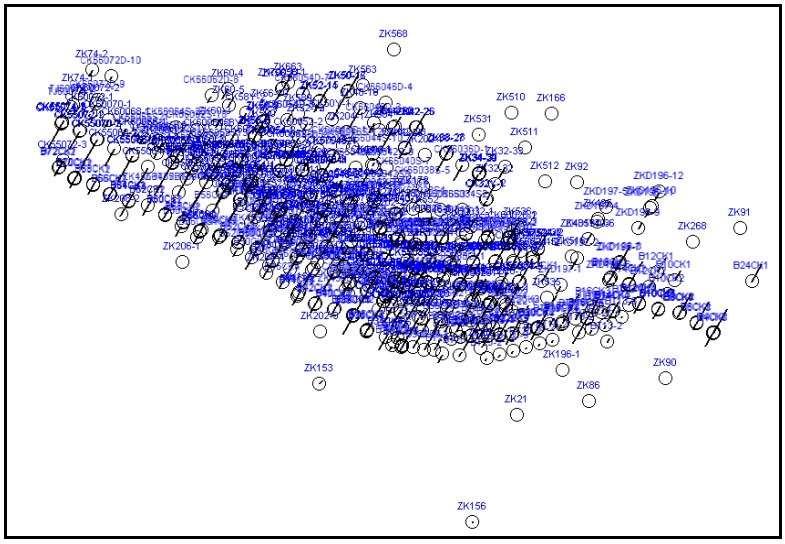


图 3 钻孔（俯视图）

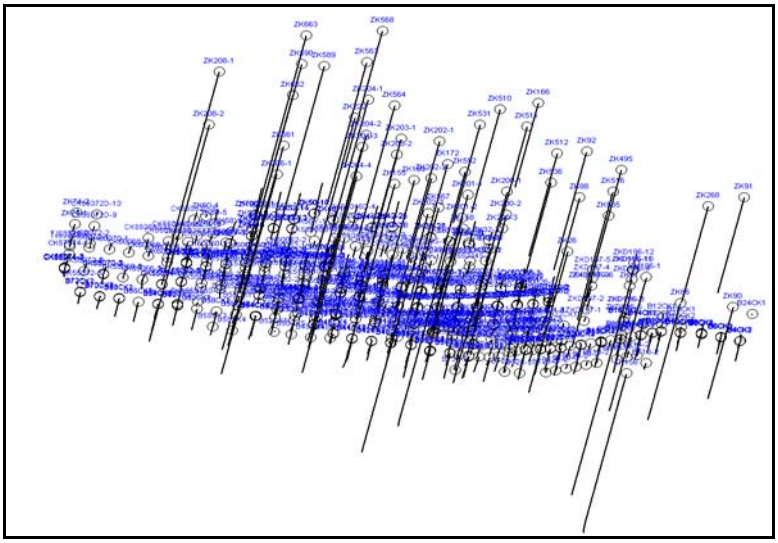


图 4 钻孔（侧视图）

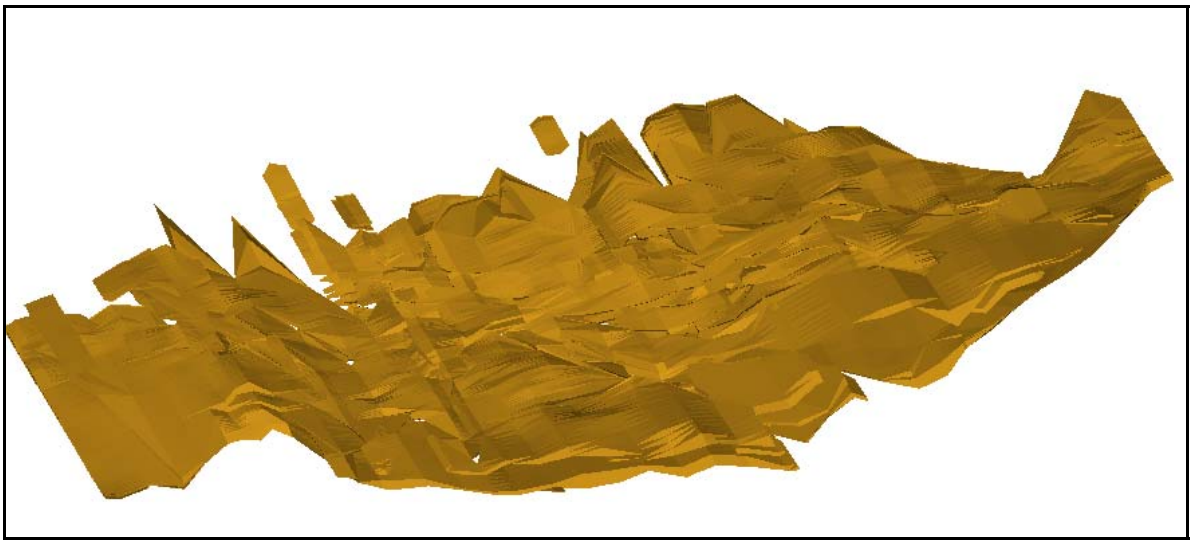


图 5 矿体模型

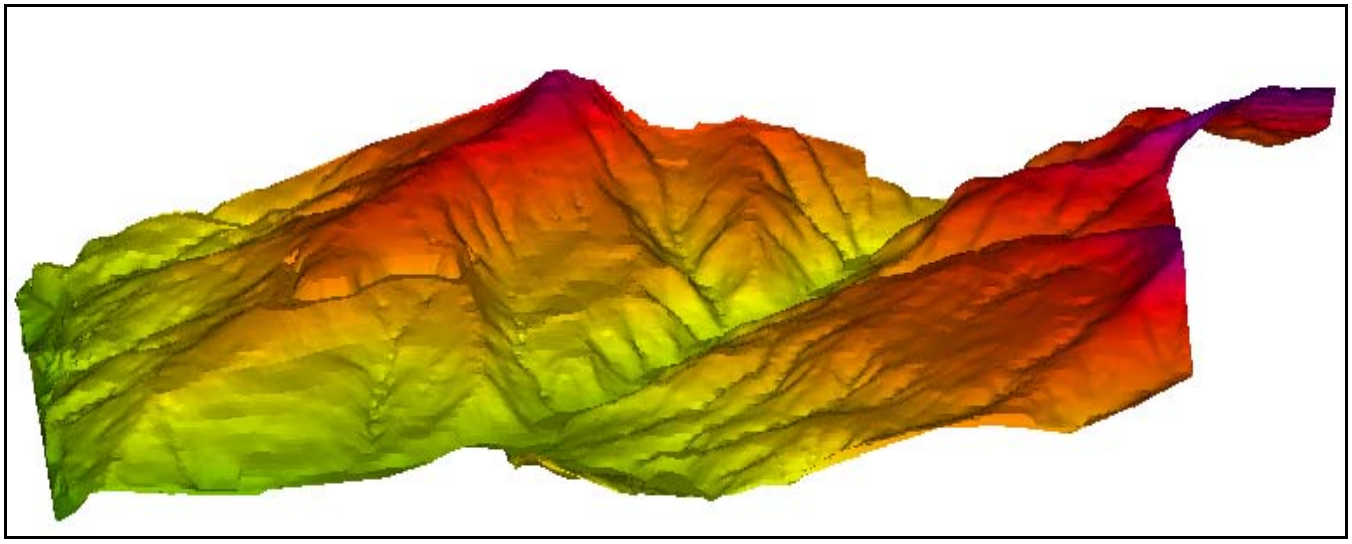


图 6 地表模型

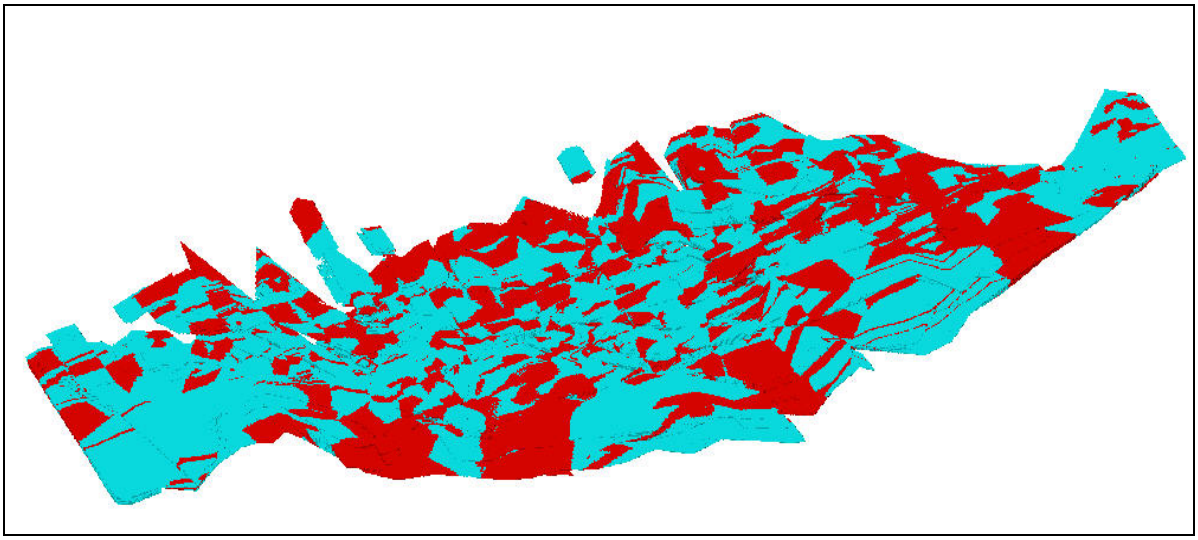


图 7　Cu 克里格估值图

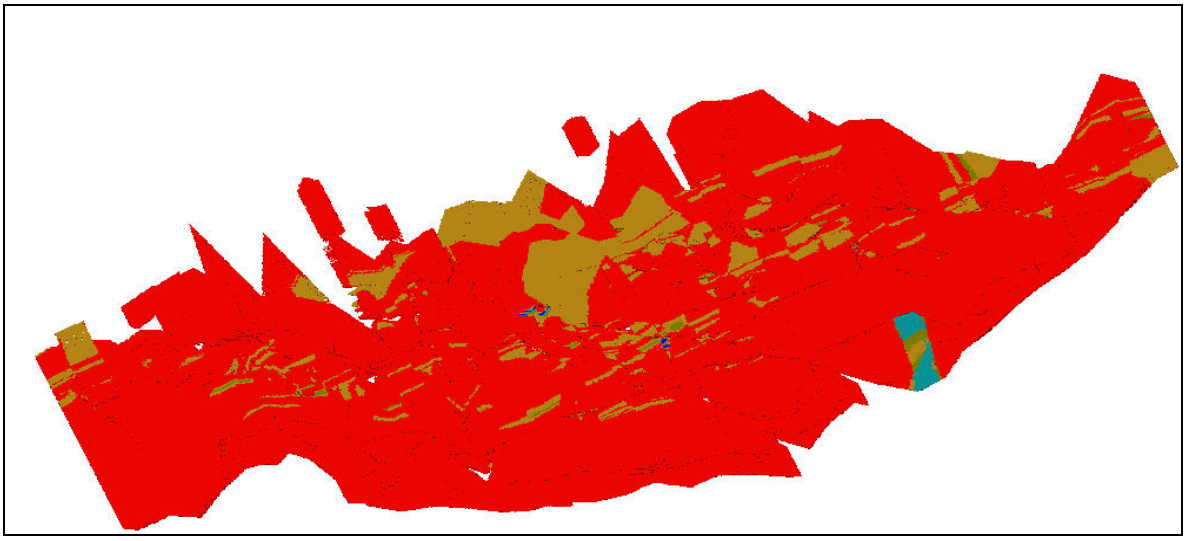


图 8　Au 克里格估值图

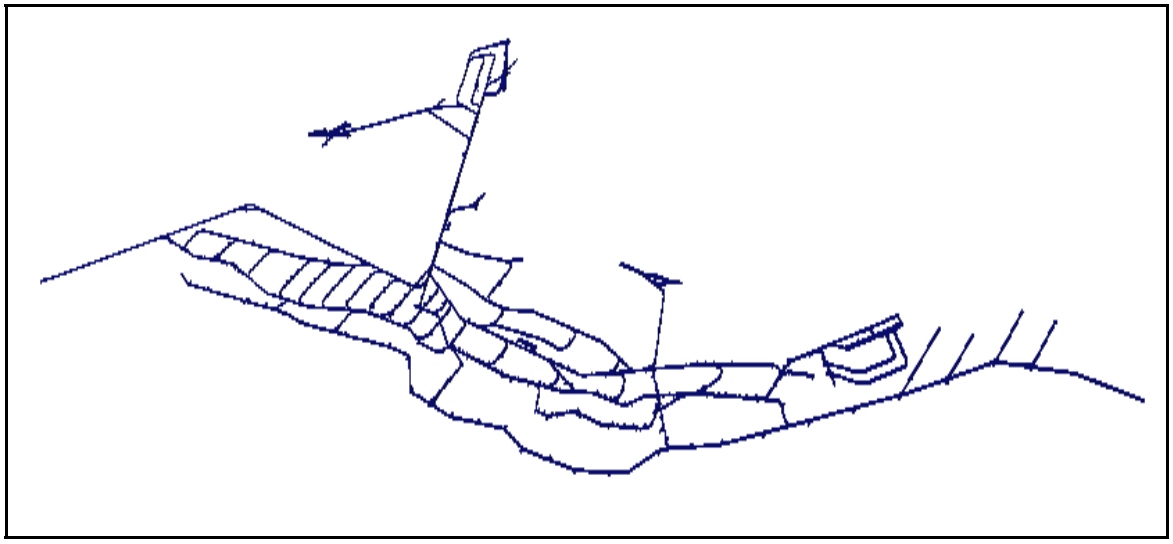


