

3DMine 矿业工程软件系列教材

地质工程师必读

(金属矿山类)



www.3DMine.com.cn

2009.1

前 言

地质数据是矿山资源评估和采矿设计的基础，是矿山生产管理的重点。地质数据一般通过钻探、坑探、槽探、物探等手段获得，通过地质编录记录了矿石品位、岩性、断层等分布情况。这些信息对于不同的矿种，不同的矿区是各不相同，但总的来讲，有一些基本信息是必不可少的，例如信息记录中工程名称、取样位置、分析品位以及岩性等等。如何来有效的组织和管理这些信息？在这类的软件中，最有效的管理办法就是外接数据库来进行存储，同时，在软件系统里建立数据库和中心图形系统内在逻辑联系，通过菜单选择或者鼠标右键功能可以迅速的浏览钻孔的图形，可以通过不同属性的颜色设置显示单个或多个工程的地质岩性、品位、轨迹和深度等数据信息。在屏幕上可以选择容差范围内的数据按照标高生成平面或沿勘探线形成竖直剖面。在剖面上，通过鼠标切换，轻松辅助用户进行数据查询、地质解译和剖面品位计算。

通常是通过 Excel 表格来收集整理这些基础数据。

不同的单位在收集这些数据过程中采用不同的格式，有简单的，也有复杂的。形式也有不同，或是电子表格，或是图纸记录表。但是这些数据的基本内容是相同的，不外乎是数据所属工程的名称、工程及样品的空间位置、相关工程的空间信息以及所取得样品的分析和岩性描述。如何将这不同工程的数据整合起来并为后面的工作随时调用？在 3DMine 软件中，就是通过数据库的存储方式，对地勘数据按照统一的格式进行收集整理，这样既保证了数据的延续性、准确性，也使得数据与三维空间相结合，可以在三维空间上对数据进行分析 and 利用。这是 3DMine 软件中数据处理的重点。

基于这些数据的空间关系，同时结合地质理论，矿床成因关系以及矿体的空间分布特点，通过矿体和岩性建模，矿体品位分布以及相关的构造模型，系统全面地对矿床进行分析和模拟，将有助于对矿体空间分布的认识，矿山生产过程的品位控制，矿产储量的动态管理和计算，快速提取地质数据、任意切割平/剖面并形成图件的主要线条等等，都是是三维矿业软件给地勘工作和矿山生产带来的巨大价值所在。在当今信息化高度发展的形势下，结合计算机硬件的普及和矿业软件的功能性，与传统的地质工作手段相比，利用 3DMine 软件，可以极大地提高数据利用效果和工作效率，让地质师有更多的时间来思考与专业相关的问题，这也是国外三维软件得以广泛应用的原因。

为了便于广大地质工作人员能够很好的理解 3DMine 软件中地质工作的流程，我们特编写了《地质工程师必读（金属矿山类）》一书，将从介绍地质数据库的使用方法入手，分八大章节详细介绍地质工作的内容，即数据类型及其格式、地质数据库、三维可视化建模技术、

地质统计学和应用块体模型概念进行品位分布和储量计算等。通过本指南流程式的介绍，希望为地质工程师如何结合自己的工作使用 3DMine 软件有个清晰的步骤，从而达到融会贯通、事半功倍的效果。

3DMine 软件在地勘工作中应用是根据矿床类型的不同而有所区别，对于金属矿山来讲，基本流程是差不多，与传统的地质工作中数据处理和工作流程相比，引进了很多新的名词概念，这些已经在 3DMine 软件《帮助文档》中有详细的说明。本指南是结合实例数据，通过相关的功能进行介绍，当然，不是所有的地质工作都是按照这个流程进行的，这将取决于地质师们对项目的理解和要求而定。在实际工作过程中，还有些特殊要求需要进行针对性的开发与应用，只有这样，才能够真正实现软件为我所用，为我服务的目的。

第一章 数据类型与格式

第一节 数据类型与提取

针对地勘过程中不同的数据类型，我们在处理时采用不同的方式进行。通常所讲的钻孔数据是主要的类型之一，也是比较容易理解的数据，因此，我们在处理其他类型的数据时，也是将其视为钻孔来对待，从而得到相应的数据表。在 3DMine 中，处理数据的基本表格是 Excel 电子表，钻孔的基本信息为：

一是**定位表 Collar**（强制性表）

工程编号	X 坐标	Y 坐标	Z 坐标	最大深度	轨迹
------	------	------	------	------	----

这个表存储了每个工程的相关信息，主要包括工程号 (Hole_id)，起点位置 (X/Y/Z 坐标)，记录工程的最大深度 (Max_depth) 和钻孔的轨迹 Hole_path。字段 Hole_path 指的是在工程轨迹摘取时用到的数学法则，表明轨迹的性质（直线 linear，曲线 curved，垂直的 vertical）。同时，还可以根据需要加入不同的字段（如所在剖面线、工程施工竣工时间，区域，或编录人员等等）。其余的字段均可按照要求添加。

二是**测斜表 Survey**（强制性表）

工程编号	测斜深度	方位角	倾角
------	------	-----	----

这个表储存工程的测斜信息，对于钻孔而言比较容易理解，即是被用来记录钻孔的测斜参数，主要字段包括：钻孔编号 (Hole_id)，测斜深度 (depth)，钻孔的方位角 (azimuth) 和倾角 (dip)。但实际上，对于坑道和探槽工程来讲，主要是将它们理解为一个特殊的钻孔，不过，其轨迹都按照直线来考虑即可，角度是根据取样位置和方向来确定该线段的方位和倾角。

对于没有测斜过的垂直钻孔，测斜表的深度值就是默认值，表明钻孔的起点即测斜深度值为 0，方位角为 0 度，倾角为-90 度。

注意：方位是指北向为 0 度，顺时针 360 度。（如果单位是度分秒的需要转换为度，角度定义向上为正，向下为负）

三是**岩性表 Geology** 和**分析表 Sample**（非强制性表）

工程编号	孔深从	孔深至	分析元素	岩性描述
------	-----	-----	------	------

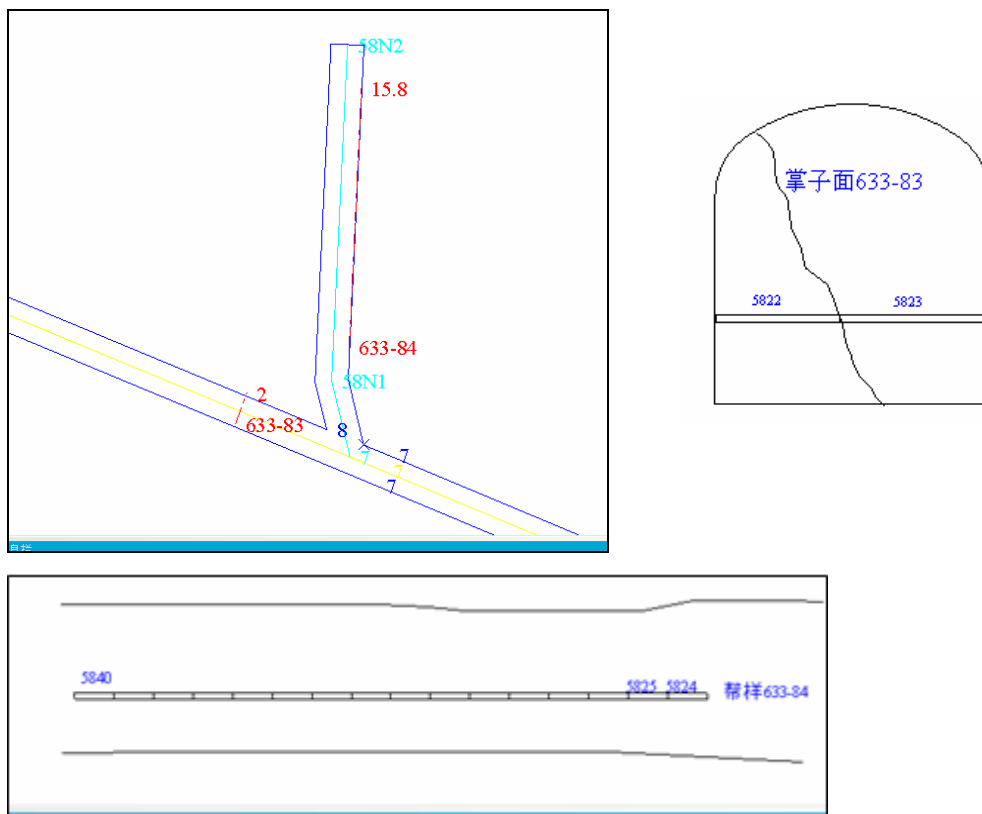
这是最基本的数据信息表，实际工作中，可以将他们合并在一张总表上，也可以按照岩性表和样品表分开，以符合矿山实际工作流程为出发点。

以上钻孔的资料，一般都可以从钻孔编录中得到，不过，在过去的资料中，往往省略了

一些相同的内容，在运用数据库来管理时，需要将这些资料补齐。

1	孔号	样号	深度从	深度至	Au	Ni	1	孔号	样号	深度从	深度至	Au	Ni
4562	926205A	7731	251.68	252.68	0.06		4562	926205A	7731	251.68	252.68	0.06	
4563		7732	252.68	253.6	0.08		4563	926205A	7732	252.68	253.6	0.08	
4564		7733	253.6	254.63	0.08		4564	926205A	7733	253.6	254.63	0.08	
4565		7734	254.63	255.56	0.09		4565	926205A	7734	254.63	255.56	0.09	
4566		7735	255.56	256.48	0.06		4566	926205A	7735	255.56	256.48	0.06	
4567		7736	256.48	257.38	0.06		4567	926205A	7736	256.48	257.38	0.06	
4568		7737	257.38	258.28	0.08		4568	926205A	7737	257.38	258.28	0.08	
4569		7738	258.28	259.08	0.06		4569	926205A	7738	258.28	259.08	0.06	
4570		7739	259.08	259.88	0.06		4570	926205A	7739	259.08	259.88	0.06	
4571		7740	259.88	260.58	0.09		4571	926205A	7740	259.88	260.58	0.09	
4572	926205B	7741	294.6	295.8	0.06		4572	926205B	7741	294.6	295.8	0.06	
4573		7742	295.8	297	0.08		4573	926205B	7742	295.8	297	0.08	
4574		7743	297	298.2	0.11		4574	926205B	7743	297	298.2	0.11	
4575		7744	298.2	299.4	0.09		4575	926205B	7744	298.2	299.4	0.09	
4576		7745	299.4	300.66	0.08		4576	926205B	7745	299.4	300.66	0.08	
4577		7746	300.66	301.8	0.08		4577	926205B	7746	300.66	301.8	0.08	
4578		7747	301.8	302.1	0.08		4578	926205B	7747	301.8	302.1	0.08	
4579		7748	302.1	304.2	0.09		4579	926205B	7748	302.1	304.2	0.09	
4580		7749	304.2	305.38	0.08		4580	926205B	7749	304.2	305.38	0.08	