图 9 535 中段实测巷道实体

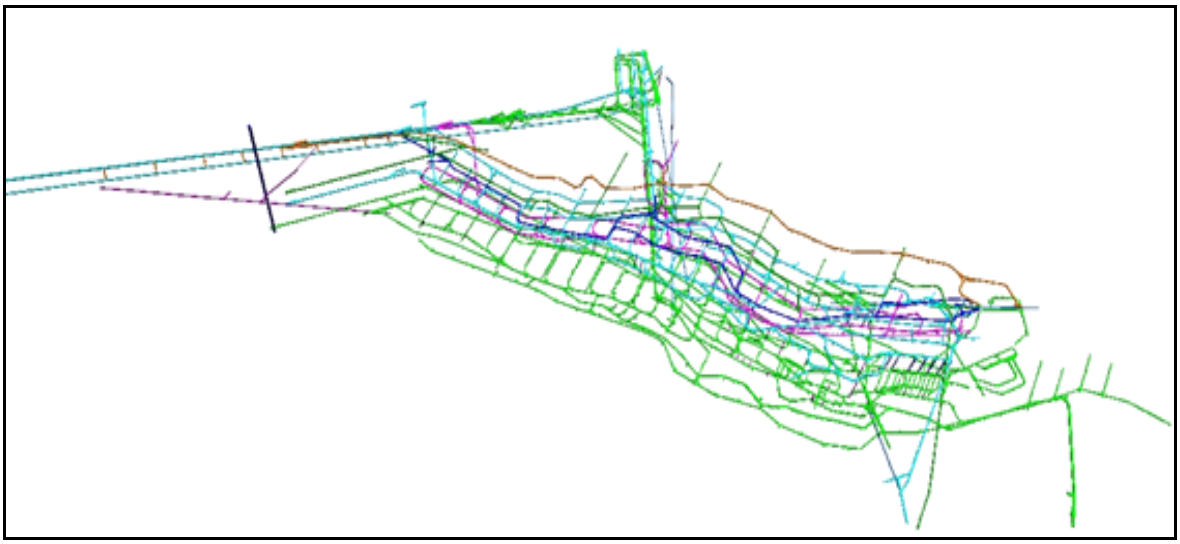


图 10 三维开拓系统线框实体平面图

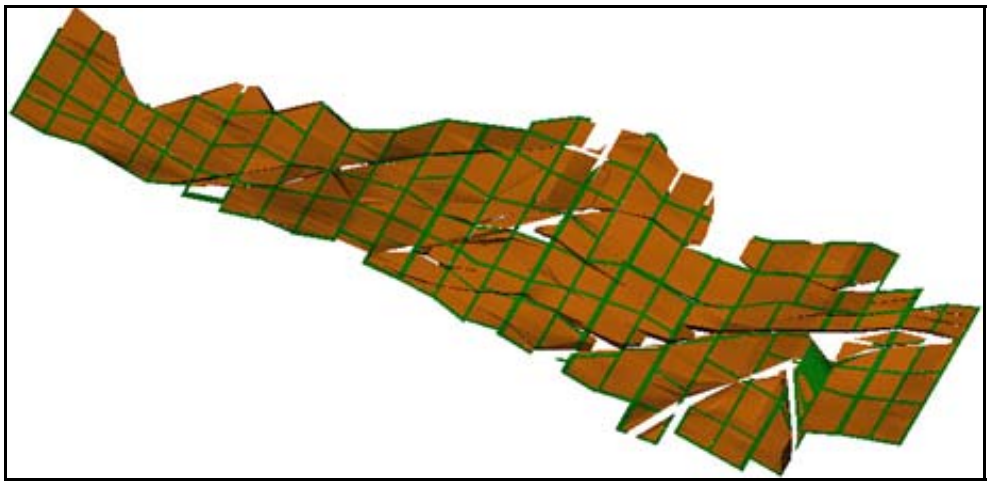


图 11 535m-600m 中段 I3 矿体盘区划分图

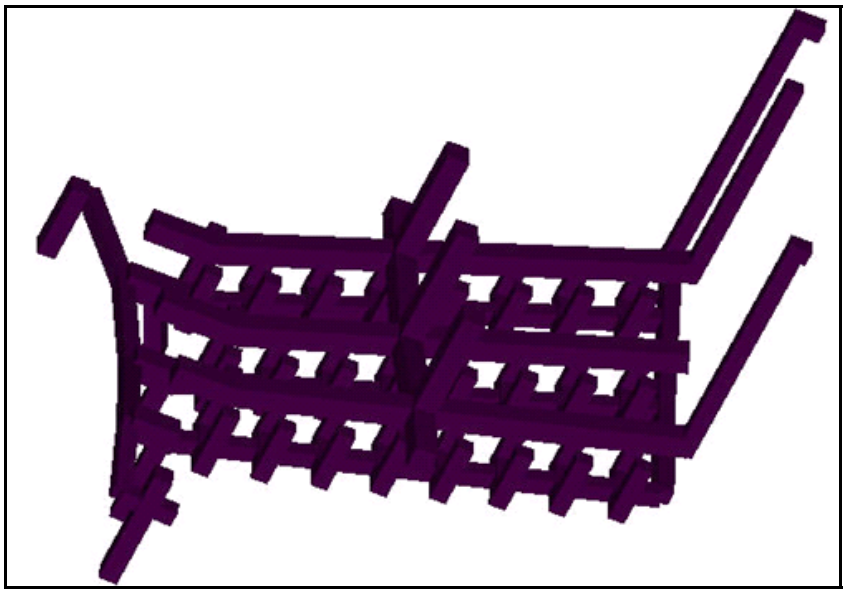


图 12 设计采切工程线框实体模型

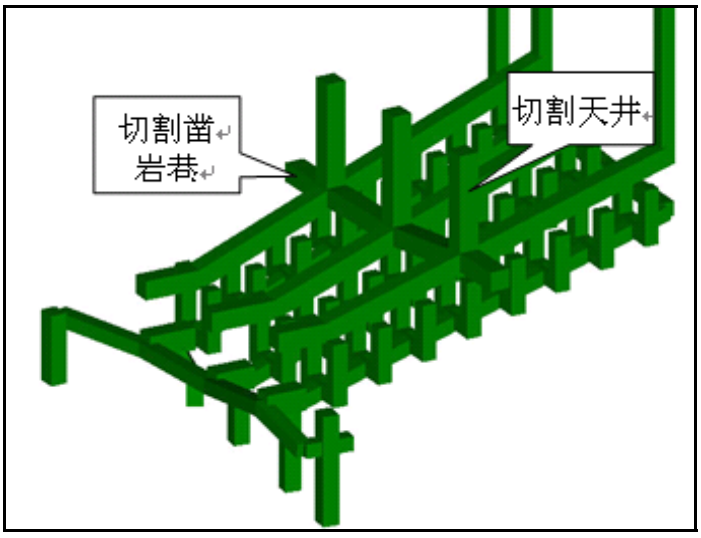


图 13 切割凿岩巷道和切割天井

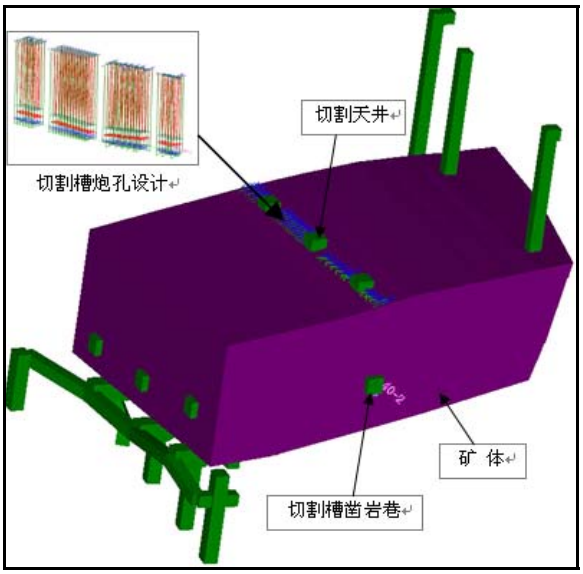
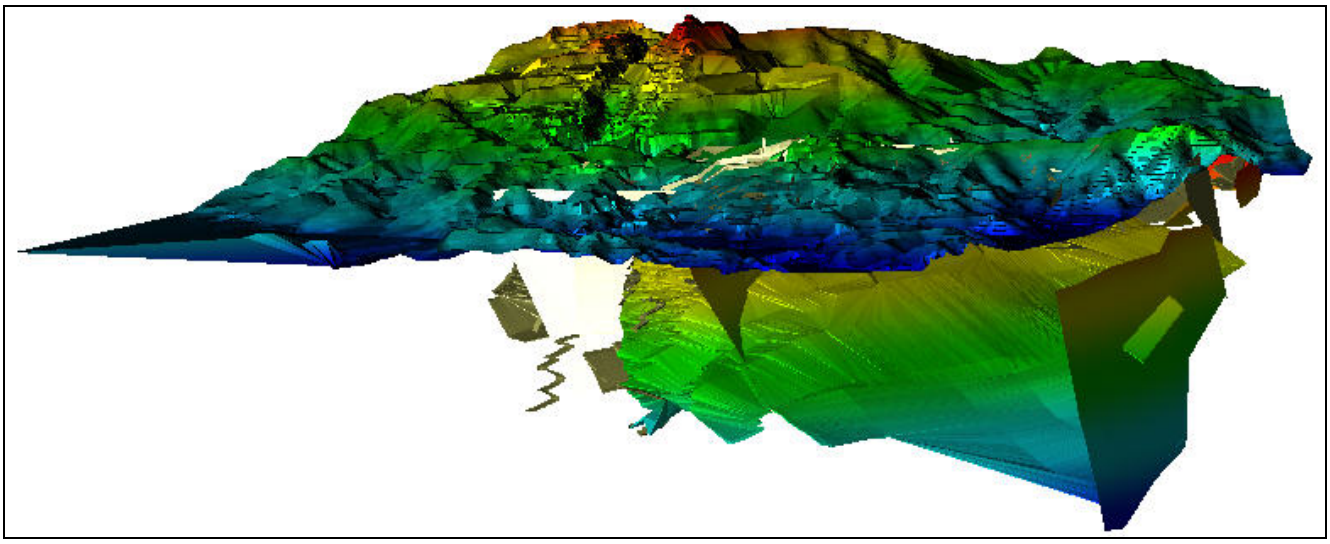


图 14 切割凿岩爆破设计复合

案例三(简单介绍)