对于坑道取样的记录，我们可以理解为沿坑道一帮或两帮的钻孔取样，所不同的是，此时需要得到坑道实测位置图以及巷道的高程，如果是掌子面取样，还需要知道掌子面的方位（与主坑道垂直）。如图在 1070 中段巷道上掌子面取样 633-83，在穿脉右帮取样 633-84。此时，可以通过直接在实测巷道图上找到取样位置点(X/Y)，根据巷道的底板标高(1070.6)，加上巷道的腰高（1 米），也就是取样点的标高为 1071.6；另外可以通过穿脉巷道的方位，或沿脉的方位换算出掌子面的方位。如果是斜坡道上取样，需要测算斜坡道的角度，以便求出样槽的角度。如下表：



编号	Y	X	Z	长度	方位	角度
633_83	3682752.684	430203.38	1071.6	2	27.42	0
633_84	3682756.47	430210.84	1071.6	15.8	10	0

探槽样品的提取和列表与坑道的取样记录一样，将探槽样品的位置和取样间隔理解为一个沿槽帮或底的钻孔处理。这里往往比较麻烦一点的是，刻槽取样的位置是随着探槽的起伏而变化，可能按照角度和方位的变化较多，容易出现错误，一般来讲，探槽编录时，根据对应的控制点而言，位置差别不会太大。

竖（浅）井之类的样品记录将其理解为竖直的钻孔，需要确定取样位置和编录信息。

对于化探取样结果，如“化探原始数据.xls”，一般来讲，需要确认样品点的平面坐标（即 Y/X 值），以及相应的异常值（如下表）。

在 3DMine 软件中，可以直接应用复制>>粘贴功能，将数据转换成线文件“化探数据.3ds”。

将异常值列为该线文件的第一个属性字段，通过菜单“表面模型>>散点形成 DTM 或者线条生成 DTM”功能，可以形成“化探数据.3dm”面文件。

然后通过菜单“视图>>带颜色显示实体”即可以对属性 1（异常值）进行不同范围值用不同颜色显示。设置如下图：

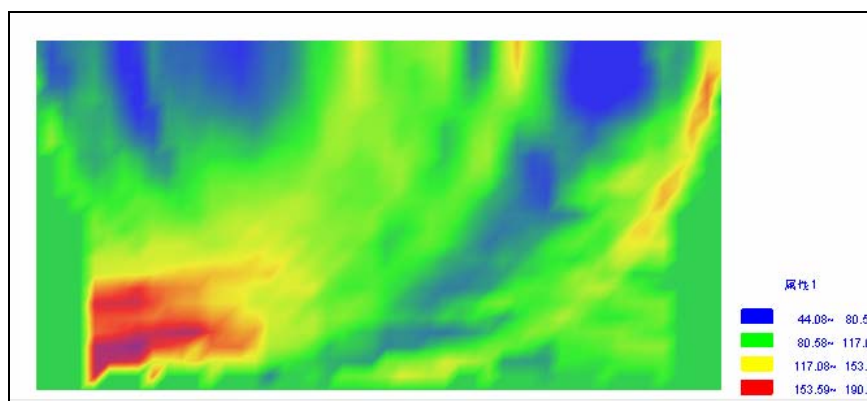
附表：化探异常值表

1	X	Y	Z	异常值
17	25399.984	11799.963	0	92.99
18	25399.984	12199.963	0	92.99
19	25399.984	12599.963	0	92.99
20	25399.984	12999.963	0	92.99
21	25399.984	13399.963	0	92.99
22	25399.984	13799.963	0	81.41
23	25399.984	14199.963	0	115.63
24	25399.984	14599.963	0	137.08
25	25399.984	14999.963	0	134.74
26	25399.984	15399.963	0	137.14
27	24999.984	5799.963	0	92.99
28	24999.984	6199.963	0	92.99

附图：参数设置

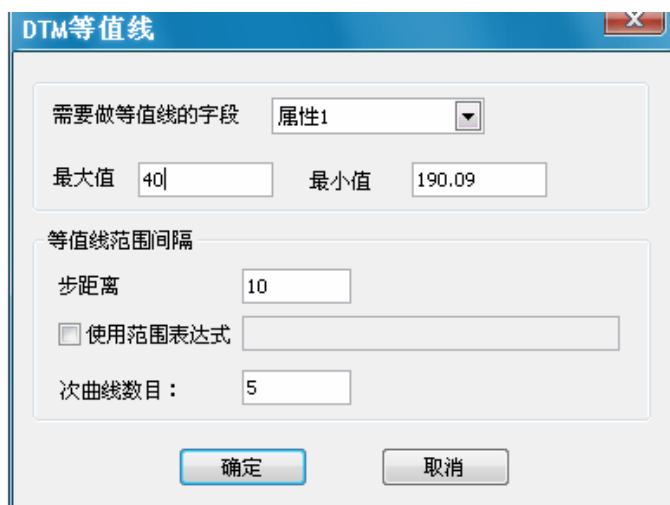


附图：异常值显示效果图



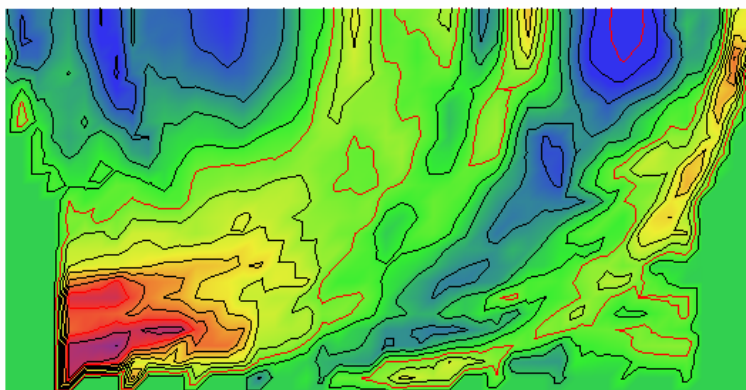
还可以通过菜单“表面模型>>DTM 等值线”功能，形成此异常值的等值线图。相关的操作如下：

点击此功能后，左键选择该实体表面模型，将弹出对话框：



程序将自动判别出属性字段的值域范围（最大值和最小值），确定后即可得到此区域异

常等值线，程序将自动在图层中列出以便保存“异常等值线.3ds”。如下图：



如果有本区域的三维地形图，则可以将此异常线通过菜单“表面模型>>点线落到 DTM 面上”与地形套合在一起，以便与区域地质结合起来。

第二节 数据文件准备

将地勘工作中的工程（探槽、浅井、坑道和钻孔）信息（工程位置、测斜、编录资料、分析结果）通过上述处理过程，在 Excel 表中进行整理。这项工作实际上就是地质师和编录人员的日常工作之一。在文件夹“实例数据”中“地勘数据.xls”即是某金矿的实际数据。当然，如果地勘工作或矿山地质工作中长期积累的数据不是电子格式，将需要花费较长的时间来处理。在实际工作中，表格的形式并不是固定的，可以根据实际数据和编录方式进行。例如，将岩性信息表与分析表合并在一起，有利于后来的查询和对比。

数据库存储方式是目前国外主流三维软件使用的功能之一。通过对勘探数据的收集整理在一起并可以随时调用和显示，并可以进行提取、计算和成图。目前可用的数据库类型很多，3DMine 软件中使用的是 Microsoft 的 Access 数据库，完全可以满足一般项目的需要。

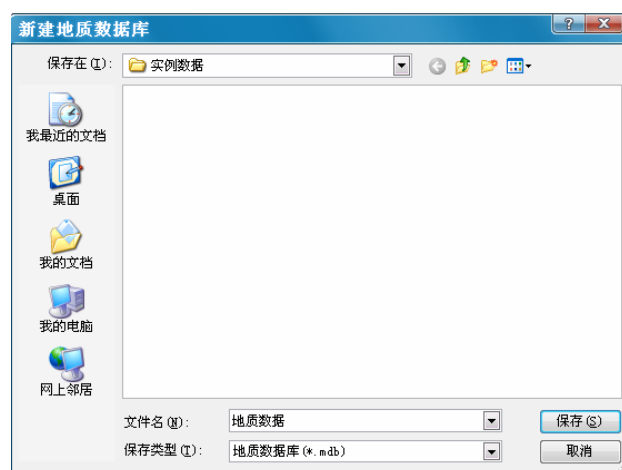
第二章 数据库的建立与应用

地质数据是矿山资源评估和采矿设计的基础，是矿山生产管理的重点。地质数据一般通过钻探、坑探，槽探、物探等手段获得，通过地质编录记录了矿石品位、岩性、断层等分布情况。这些信息对于不同的矿种，不同的矿区是各不相同，但总的来讲，有一些基本信息是必不可少的，例如信息记录中工程名称、取样位置、分析品位以及岩性等等。如何来有效的组织和管理这些信息？在这类的软件中，最常用的手段就是通过外接数据库来进行存储，同时，在软件系统里建立数据库和中心图形系统内在逻辑联系，通过菜单选择或者鼠标右键功能可以迅速的浏览钻孔的图形，可以通过不同属性的颜色设置显示单个或多个工程的地质岩性、品位、轨迹和深度等数据信息。在屏幕上可以选择容差范围内的数据按照标高生成平面或沿勘探线形成竖直剖面。在剖面上，通过鼠标切换，轻松辅助用户进行数据查询、地质解译和剖面品位计算。

第一节 数据库的建立

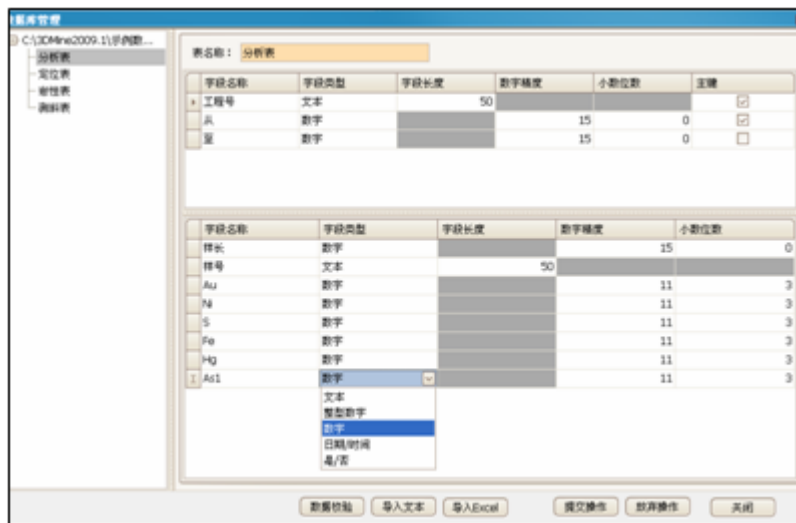
通过下列步骤完成数据库的建立和显示，在操作之前，打开文件“C:\3DMine2009.1\示例数据\实例数据\地勘数据.xls”。

第一步：菜单“地质数据库>>新建数据库”，选择路径并定义数据库名称，如“地质数据”然后保存。



第二步：根据原始数据表格中的名称和字段，定义数据库的表名和字段。这里需要说明的是开始时，程序默认的表名为“定位表”和“测斜表”，也就是说强制性的两个表，其中已经确定的相关的字段名。而实际上，还有分析表、界线表、岩性表、矿带表等等。此时需要选中左侧的数据库名，点击右键，选择“添加表”。输入表名称，并按照已知的字段在