本篇的工程数据来自江西某矿。

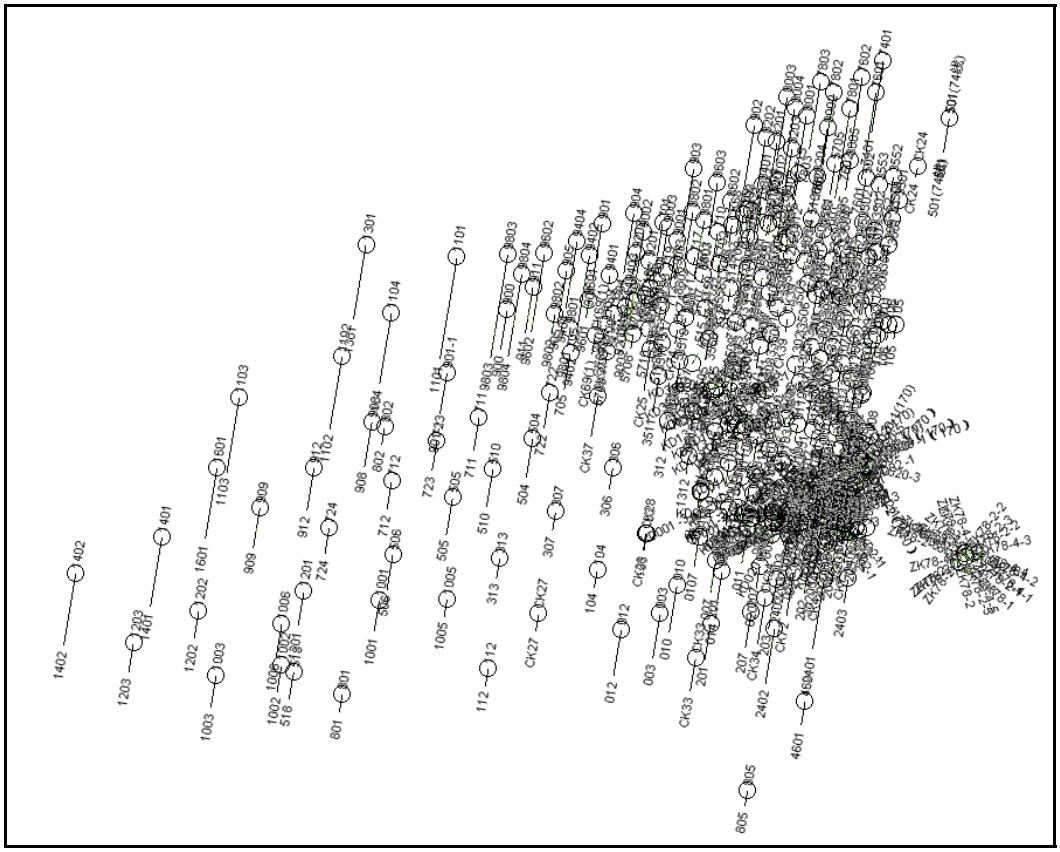


图 1 钻孔图（侧视）

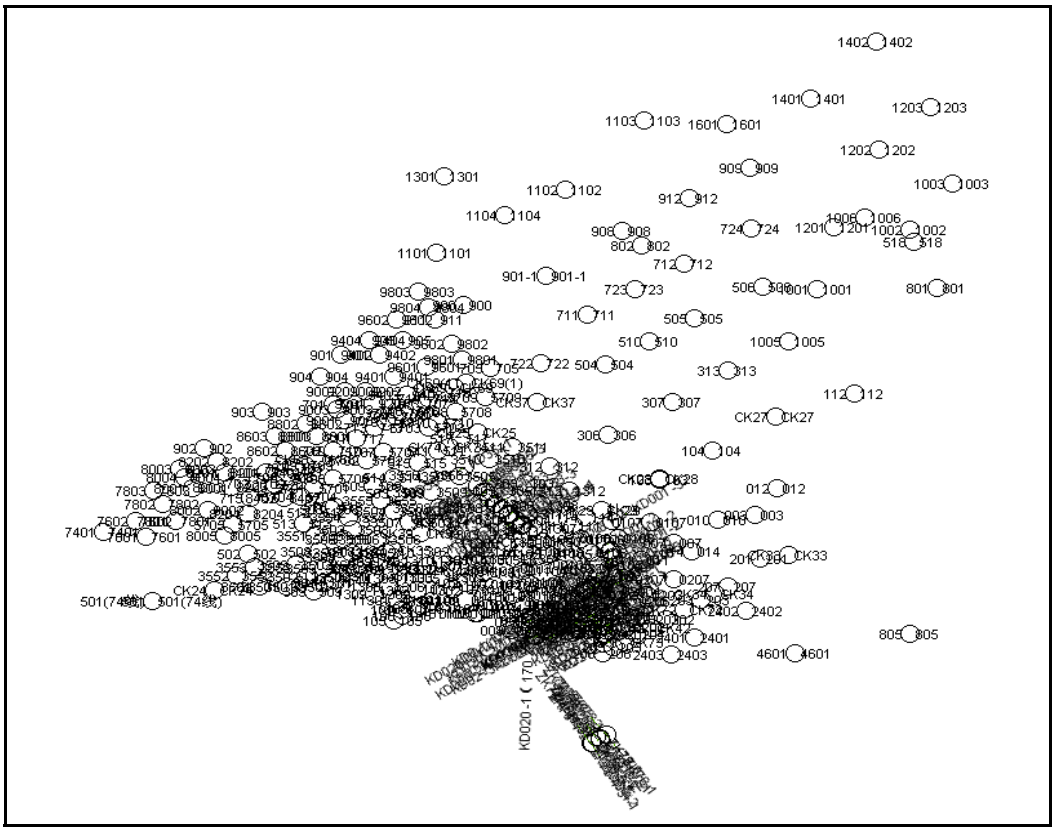


图 2 钻孔图（俯视图）

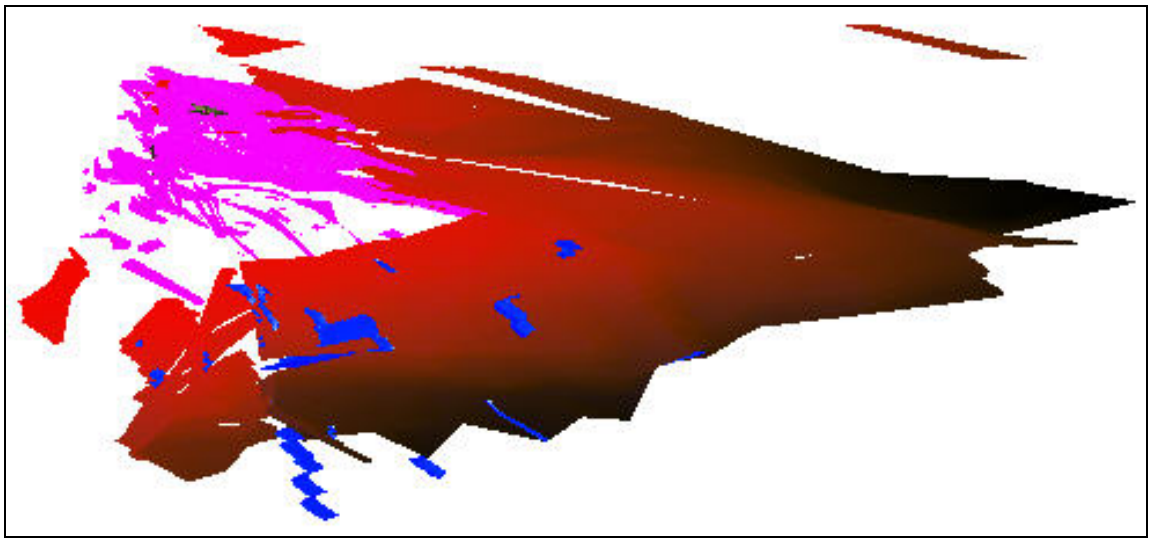


图 3 矿体模型

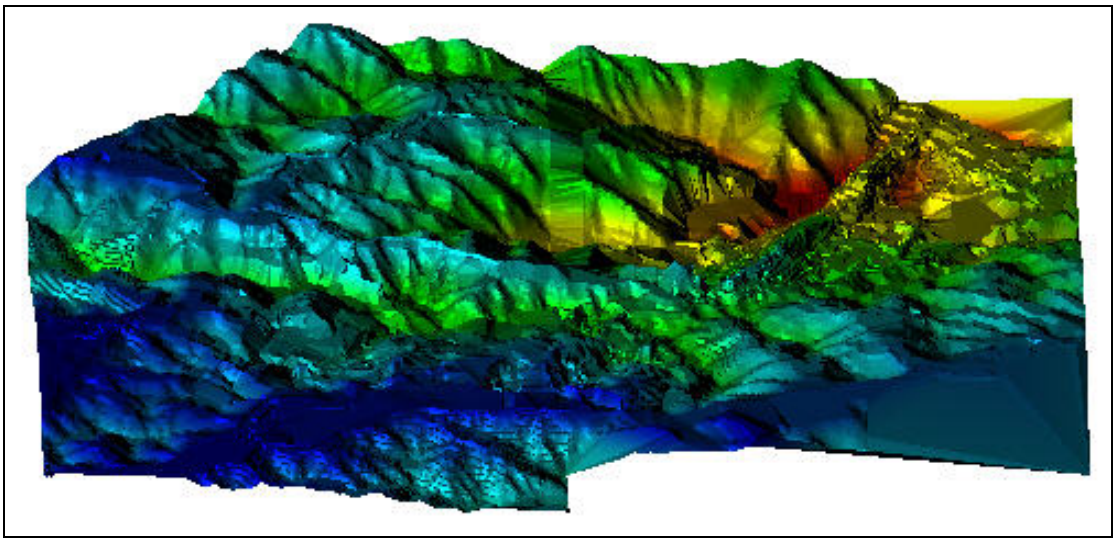


图 4 DTM 模型

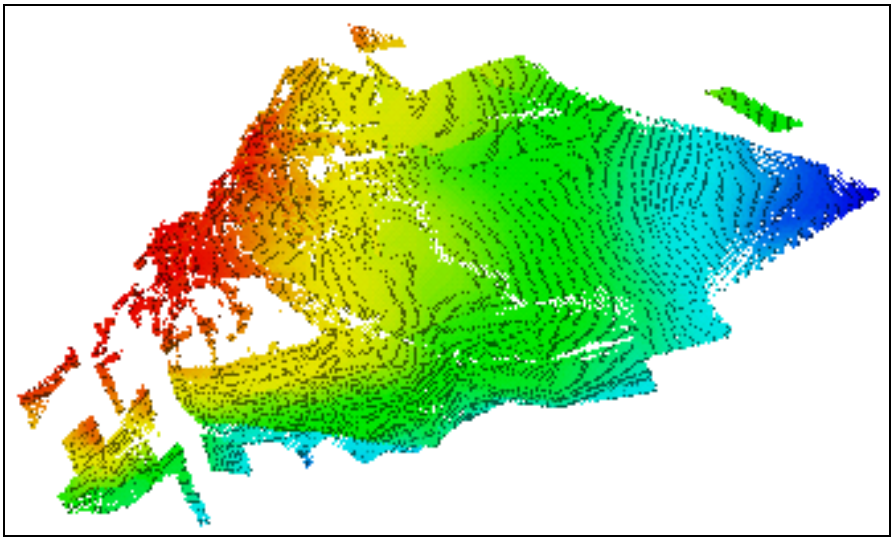


图 5 空块段模型

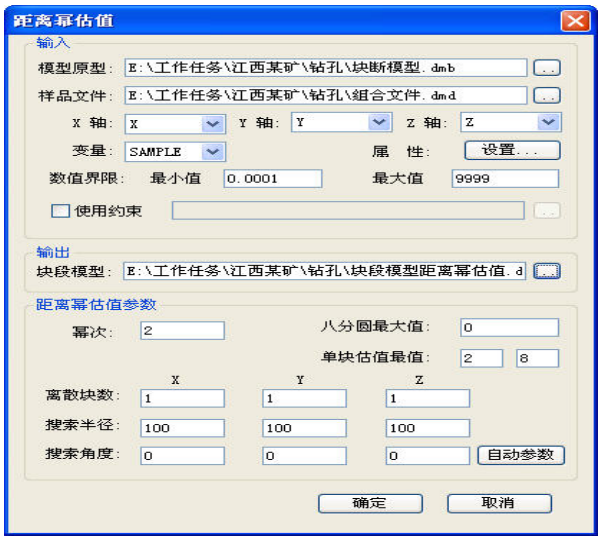


图 6 距离幂估值对话框

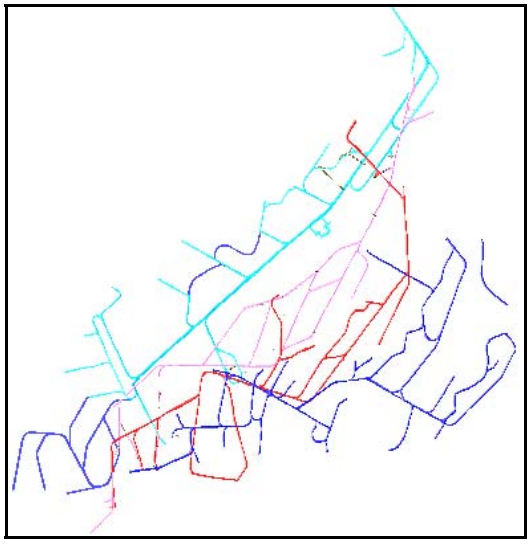
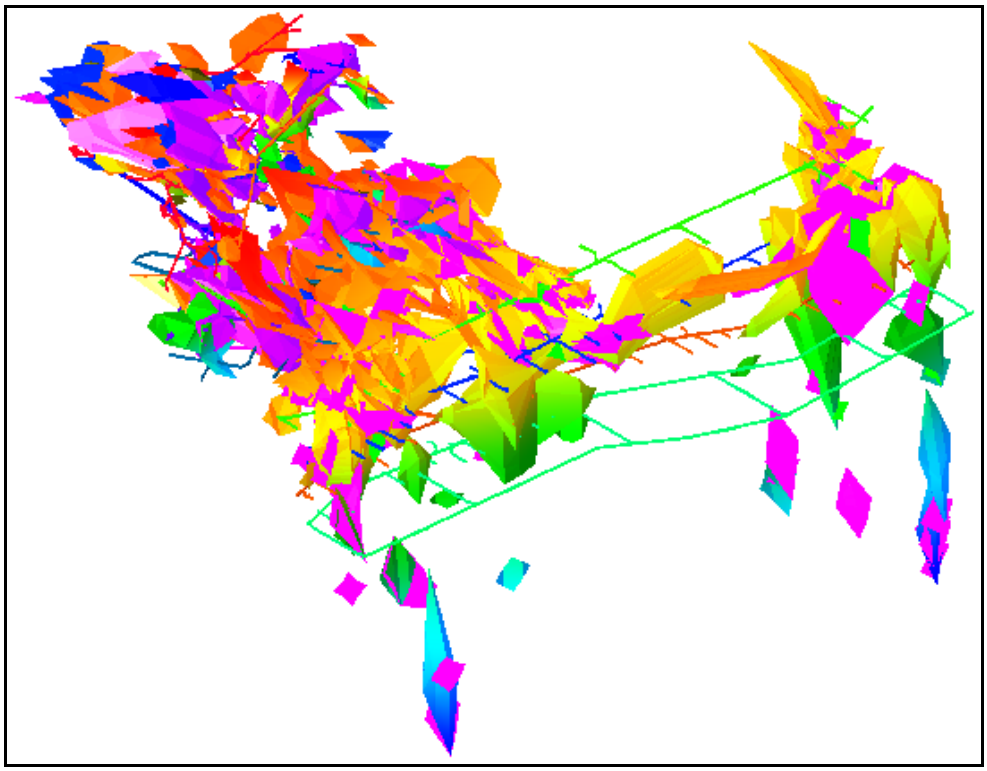


图 7 三维开拓系统线框实体平面图



图 8 空区总体图

案例四(简单介绍)