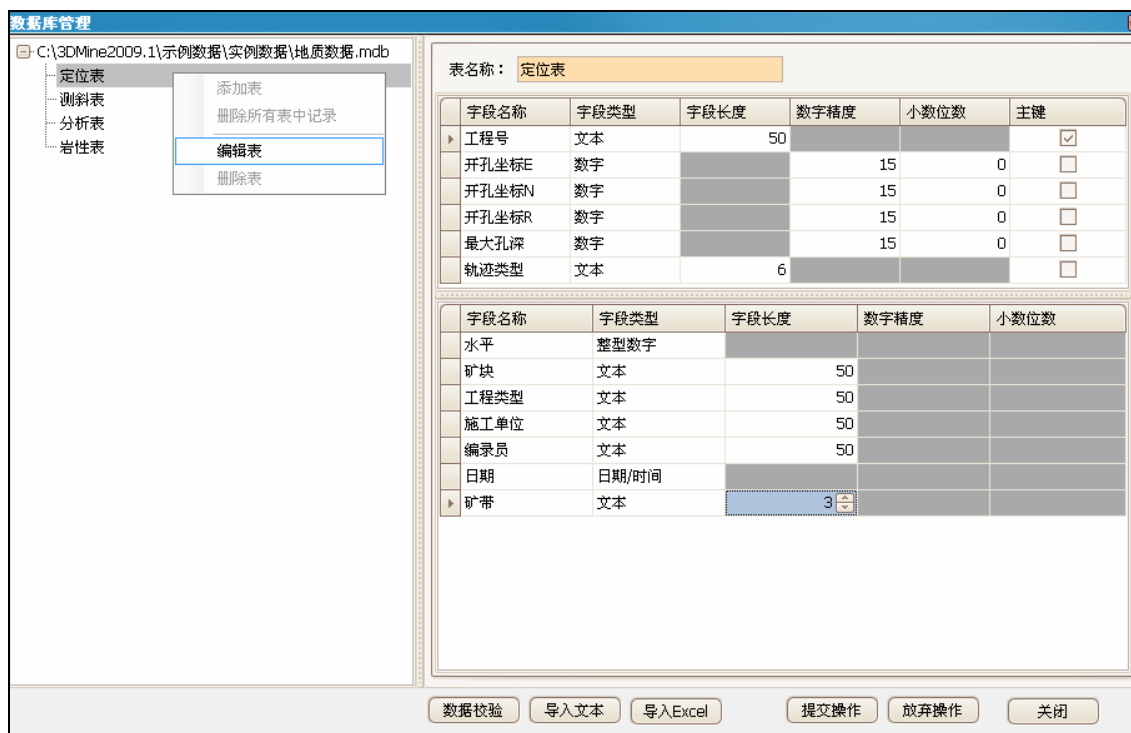
下部点击右键增加。注意，“As 字段是特殊程序命令，因此用 As1，同时，数据库字段中不能有除“_”下划线之外的符号”。如下图：



填完后“提交操作”，并按照相同的步骤，添加其他的表名，如岩性表、矿带表等等。此时对于“定位表”实际字段要多一些，因此，需要在程序设定的基础上添加。如定位表的字段有：

样品 施工 编 录
孔号 Y X Z 孔深 轨迹 水平 矿块 类型 单位 员 日期 矿带

此时，选择“定位表”，点击右键，选择“编辑表”从而可以对“定位表”进行增加。点击“提交操作”即可，如下图：

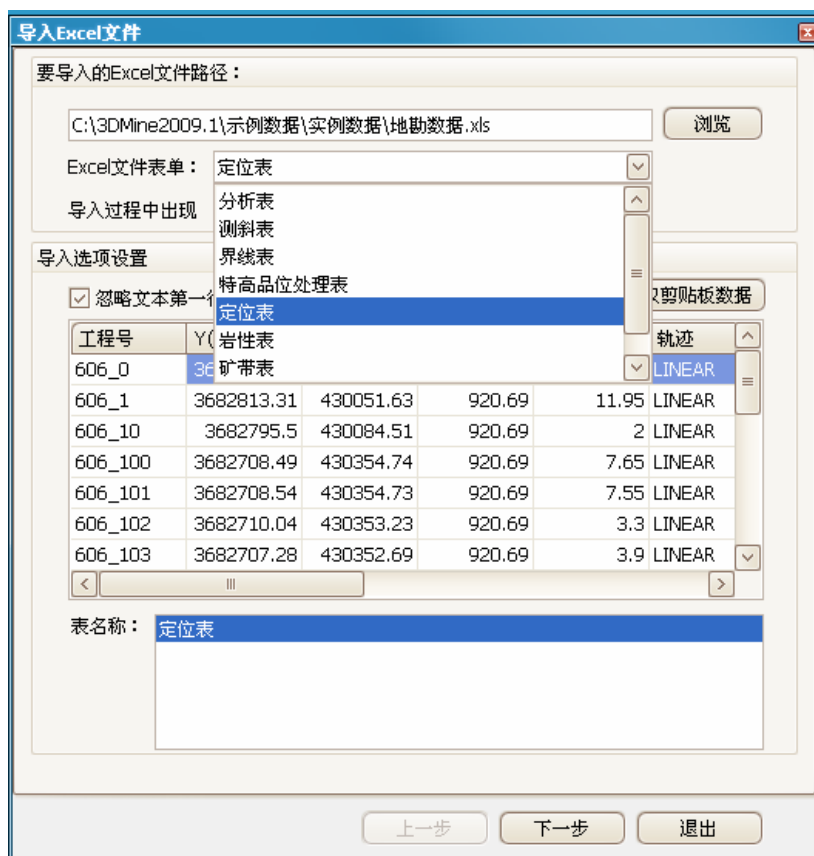


至此，所计划使用的数据库已经建立。一般来讲，数据库在建立之初，需要考虑好相关的表名和字段，同时，按照矿区的特点，确定相应的岩性代码等统一要求，以便后期的使用。

第二节 原始数据的导入

数据库建成后，需要将处理好的原始数据如“地勘数据.xls”导入到数据库中。这也是日常工作中最频繁的内容之一。导入的步骤如下：

第一步：“提交操作”之后，直接点击“导入 Excel”，需要选择相应的数据文件名，从表中选择指定的表单“定位表”，从而可以看见相应的数据导入到列表中。注意，在 3DMine 中有多种导入数据的方式，这里选择直接导入 Excel 文件，其他方式，将在帮助文档中说明。



第二步：将数据文件与数据库进行名称匹配，选择“导入”即可完成。注意，用此功能导入数据时需要将原始数据表关闭。确保数据表中没有“空格”、不合法的符号“-”“%”或者全角数字，时间格式（1990-1-1）等等。



依次完成测斜表、分析表和岩性表的数据导入。出现任何错误提示时，需要对原始数据进行查找。

第三节 数据库的应用

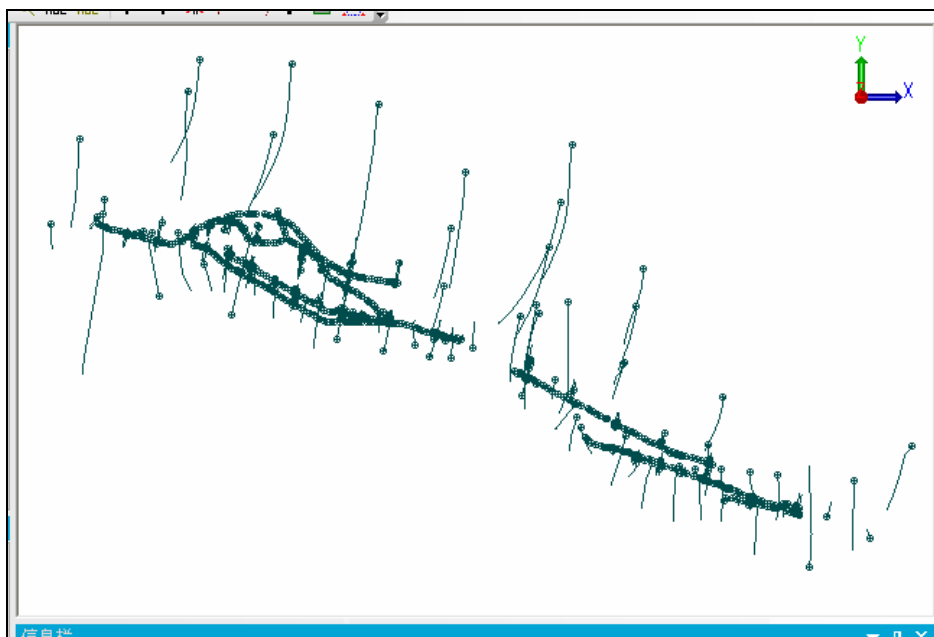
数据库建立完成之后，即通过 3DMine 三维显示平台将数据库与图形结合起来，可以直观地浏览每个工程数据的详细信息，包括空间位置关系、数值和相应的形态。这就是数据库的应用范围。

1、三维显示

在菜单“地质数据库>>钻孔显示>>显示钻孔”下或者在左侧层浏览器右键点击数据库文件，选择“显示钻孔”，即可弹出下面的对话框：



在只显示轨迹的颜色、孔号和字体大小的情况下，所看到的图形如下：



2、显示风格设置

显示钻孔时，我们不仅仅需要浏览工程的轨迹，更重要的是需要查看具体的岩性、取样位置和分析品位等信息。这时，需要对显示属性进行风格定义。在菜单“地质数据库>>钻孔显示>>定义钻孔显示风格”，填写下列对话框：



选择所要定义的字段，点击右键，对于数字型的字段，将可以添加风格，也可以自动得出数值范围；对于字符型的字段，将自动显示出所有字段的名称。然后，根据不同的字段（元素）的不同含义定义不同的显示风格。如，金元素的边界品位为 0.8g/t，工业品位为 3g/t，生产品位为 5g/t，从而，定义金的品级范围是 0-0.8；0.8-3；3-5；5 以上，同时，还要在“图形颜色”中定义出不同的显示颜色，（如下图）。相同的方法，可以对任何字段的属性进行显示风格定义，一旦设置完成，程序将记录下来，以后将不需要设置。

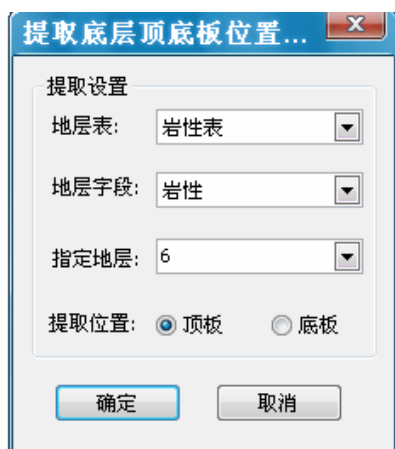


3、品位和岩性信息

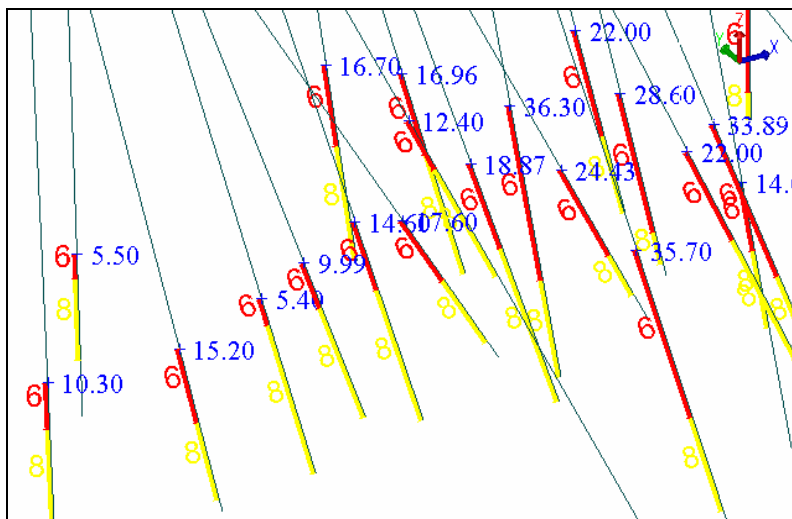
组合，另一种是根据边界品位进行的等长或中点进行的加权组合。其结果均可以属性保留到点文件中，以便进行分析和计算。详细内容将在第五章介绍。