本篇的工程数据来自安徽某铜矿。

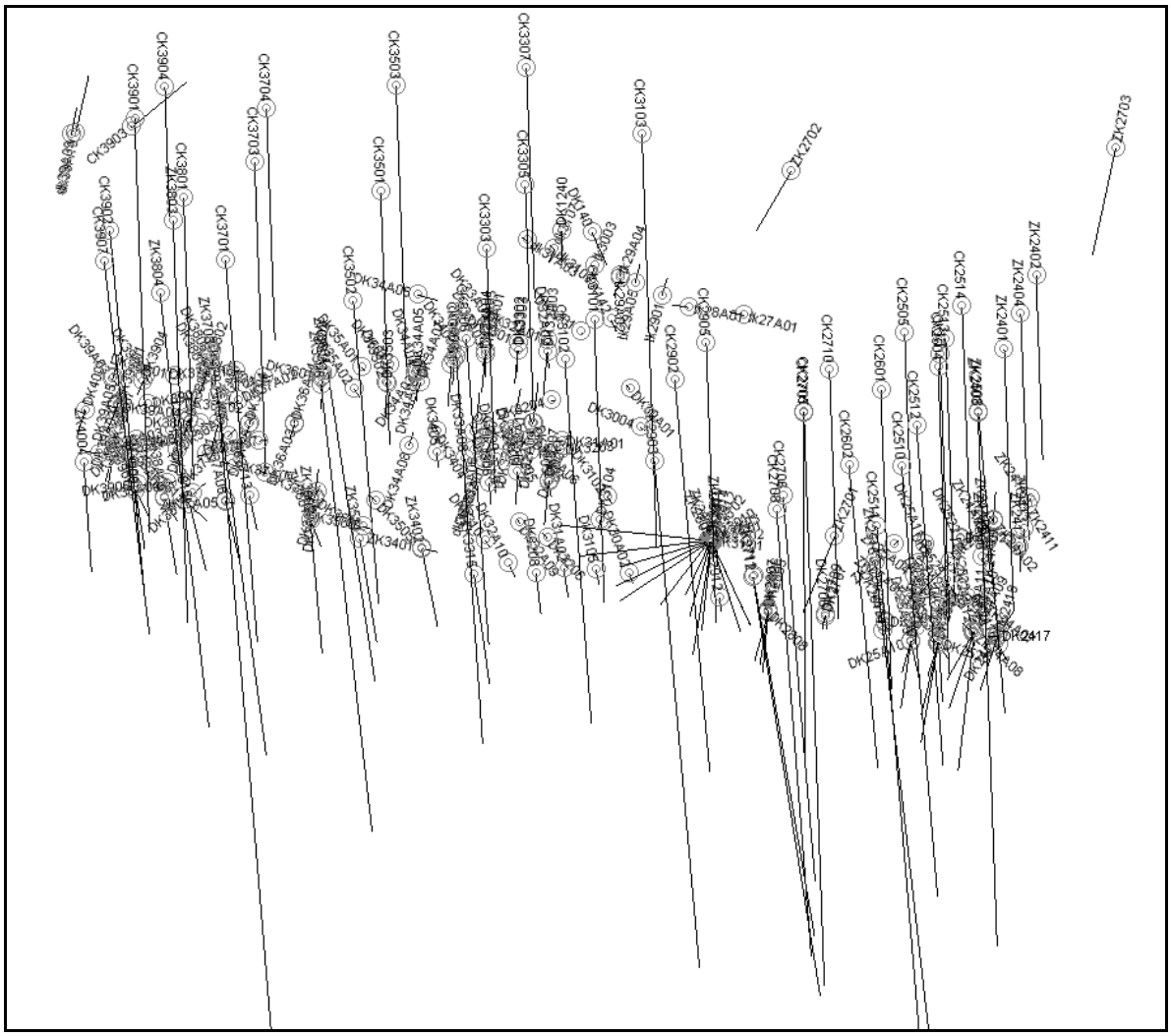


图 1 钻孔显示图

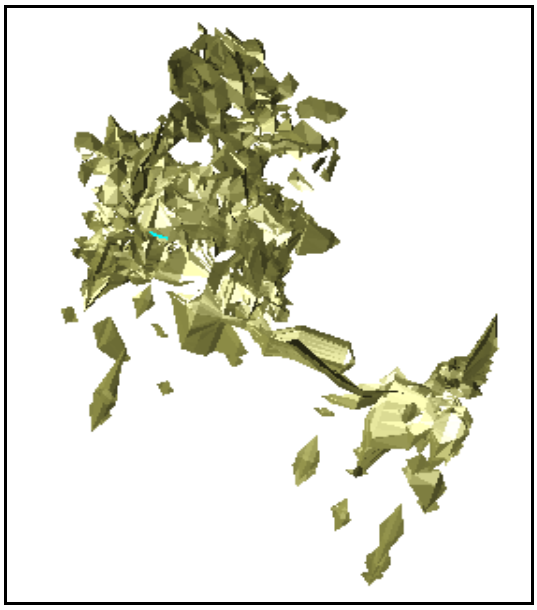


图 2 矿体模型

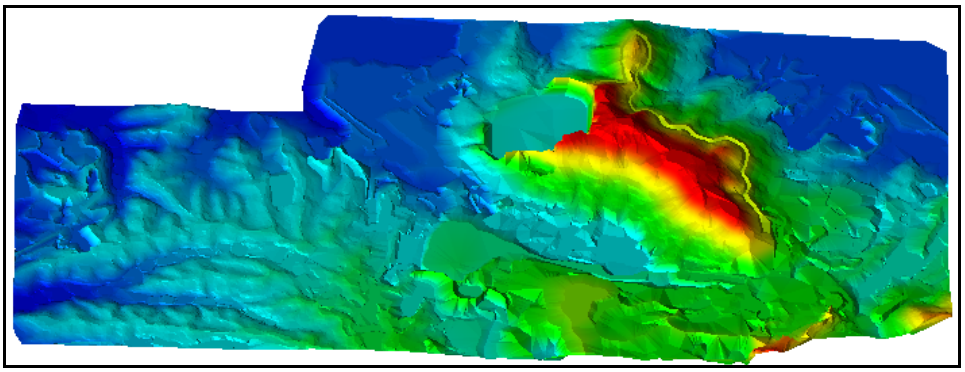


图 3 DTM 模型



图 4 空块段模型

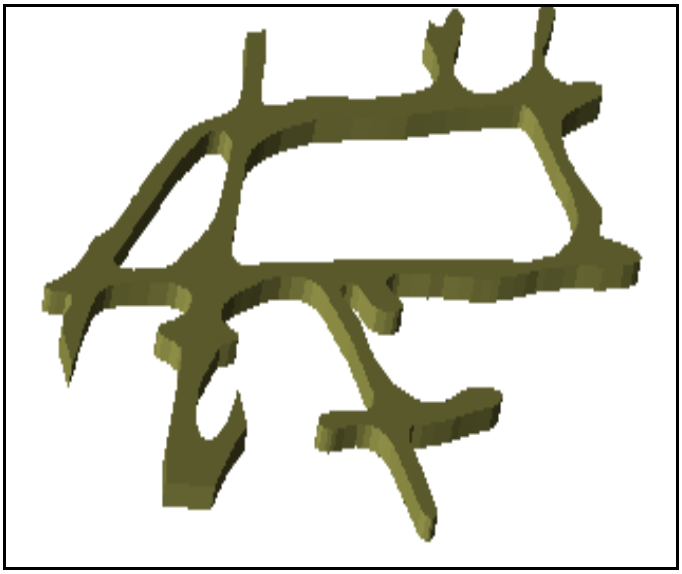


图 5 巷道实体

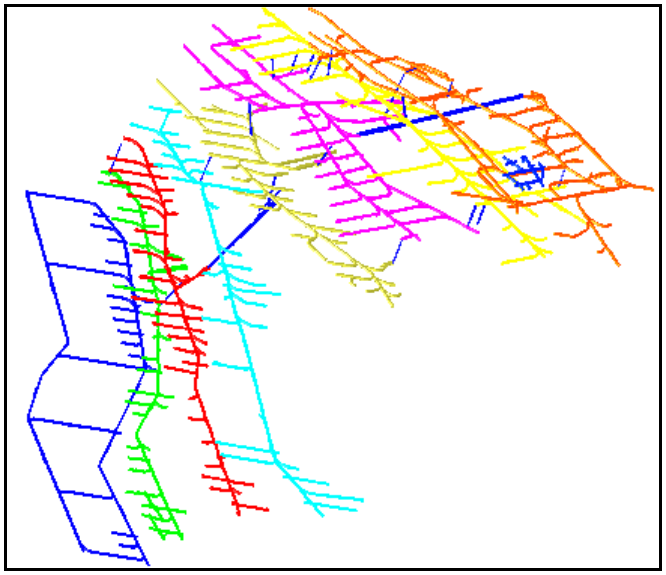
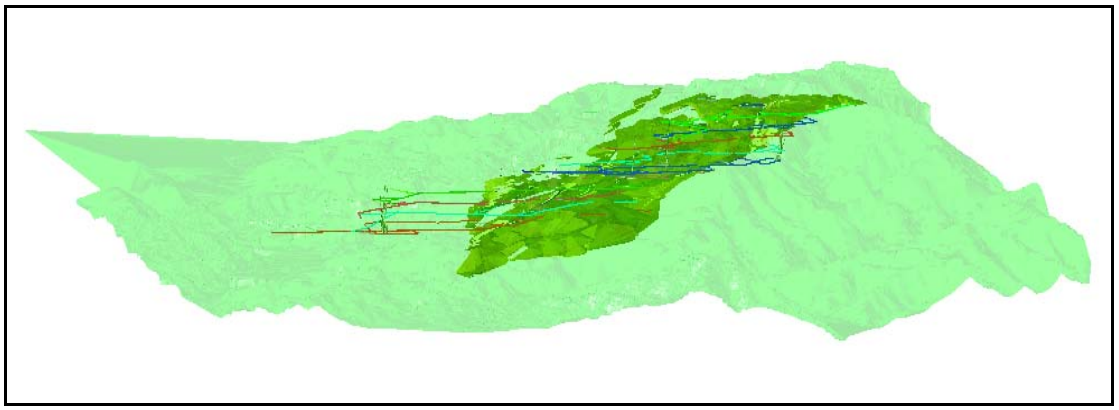


图 6 三维开拓系统线框实体平面图

案例五(简单介绍)