另一个是特定矿层（如煤层或构造）的顶底板点的提取。如打开数据库：“C:\3DMine2009.1\示例数据\练习数据 2\数据库 2.mdb”，此数据库中岩性表中有两个典型的岩性字段 6 和 8，而且每个孔都有，如果我们理解为某隐伏岩体（矿层），这样就可以通过提取顶底板点的功能形成相应的散点文件，从而可以建立层状表面模型或岩面模型。其步骤为：

从菜单“地质数据库>>煤层数据提取>>底层顶底板点”并填写下表：



“确定”后，在图形窗即可看到从每个钻孔上提取的顶板点的位置和该层的厚度值，同时在左侧的层浏览器中自动生成“6 顶板”层，以便保存和编辑（如右键点击“6 顶板”，保存该层为“顶板 6.3ds”）。如图：



第三章 地质剖面形成与解译

在上一章完成了数据库的建立和导入,在图形系统中可以显示出样品所代表的工程位置和品位分布。我们在实际工作中,通常是绘制工程平面或剖面图的工作也就交给计算机来完成。

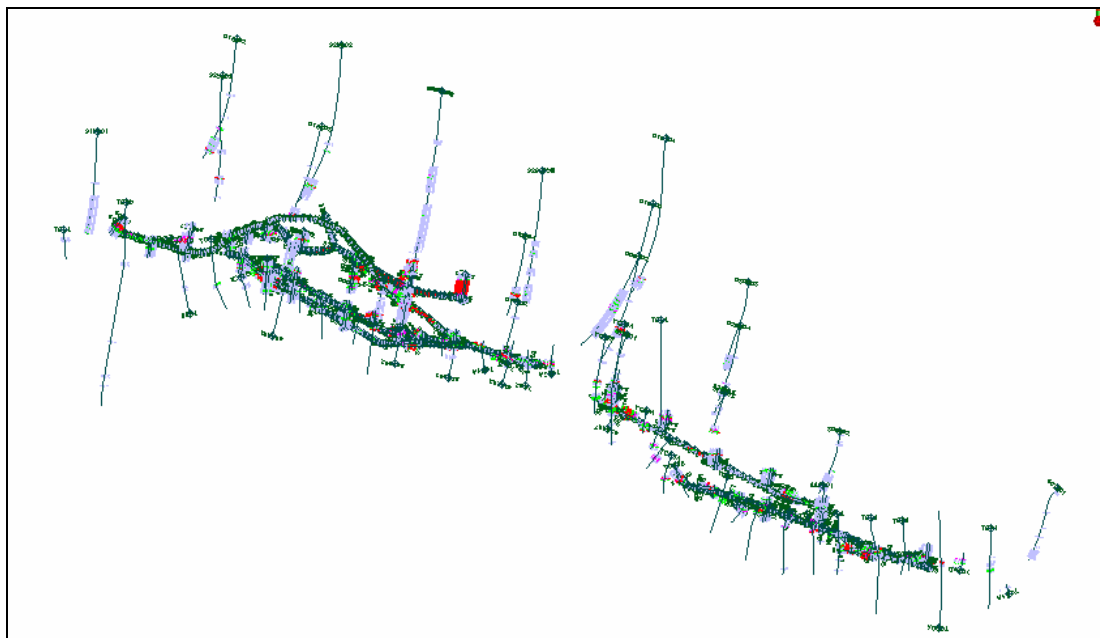
本章主要是通过数据库切制平/剖面,在确定品位级别的前提下,在剖面对矿岩界线进行圈定形成一系列的闭合的多边形矿岩界线,通过剖面的解译结果,为运用三角网联结方法形成矿体或岩体的立体模型,这也是通常所说的三维建模的第一部分。

将数据库与三维模型共同显示在图形窗,然后,任意切制平面或剖面,并可以得到相应的工程位置和矿岩界线,如果是手工绘制,往往比较费时费力,但在 3DMine 软件中就非常方便和容易,这也是与其他的二维软件的最大区别。

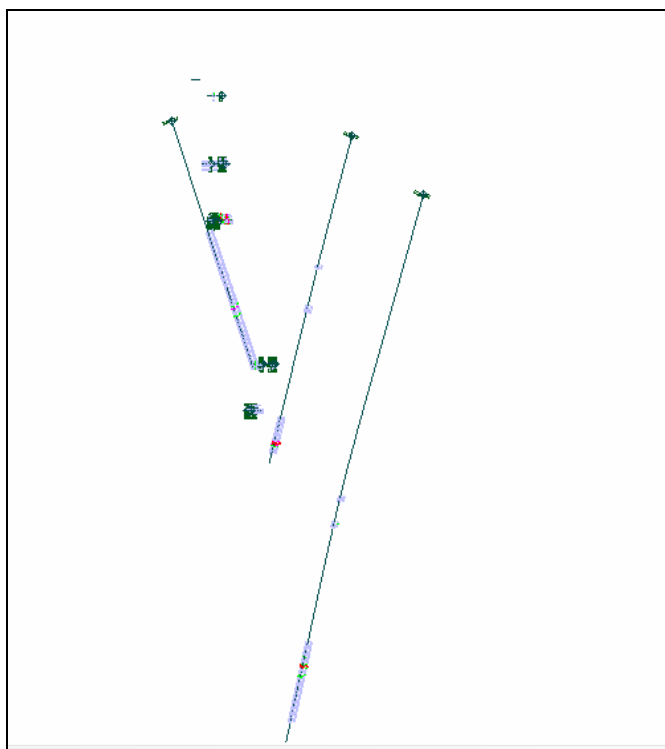
第一节 剖面准备

首先,连接数据库,直接点击数据库文件,推入到图形界面,左侧层管理器中可以看到数据库以及路径。或者从主菜单“地质数据库>>连接数据库”即可找到相关数据库。

其次,通过“钻孔显示”相关岩性以及品位信息。这也是我们通常处理地质工程数据的第一步。



第三、通过软件中切制剖面的功能,将一定容差范围内的工程投影到当前的剖面上。切制剖面之前,需要将图形窗口的三维图形至于 XY 平面状态,然后在平面上,点击图标



在 3DMine 软件中可以切制任意剖面，如果需要沿着指定的勘探线剖面来切割剖面，如何处理呢？

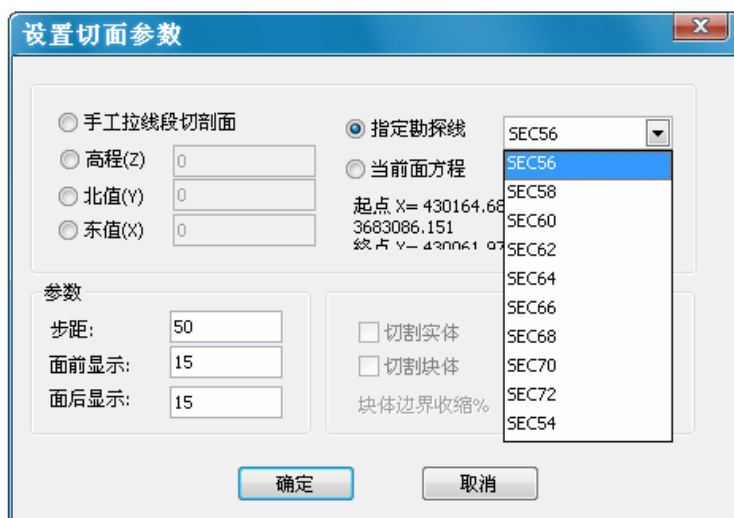
首先需要知道矿区勘探线坐标（**注意：只需要勘探线两端点的坐标**）如文件“剖面坐标.xls”。通过“复制 Excel 数据>>在 3DMine 图形区从剪贴板粘贴线条”功能，形成线文件，保存为“勘探线.3ds”。

第二步，在菜单“创建>>剖面>>创建勘探线”功能下，导入文件如下：




这样就可以将勘探线的信息存储起来以便在切制剖面时选择，只需要在切制剖面时，选择“指

定勘探线”并选择勘探线号皆可。如下图：



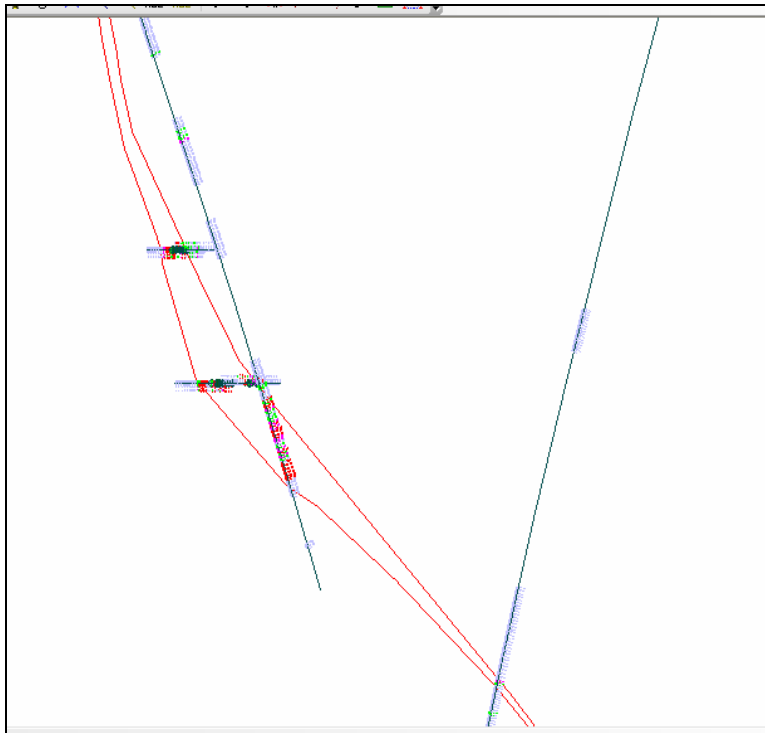
第二节 矿岩界线解译

形成单个剖面后，在剖面上可以根据岩性、品位分布或构造等特征来解译矿体界线，从而形成一个完整的剖面界线图，并且要求每个矿体界线或岩性界线必须是闭合的（构造线可以是开放的）。不过，这里需要说明的是，对于金属矿体来讲，都需要地质师运用综合信息对矿体进行圈定，对于复杂的矿体而言，计算机是不可能自动圈出合理的矿体（层状矿体除外）。同样的方法，根据不同的勘探线间距，完成一系列的剖面矿体界线的解译工作。