本篇的工程数据来自江西某铁矿。

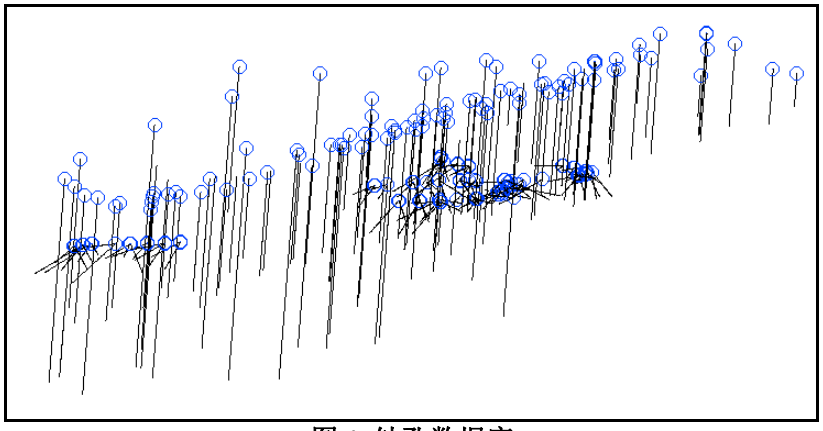


图 1 钻孔数据库

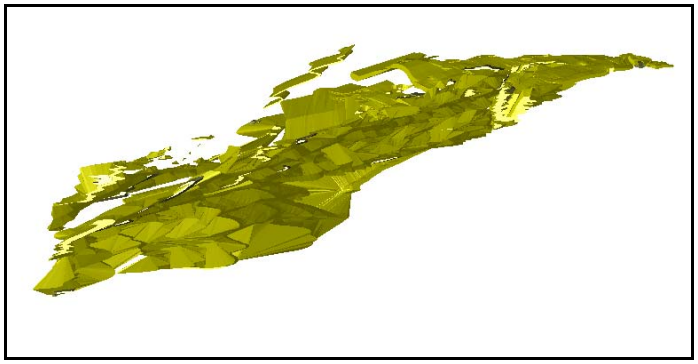


图 2 矿体模型

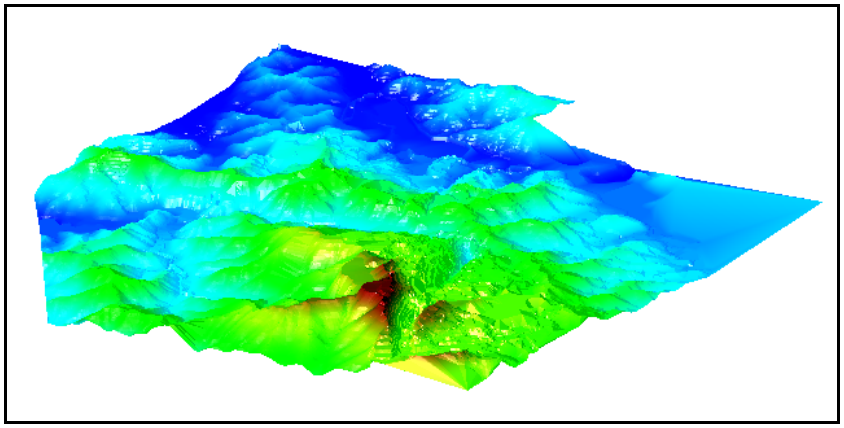


图 3 DTM 地表模型

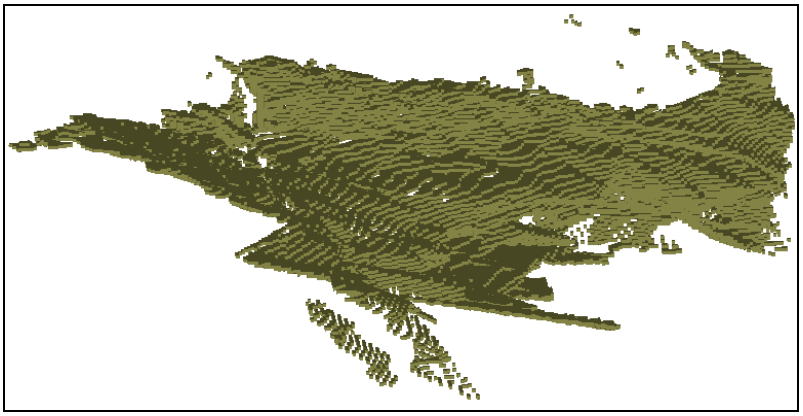


图 4　空块段模型

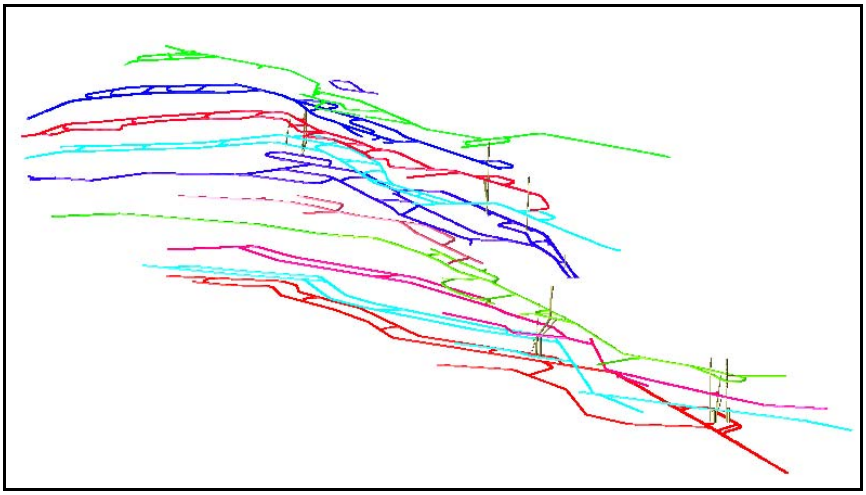
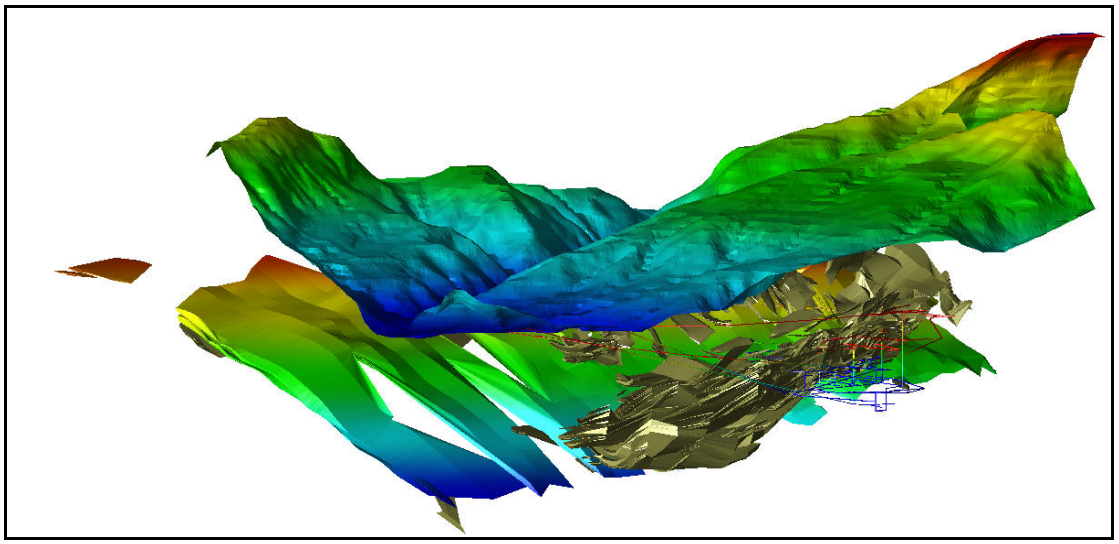


图 5　巷道实体



图 6 三维开拓系统线框实体平面图

案例六(简单介绍)