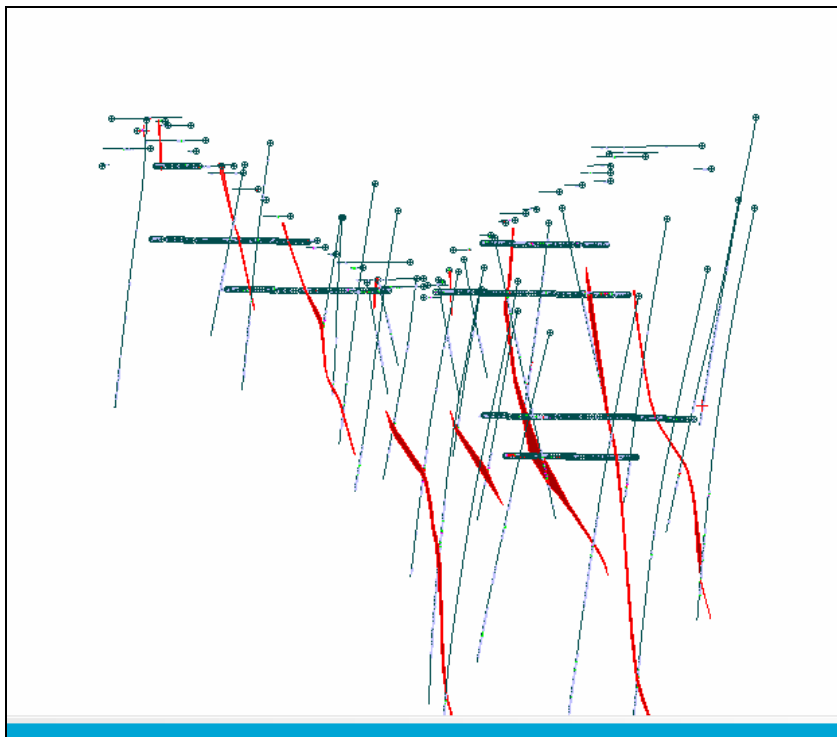
在圈定界线时，通常锁定在二维平面上，这是 3DMine 软件的重要特点之一，即是完成剖面切制之后，程序自动进入“剖面状态”，也就是在当前  的位置上，软件将数据理解为平面位置，从而可以在平面上进行处理。同时，通过中键移动放大不同的区域，通过捕捉到点的模式，所划的线条将是准确通过品位点或界线点。每次圈定时，最后的一点通过右键选择闭合完成解译工作。

圈定时，需要利用“创建”中的画线、画点以及其他的功能，在此不再演示。

如解译 60 线剖面时，解译的结果如下：



类似的方式，分别按照勘探线间距（向前移动或向后移动剖面的方法），解译出一组剖面线图。并将所有剖面线文件保存为“矿体线.3ds”。如下图：



注意：在解译矿体界线时，一般是按照圈定规则进行，边界品位指标、夹石剔除厚度和外推原则，这些工作都需要在地质师的分析指导之下完成。

第四章 地质建模的方法与技巧

地质模型，通常意义上包括两种类型：一是表面模型（DTM），典型的特点是空间曲面模型，如地表地形、煤层和构造面模型。就如同在线框模型上蒙了一层外皮，使几何形状具有了一定的轮廓，但模型中缺乏体积的概念，如地表模型。另一个是线框模型，如地层、矿体和采掘带模型。封闭的几何表面构成了一定的体积，形成了几何形状的体的概念。无论哪种体模型，普遍采用的是用不规则三角网（TIN）来逼近实体的表面形态，而生成 TIN 的方法则主要采用 Delaunay 三角形连接法。

在矿山领域，建立实体模型时，采用的数据大部分来自地质勘探平、剖面图及地形图，这些界线点与样品的空间位置和剖面解译以及按照有关外推规则密切相关。

在矿体模型创建过程中，矿体的形态迥异，复杂程度不一，特别是矿体具有分支复合现象，同时，软件中相关功能操作方式直接影响建模的效果。在 3DMine 软件中矿体建模功能中集成了当今先进的三角网建模手段，运用控制线和分区线联合方法，对象的选择方便，对任意形态的物体，通过一系列的散点或剖面创建地质模型。步骤少、易于操作和简单直观完成建模是 3DMine 软件的重要特点，这也是本章的主要介绍内容。

第一节 矿体模型概念

通过上述工作完成的一系列剖面界线，保存后形成某个矿体剖面界线文件（如矿体线.3ds）。注意：在实际矿体解译过程中，往往会出现矿体的分枝复合的情况，这需要对矿体的空间位置有较好的理解和分析，并通过软件将这种结果表现出来。

实体模型（也叫线框模型）：是一个三维的数据三角网，是用来描述三维空间的物体，是 3DMine 三维模型的基础。实体是一个封闭的面，不同于 DTM 它有内外之分。

线框模型是由一系列在线上的点连成内外不透气的三角网，三角网由一系列相邻的三角面构成，由这些三角面包裹成内外不透气的实体。这些三角网在平面视图上肯定有交迭，但在三维空间中，任何两个三角面之间不能有交叉，重叠，任何一个三角面的边必须有相邻的三角面，任何三角面的三个顶点必须依附在有效的点上，否则实体是开放的或无效的。

三角网算法：用一系列的点和线，三个点之间连成面，所有面的集合来反映物体的轮廓，采用什么样的算法使得三角面的集合最能反映物体的轮廓，这就是三角网算法解决的问题，最主要的有最小表面积，等角形，均衡长度等算法。

验证：如果连成实体的各三角面存在自相交，无相邻边，重复边，无效边，则实体不是

一个有效实体，无效的实体不能计算体积，无效实体必须进行编辑但可以进行空间约束。

线框模型用来描述矿体（矿体模型），巷道（工程模型），硐石，采场，采掘带等。

线框模型不仅仅描述物体的轮廓，还具备以下功能：

快速计算体积和表面积

任意方位的切割剖面

可用于空间约束，如内外的约束

体之间，体与面可进行交，并，差运算

与地质数据库相交。

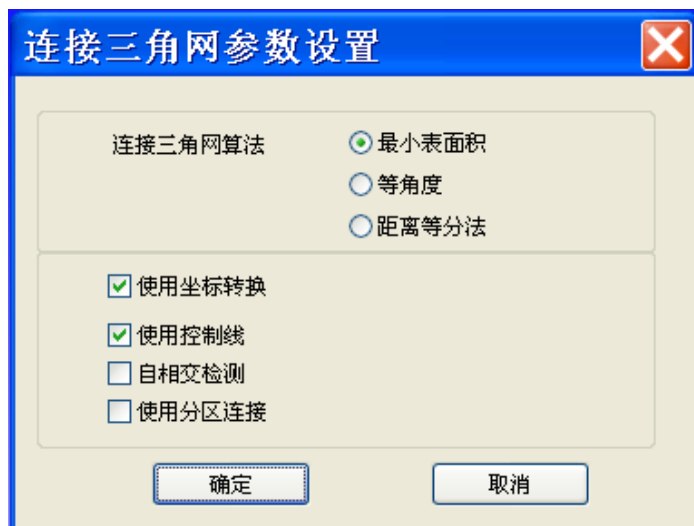
第二节 连接三角网参数设置

建立矿体的方法：

剖面线法：



在创建矿体模型之前，首先需要对连接三角网的参数做一些设置，下面分别作详细说明：



使用什么样的算法使得三角面的集合（即三角网）最能反映物体的轮廓，这就是三角网算法解决的问题。3DMine 软件收集了目前国际上通用的三种算法：最小表面积法，等角度法，距离等分法。

遇到复杂矿体时，往往需要借助一些手段帮助连接：

1) 使用坐标转换：

当两个需要连接三角网的闭合线条形态相似，但空间错位太悬殊时最好使用坐标转

换再进行连接，这样做的好处在于，软件将自动将其上下左右对齐连接，然后将对齐连接后的模型按照两个闭合段的原空间位置进行“牵拉”。

2) 使用控制线：

连接矿体时，地质师根据矿体的赋存情况，需要人为的加以控制，将地质思想用软件体现，比如规定哪个点必须要和哪个点相连。控制线的创建可沿矿体走向，用若干根线连接起来即可。注意控制线不能交叉，且控制线在两个相邻段之间中间不能有另外的点。

3) 使用分区连接：

对于复杂矿体如发分叉矿体，需要使用分区连接来实现。3DMine 软件中设计的分区连接操作非常简单，运用开关选择，步骤少，实现效果佳。

4) 自相交检测：

在连接两段的过程中，一旦出现三角网自相交的情况，会自动拒绝连接，并显示出现自相交三角形的位置。

第三节 矿体模型的建立

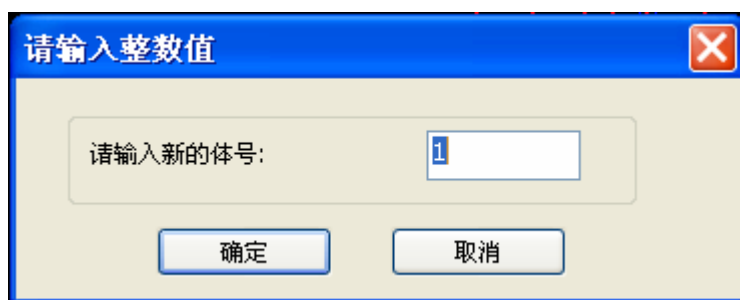
一、剖面线间连实体

几种最基本的简单矿体连接方法：

1. 线之间连三角网

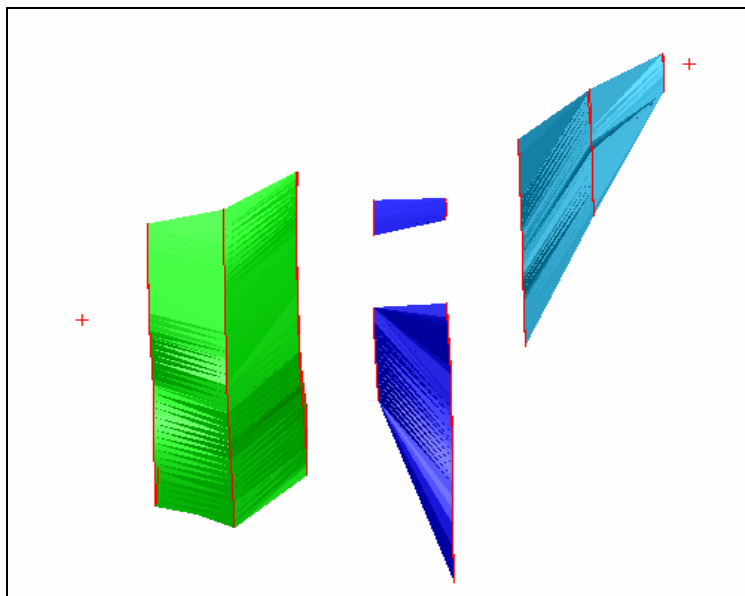
调入文件“C:\3DMine2009.1\示例数据\实例数据\矿体线.3ds”