本篇的工程数据来自云南某铁矿。

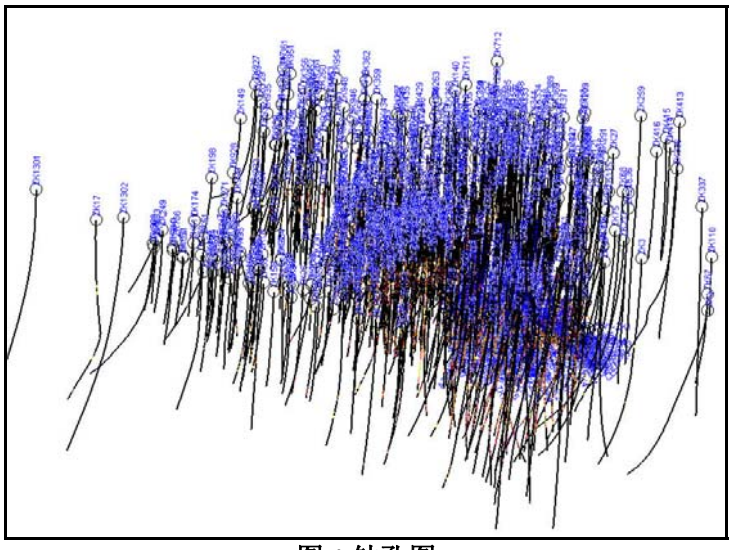


图 1 钻孔图

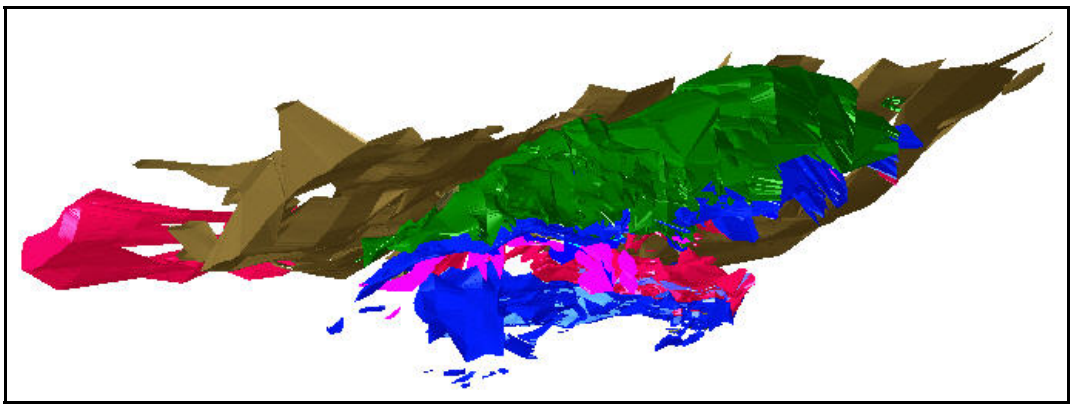


图 2 矿体模型

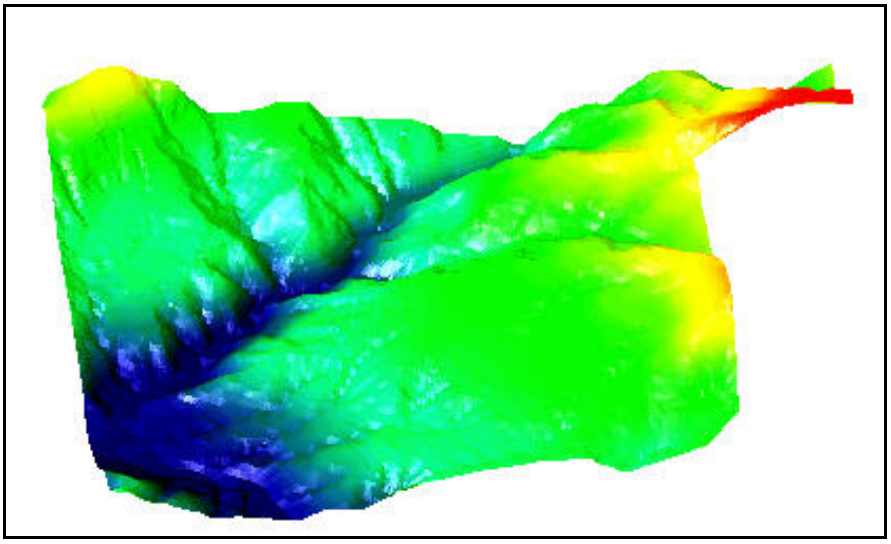


图 3 地表模型

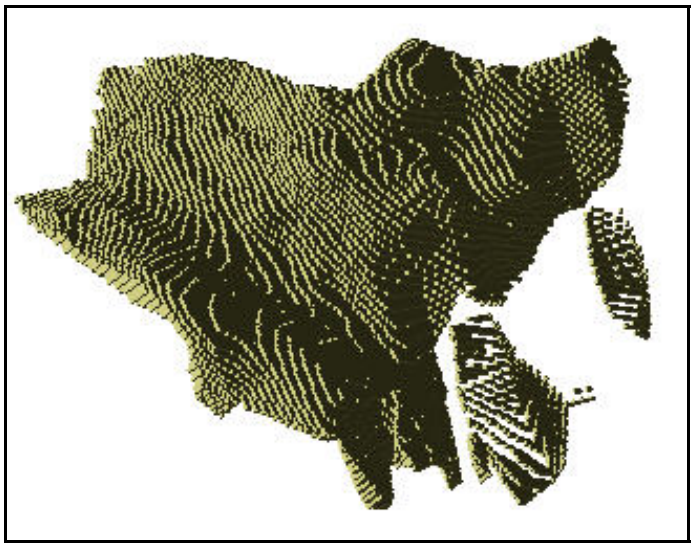


图 4 空块段模型

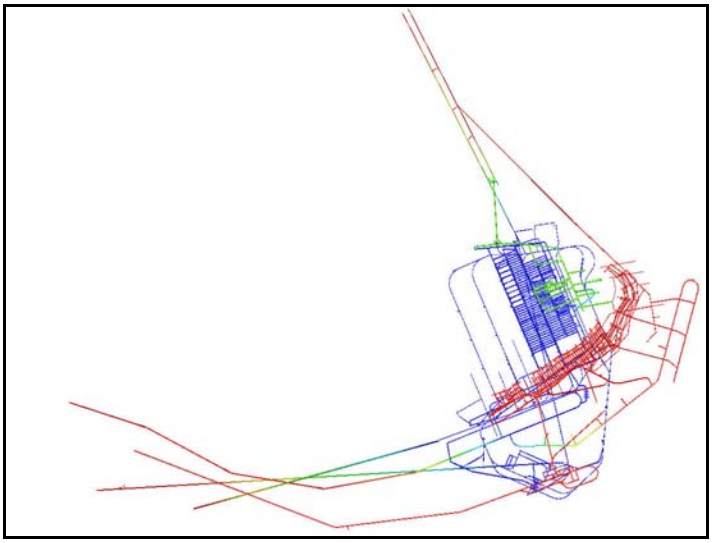


图 5 三维开拓系统线框实体平面图

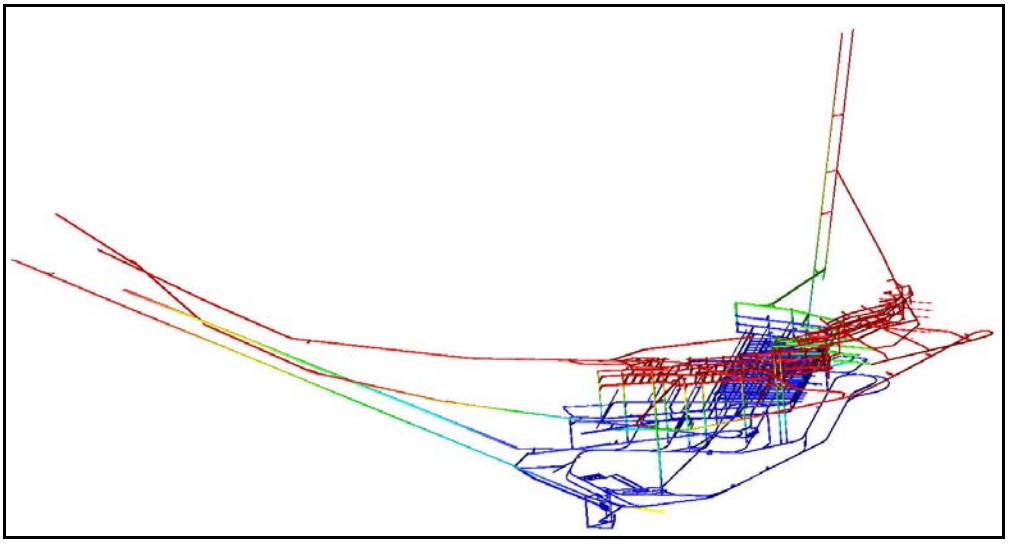
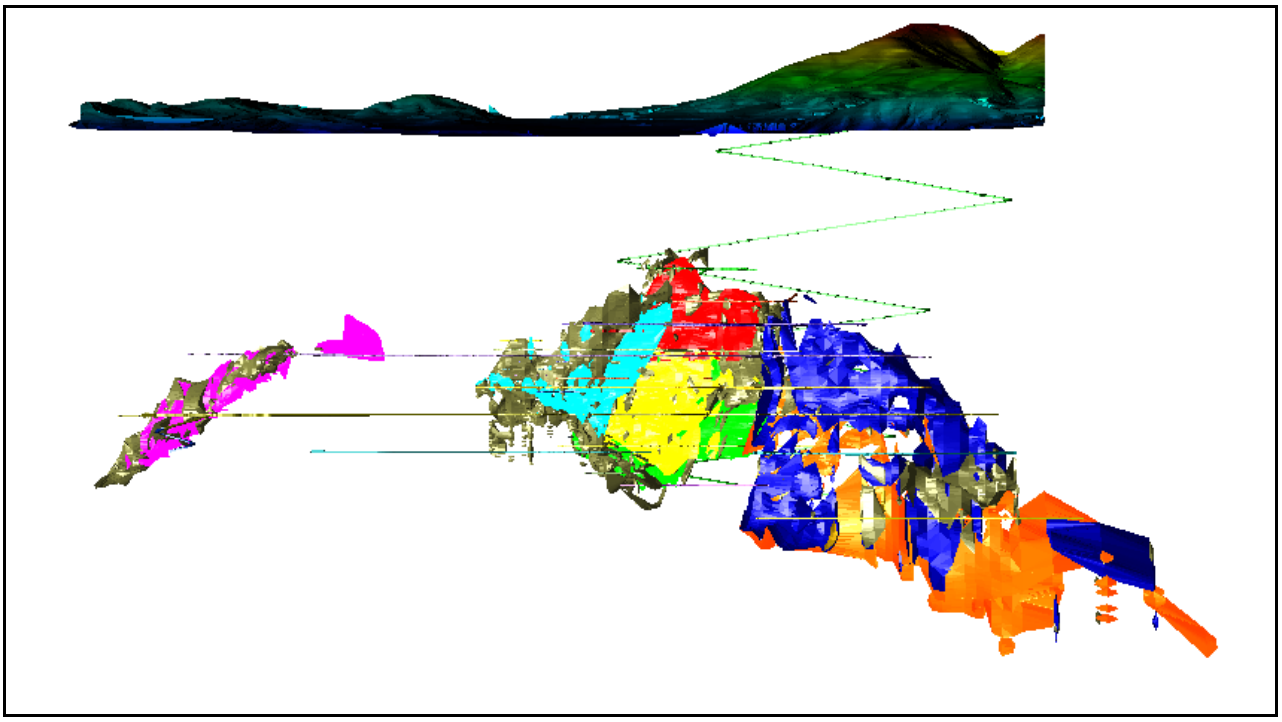


图 6 三维开拓系统线框实体透视图

案例七(简单介绍)



本篇的工程数据来自安徽某铜矿。

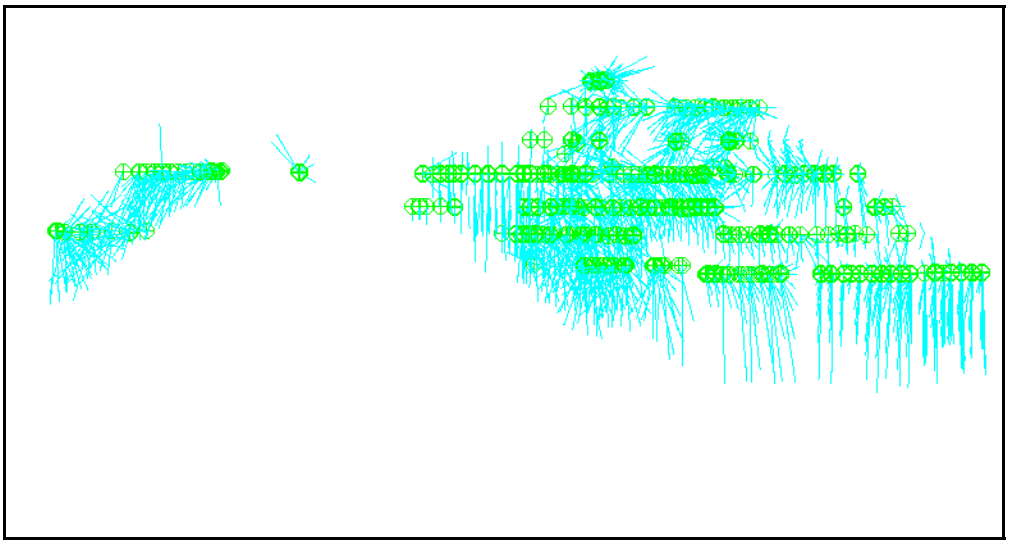


图 1 合并后的钻孔

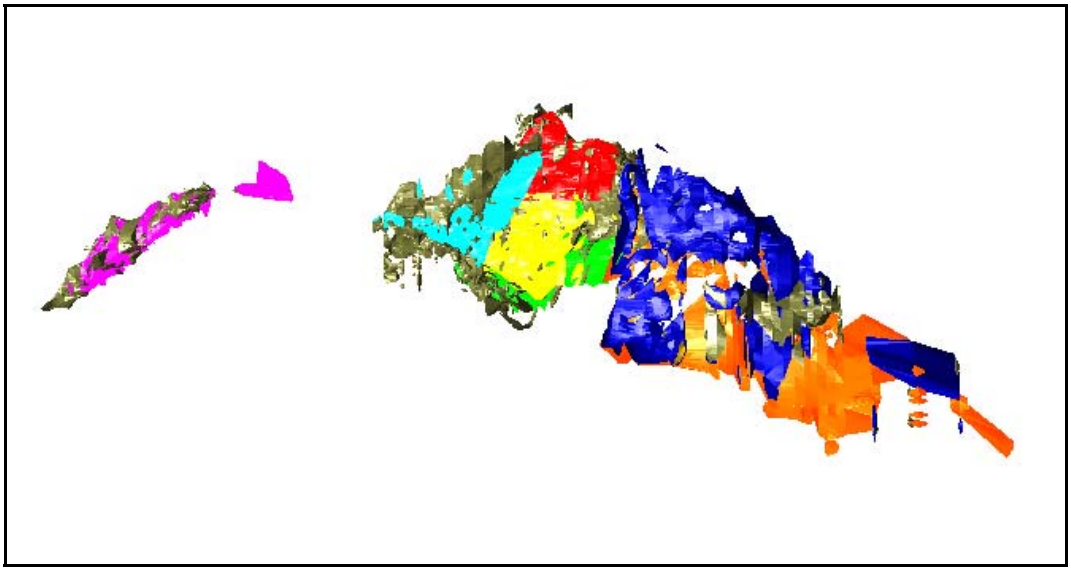


图 2 矿体模型

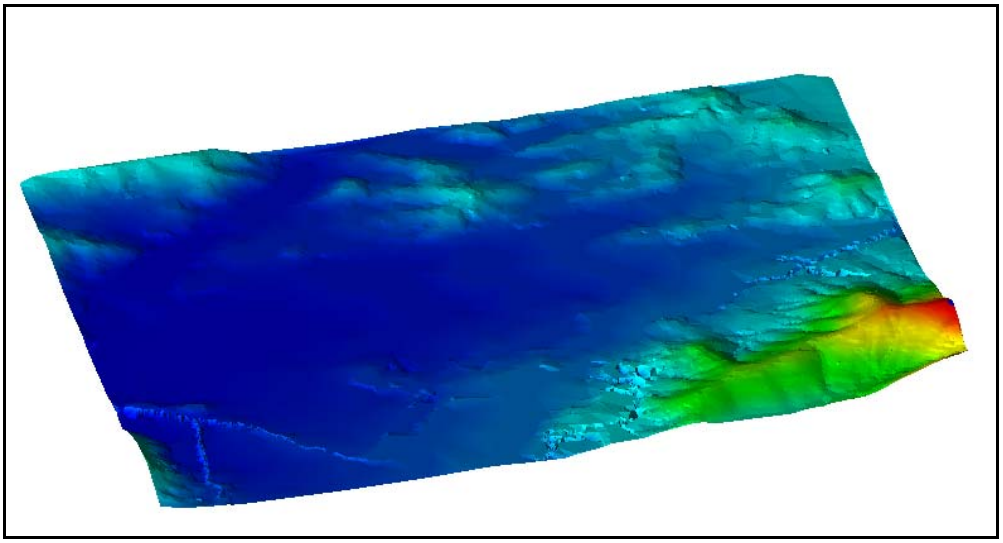


图 3 DTM 模型

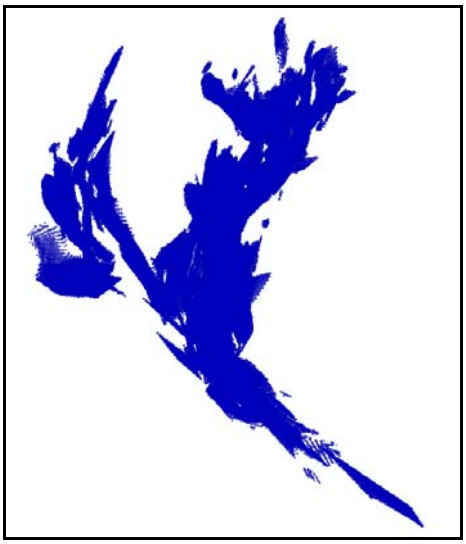


图 5-1 空块段模型



图 4 Cu 克里格估值后块段模型

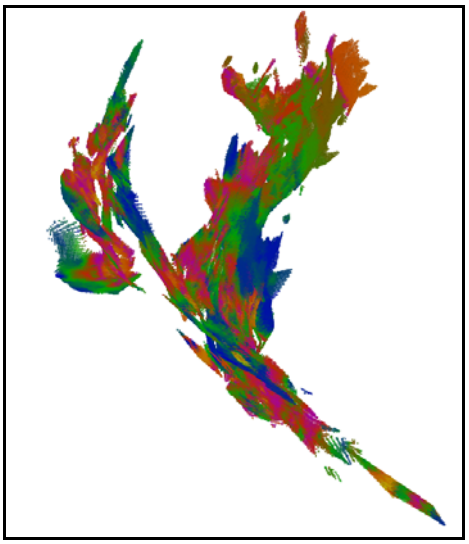


图 5 Cu 距离幂估值后块段模型

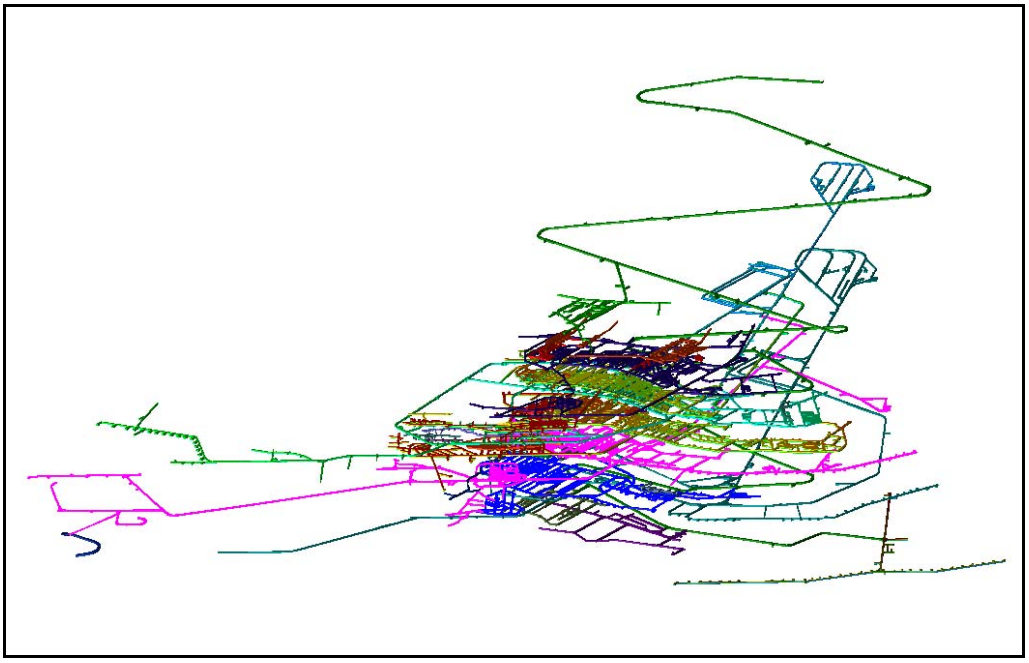


图 6 三维开拓系统线框实体透视图

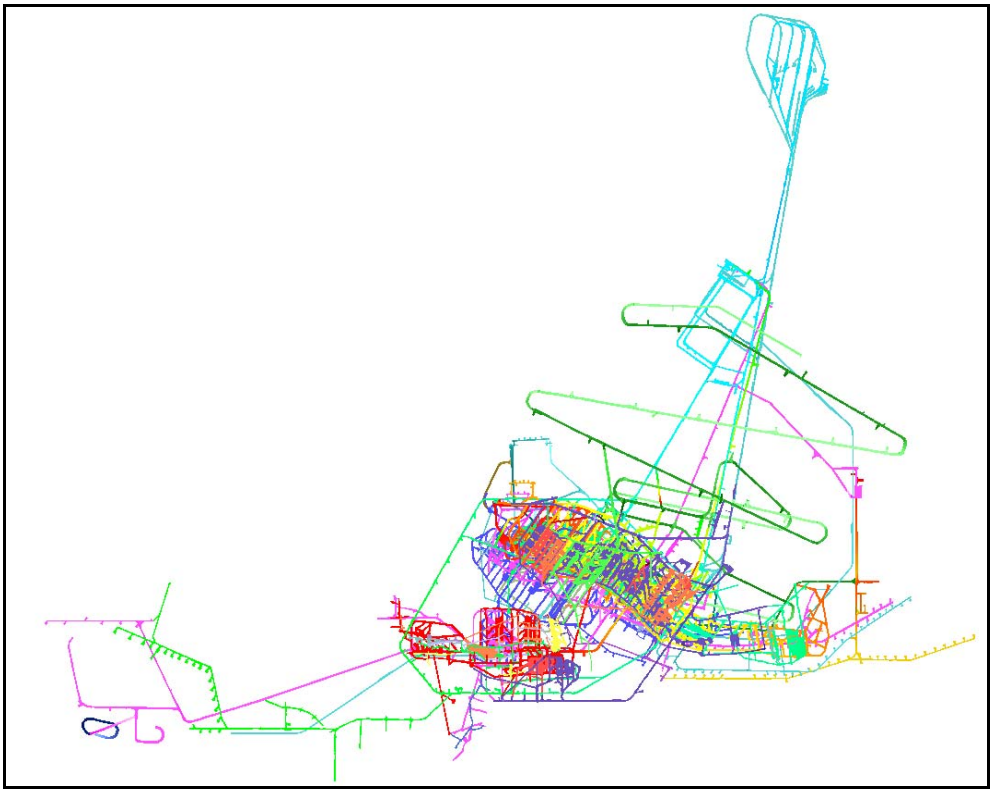