运行菜单：“矿体模型>>连接三角网>>线之间连三角网”在若干剖面线条之间联结三角网，选择后将弹出如下对话框：



使用不同的实体号来区分不同的矿体（或不同的连接），在此我们可以任意输入一个新的体号比如 1、2、3 等

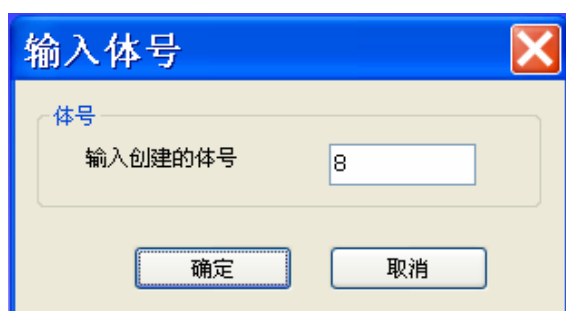
选择任 2 个需要连接三角网的剖面线（注意连接部分），产生如下结果：



2. 线到点

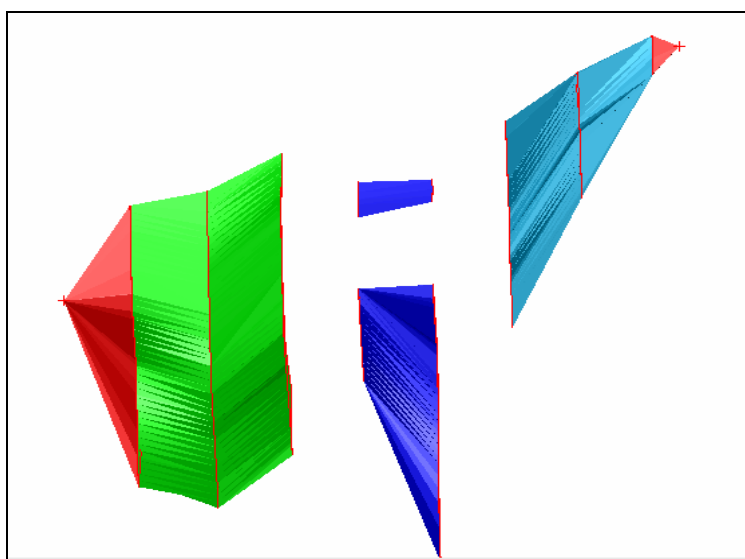
运行菜单：矿体模型>>连接三角网>>线到点

运行该命令后，输入需要创建的体号



依次选择需要连接成三角面的线条和点（线和点不在同一直线上），

连接后：

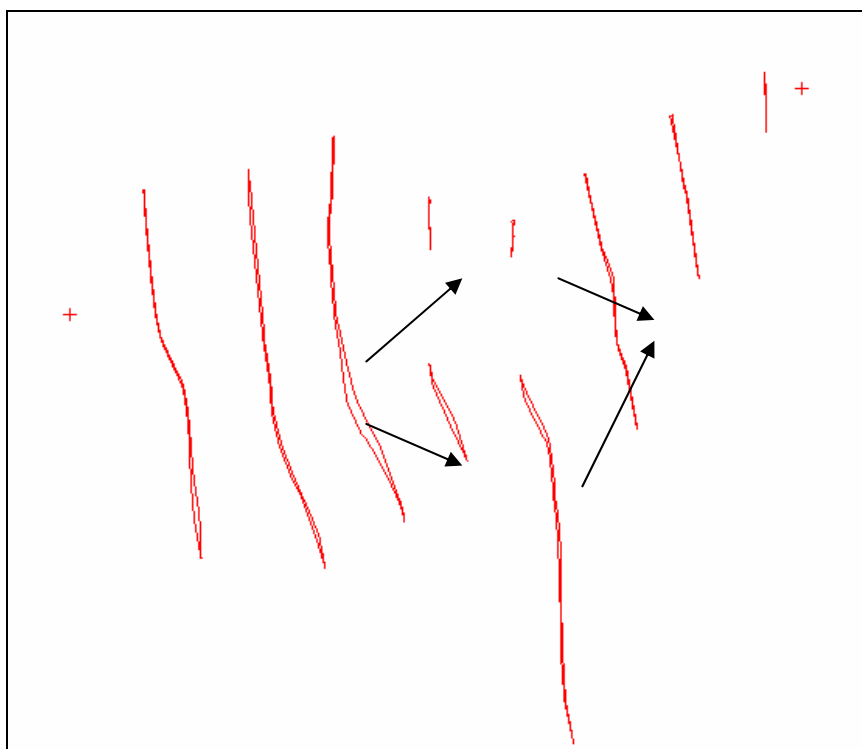


3、使用分区连接：

功能开关选择，对于两个剖面矿体界线的变化较大以及出现分枝复合的情况，在剖面间连接矿体模型时往往是需要人工干预，增加分区线或控制线，从而保证矿体模型的合理性。在实际操作时，这一部分是比较难的，需要有较好的空间理解能力，同时需要对矿体的特征如分枝复合规律有所了解，这也是为什么只有在地质师的理解下才能完成的工作。

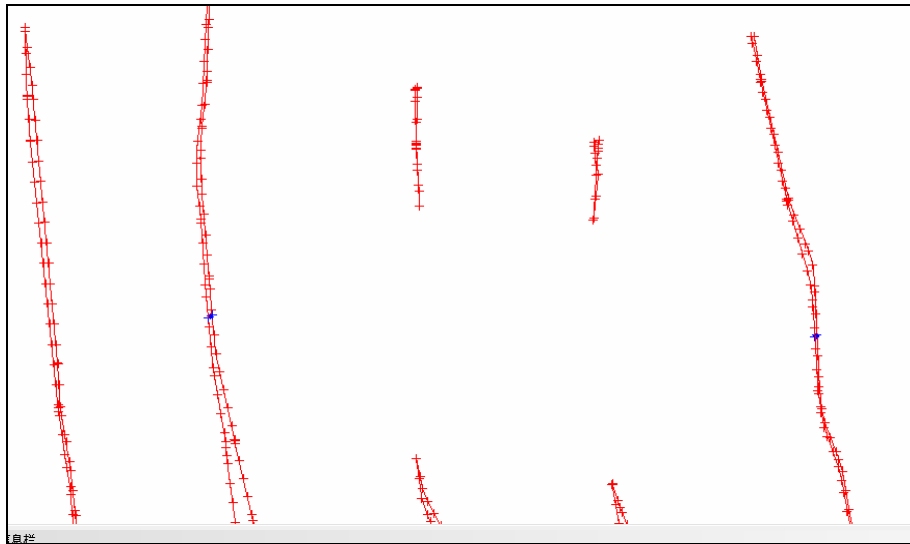
目前的几款国外软件中，只有 Datamine 软件应用了此类手法，应该说是比较方便和合理的，这也是 3DMine 软件所具有的特点。

如下图，两组剖面的矿体界线有明显的分支和复合且形态变异的特征。

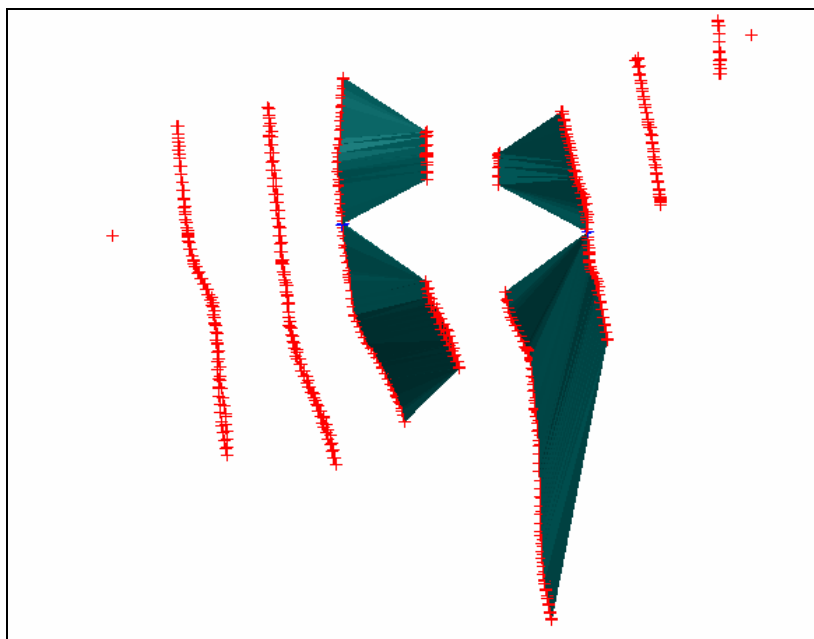


通过将其中一个剖面线（待分开）用分区线合理分开，一般是中间位置，将两组剖面用分区线对应连接（如下图蓝线 2 所示），**连接时必须是捕捉到点上。再打开“使用区域”键：**



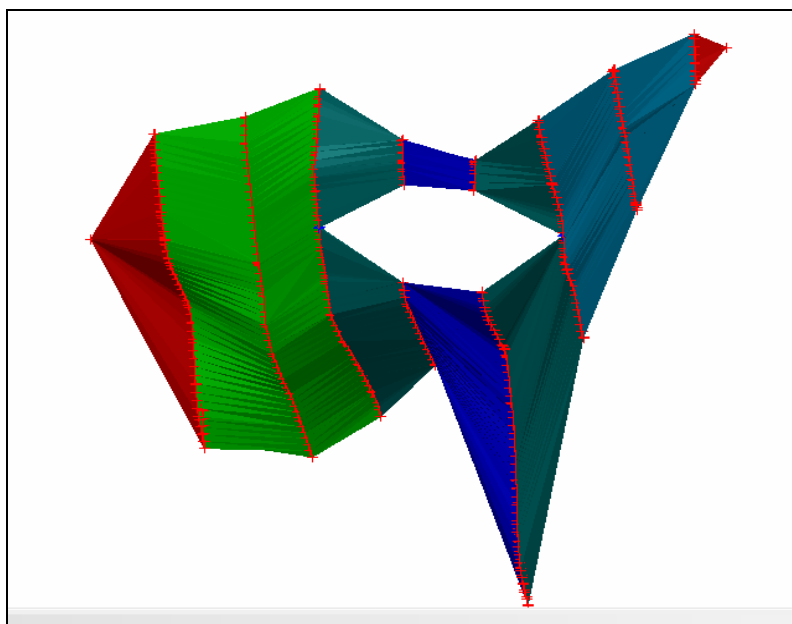


然后使用“连接三角网>>线之间联三角网”的功能分别连接即可（如图）：

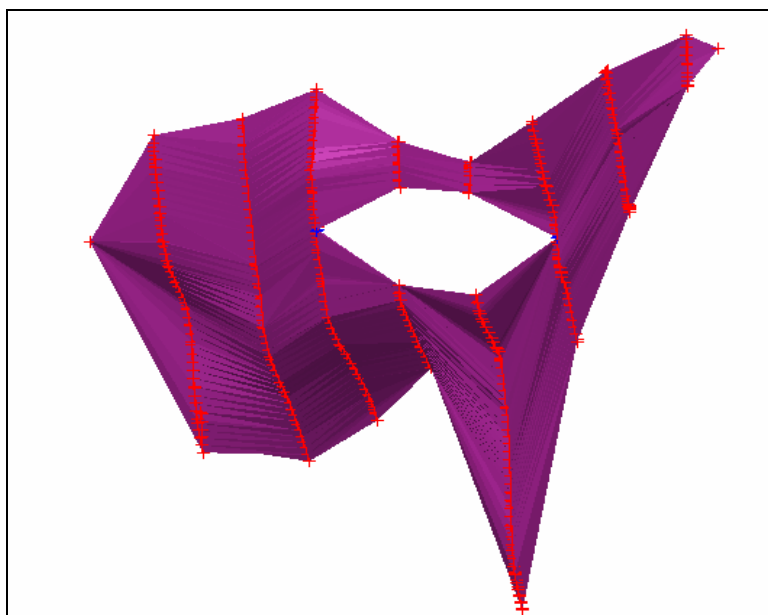


二、矿体模型的合并

在上述过程中，通过连接完成的三角网是赋入不同的体号，表现为不同的颜色，一方面，在连接时容易区分，另一方面便于编辑修改（3DMine 中选择集的应用）。显示所有实体如下：