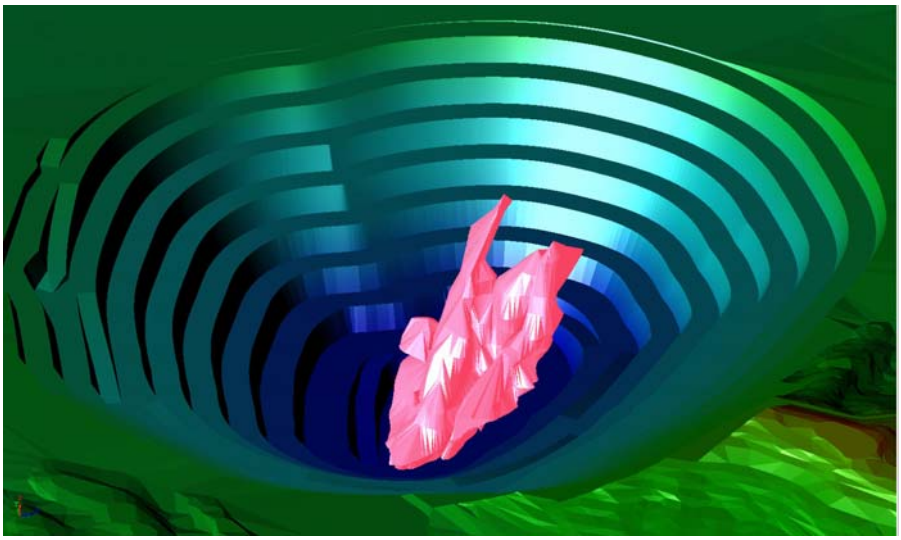
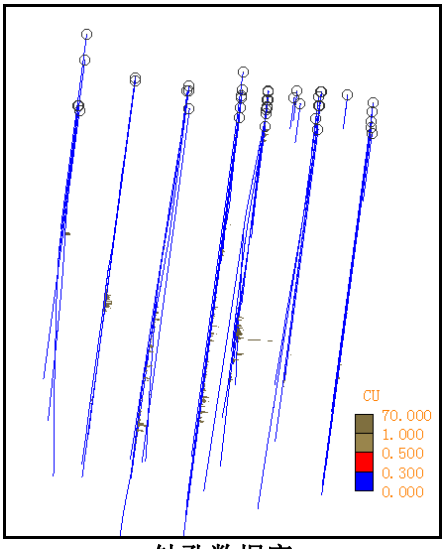


图 7 三维开拓系统线框实体平面图

案例八



本篇的工程数据来自湖北某铁矿。



钻孔数据库



图 2 矿体模型

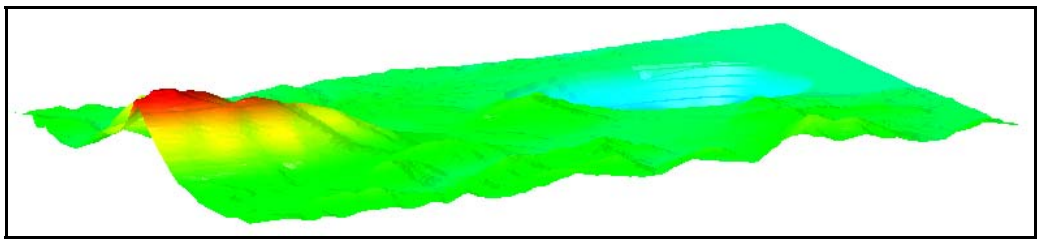


图 3 DTM 地表模型

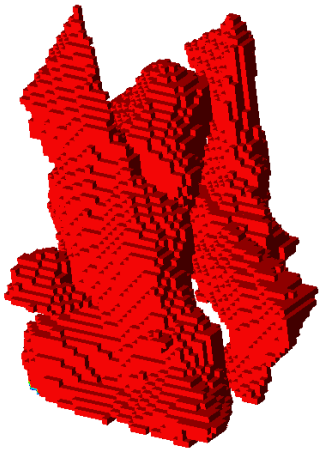


图 4 空块段模型

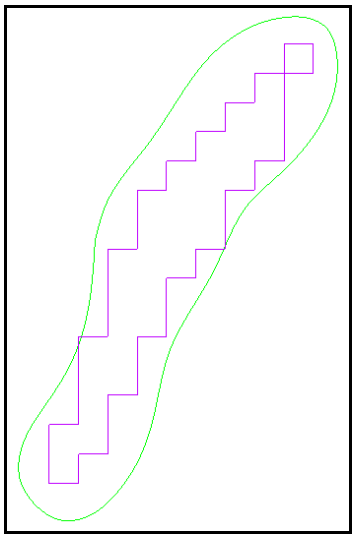


图 5 圈定底部采场

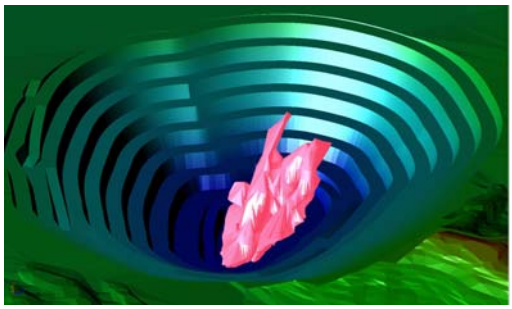


图 6 露天坑实体模型

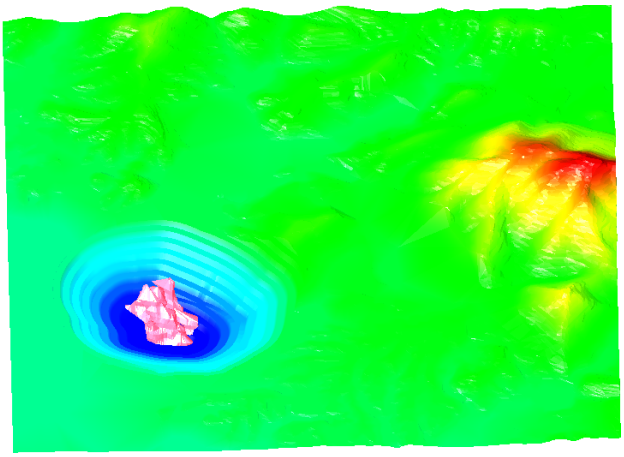


图 7 地表与露天坑