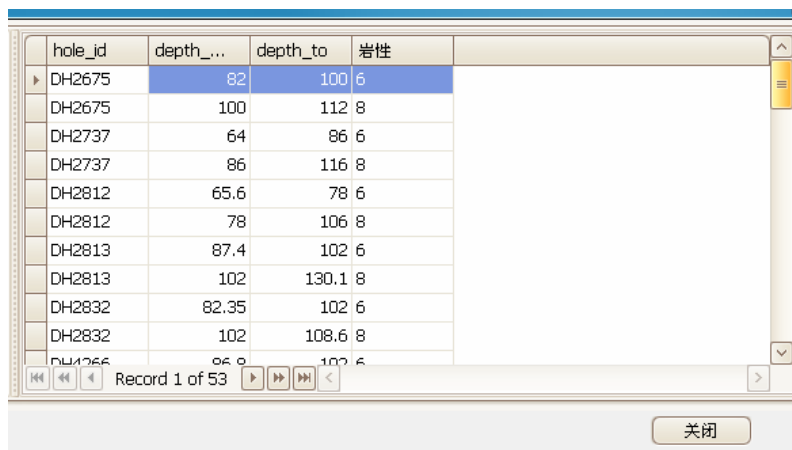
最后，当连接完成之后，需要合并成一个完整的矿体，需要此功能。通过菜单“实体模型>>实体编辑>>合并三角网为一个实体”后，左键框选所需要合并的实体，赋予新的“体号”（如“9”）即将所有连接的不同部分的体合并成一个实体，并通过选择所有图形，点击右键，选择“保存选择集”后，将上述文件保存为“矿体 1.3ds 和矿体 1.3dm”。



第四节 层状模型的建立

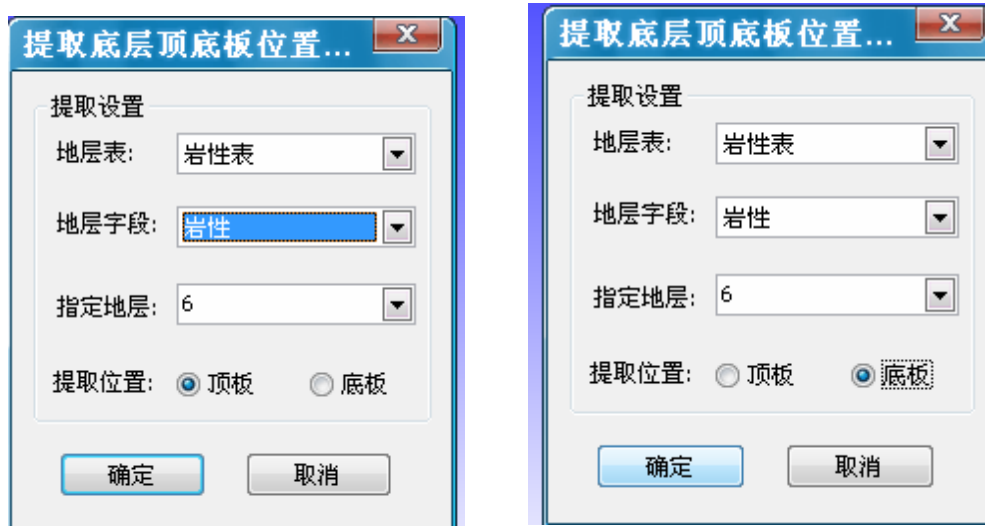
经常有人问计算机软件能否圈定矿体的问题，一般来讲，对于金属矿体，由于其成因和形态的不同，很难用软件自动圈定。但对于层状矿体，如沉积型的层状矿体磷矿、锰矿和铝土矿，以及最常见的煤矿等等，是可以通过层状矿体的顶、底板点的提取，然后，形成顶、底板面并形成矿体的模型。下面以一个实例介绍建模的过程。

第一步：打开数据库“C:\3DMine2009.1\示例数据\练习数据 2\数据库 2.mdb”。注意分析此数据库的岩性表中，比较明确的记录是岩性代码为“6”和“8”，这也是使用该功能的前提。如下表，编辑岩性表时所显示的记录。

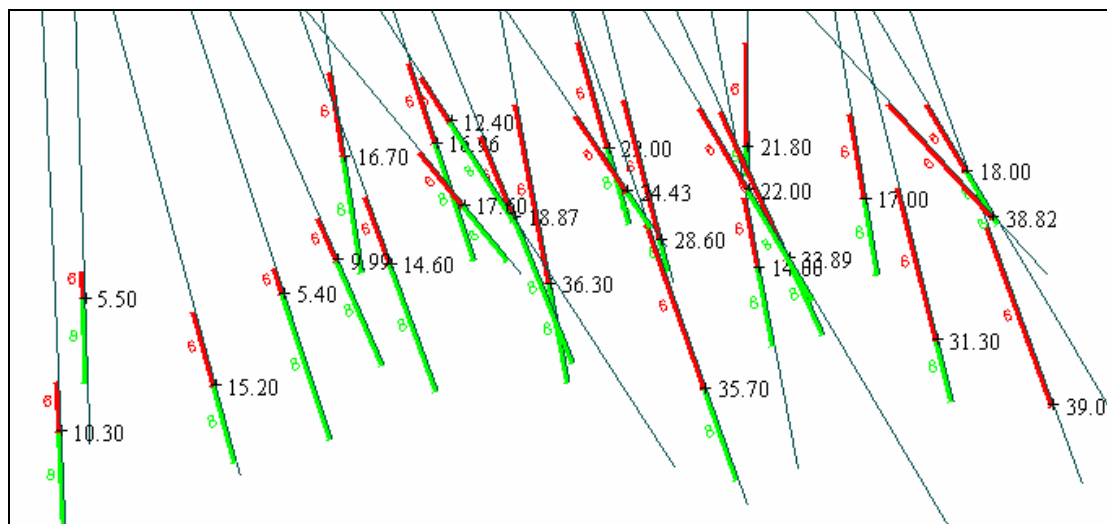


hole_id	depth_...	depth_to	岩性
DH2675	82	100	6
DH2675	100	112	8
DH2737	64	86	6
DH2737	86	116	8
DH2812	65.6	78	6
DH2812	78	106	8
DH2813	87.4	102	6
DH2813	102	130.1	8
DH2832	82.35	102	6
DH2832	102	108.6	8
DH2766	96.9	102	6

第二步：提取矿层顶底板点。进入主菜单“地质数据库>>层数据提取>>底层顶底板点”，点击后弹出对话框，运行两次，分别并选择填入相关的选项：



确定后，相应形成“6 顶板”和“6 底板”的层文件，分别保存为线文件“6 顶板.3ds”和“6 底板.3ds”。如果显示出数据库和岩性，可以看到点文件与工程的位置，同时显示该矿层的厚度值（此值将写入点文件的属性 1 中），如下图：

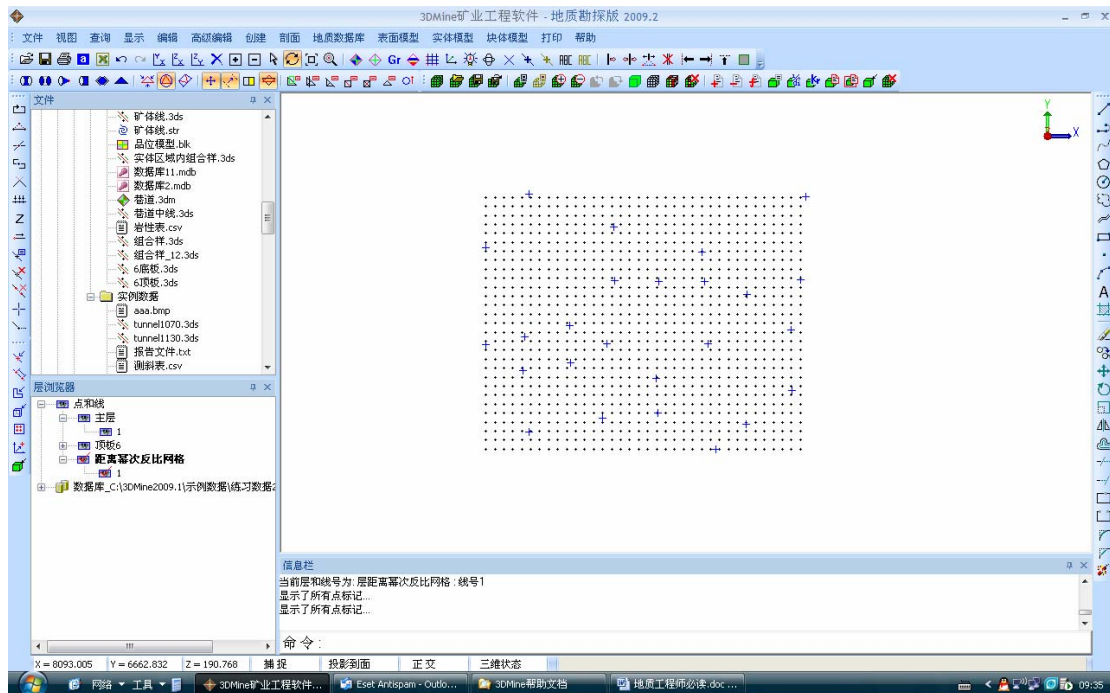


第三步：分别形成顶底板的内差点。这里可以将保存的顶底板文件点直接调入后炸开成散点并通过“表面模型功能”生成，但实际上，这些散点的间隔不等，而且形态上不是渐变的数据。因此，为了使得表面更为合理，需要对上述点文件进行内插点的处理。

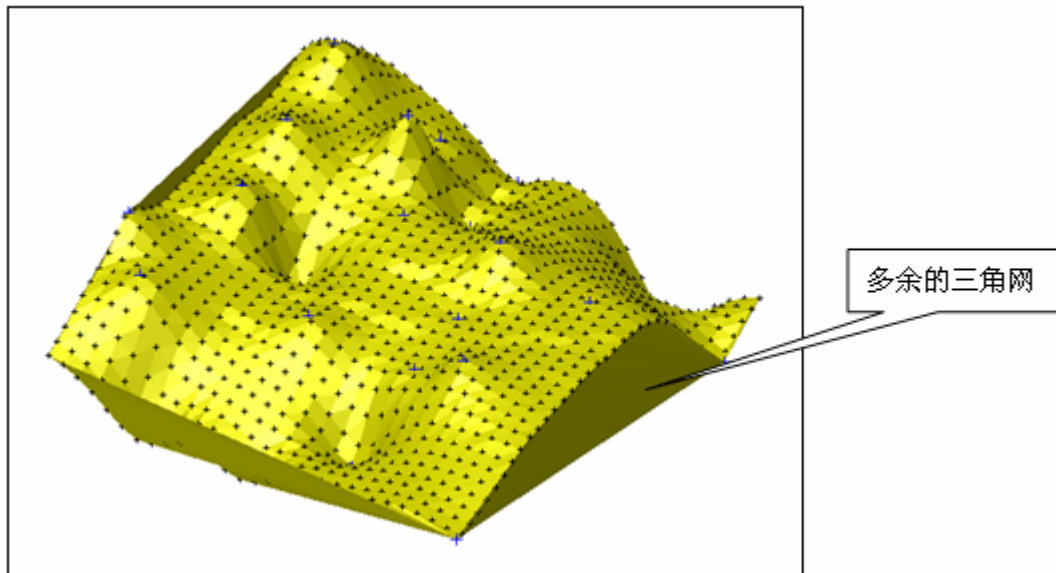
打开“6 顶板.3ds”文件，选择主菜单“表面模型>>距离幂次网格加密”后，弹出对话框并“获取层范围”，同时确定内插网格间距为 5 米：



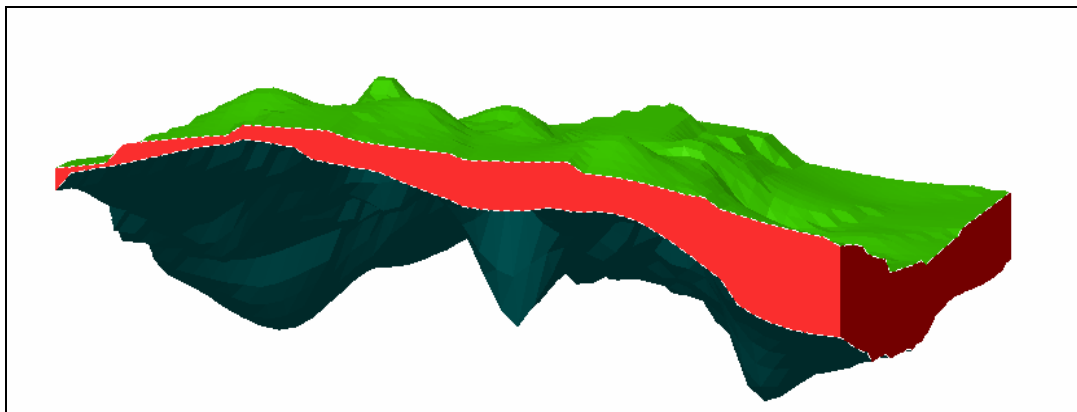
“确定”后在层浏览器中，自动形成“距离幂次反比网格”，并在图形窗口中形成如下的图形。将原来顶板点与后来形成的内插点选择合并后形成文件“顶板 6.3ds”线文件。同样的过程，形成内插文件“底板 6.3ds”。



第四步：形成顶底板的表面模型。打开上述过程形成的文件“顶板 6. 3ds”，选择主菜单“表面模型>>散点生成 DTM”，即可完成，相同的步骤，生成“底板 6. 3ds”的表面模型并分别保存为体文件“底板 6. 3dm”和“顶板 6. 3dm”。如下图：（注意此时形成的表面模型在边部形成多余的三角网，可以通过一个边线框裁剪，也可以直接删除这些三角网）。



第五步：生成表面模型的边框线文件并相应连接形成矿体模型。打开体文件“底板 6. 3dm”和“顶板 6. 3dm”。选择菜单“表面模型>>生成 DTM 边界线”分别选择顶板面和底板面，并相应生成边界线，最后通过菜单“实体模型>>连接三角网>>线之间连接三角网”，设定为“8”号体，连接的结果如下：



注意：完成后保存此矿体文件时，需要用选择集的方式，将不同图层的文件合并即可。

第五节 实体模型的应用

一、实体验证及处理方法

如果组成矿体模型的各三角面存在自相交，无相邻边，重复边，无效边，则该矿体模型实体不是一个有效的实体，无效的实体不能进行计算体积，空间约束，逻辑运算等。无效实体可以通过编辑使其符合各约定，才称得上有效实体。

无效实体分为：

自相交边：三角面产生相交，不符合空间关系。

开放边：实体中发现有三角面无相邻边，即内外不封闭。

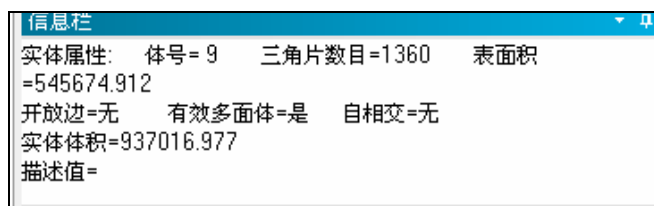
重复边：两个三角面连接了相同的三个点。

无效边：一个三角网的边有两个以上的相连边。

注意：构成三角面的三条边长必须都大于 0.05 米，如果连接三角网的相邻两个点之间的距离小于 0.05 米，则必须清理掉距离小于 0.05 米的重复点，否则连接时容易出现自相交的情况。

二、计算体积

任何一个体模型，都有其体积或者面积。在软件中，使用相关的算法，程序很快报告出相关体积或面积，这是计算机软件的最大优势。在 3DMine 软件中，对于体积的报告更为便捷，使用选择集的概念，可以求出任意指定矿体模型的体积。其结果在信息栏中报告出来，操作过程：选择主菜单“矿体模型>>计算体积”，根据提示，点击指定实体即可得到出总体积，如：上述实体“矿体 1.3dm”的体积为：937016.977。



三、实体范围约束的应用

任何一个实体都是由多个表面组合而成的封闭体，在通常情况下，除用来计算体积外，还有更多的用途是：

- 1) 通过实体切制任意平面或剖面界线（当调入任意实体文件，均会提示）；
- 2) 通过实体范围约束，从数据库中提取组合品位信息（将在后面章节介绍）；
- 3) 通过实体范围，对块体进行约束，可以计算出任意实体内的资源量品位，这是矿体模型中的重要应用之一。3DMine 软件运用了最新的实体填充理论，任何封闭的实体都可以用来约束，解决了长期以来，只有密闭的实体才能充填块体的瓶颈。

第五章 样品组合处理和统计应用

第一节 组合样品处理方法

到目前为止，我们已经建立了数据库和矿体剖面图，下一步，要将数据库中元素的品位提取出来，保存在线文件内，以便于分析样品中品位分布规律。

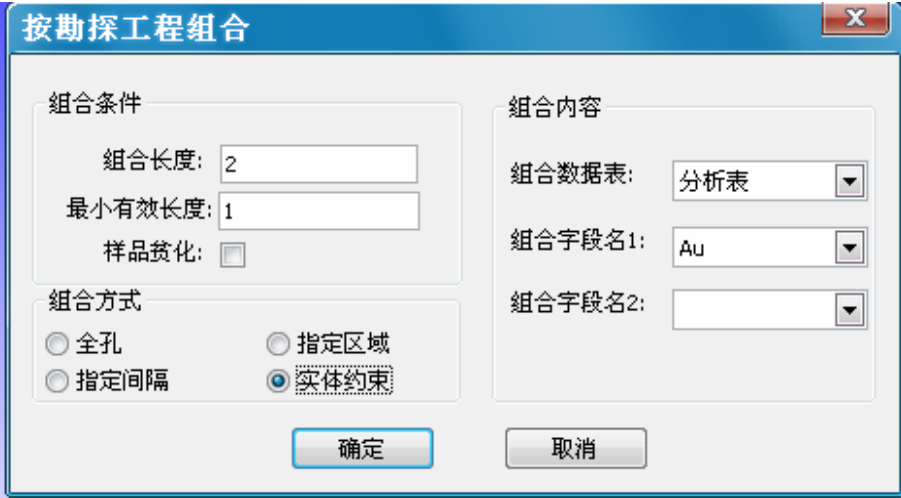
什么叫组合样？组合样品的过程也就是我们以前计算单工程样品品位的过程，在软件中有两种组合类型，一是根据元素边界品位，将矿带（岩性）连续的样品通过品位与样长的加权计算出平均品位；二是将空间不等长的样长，按照指定的长度进行组合量化到一些离散点上，并且通过长度加权得到每个等长样品的品位。这里所讲的组合样不同于地质工作中（教科书上）将一组样品合成一个样品进行化验的概念。地质统计学估值时要求所有参与插值的样品具有相同的承载，即样品具有相同的样长。而地质勘探阶段获得的原始样品一般是随机的，为此需要按照一定的长度对工程原始样品进行组合。在实际工作中，可以采取对所有样品按照平均样长进行组合，也可以按照矿源层属性进行指定组合，还需要考虑贫化和夹石剔除厚度等参数。

——组合样最终产生一些离散的点，除了三维坐标外，在它的描述字段中，存放该点最有可能的品位值。

——只有在工程的方向上，产生均匀（等距离）的离散点，才可用于地质统计中。

——组合样产生的离散点，将用在块体模型中，进行估计插值。

3DMine 提供了以下 2 种组合 6 种方式的方法：



按勘探工程组合对话框，包含以下配置项：

- 组合条件**
 - 组合长度: 2
 - 最小有效长度: 1
 - 样品贫化: ☐
- 组合方式**
 - ☐ 全孔
 - ☐ 指定区域
 - ☐ 指定间隔
 - ☒ 实体约束
- 组合内容**
 - 组合数据表: 分析表
 - 组合字段名1: Au
 - 组合字段名2:

底部有确定和取消按钮。

按照勘探工程进行组合：

- 1) 全孔—是指全部样品按照组合长度依次加权;
- 2) 指定区域—根据岩性表中指定岩性代码范围内的样品进行加权;
- 3) 指定间隔—根据矿带或岩性带的代号确定其顶板至底板的组合样品值;
- 4) 实体约束—是指圈定的矿体范围内的样品进行加权,这是最常用的功能,在这个功能中,运用了实体模型的奇偶检测原理,可以将矿体内的夹石样品剔除。

按照边界品位进行组合:

- 1) 在边界品位以上,按照组合长度,确定夹石剔除厚度,在指定岩性带中点形成加权品位点。这是圈定矿体时常用的方法,根据组合样品的位置确定矿体的边界。
- 2) 同样方法,在组合样品段上形成起止两个点,在线文件中,将间隔距离(厚度)值写入第第三项说明中,通过这个属性,可以通过 DTM 模型等值线方法,形成厚度等值线(等厚线)。

按边界品位组合

组合条件

边界品位: 0.8

最小组合长度: 1

夹石剔除厚度: 2

样品贫化: ☐

等长组合: ☐

组合样长: 2

☒ 指定组合区域

组合内容

组合数据表: 分析表

组合字段名1: Au

组合字段名2:

组合字段名3:

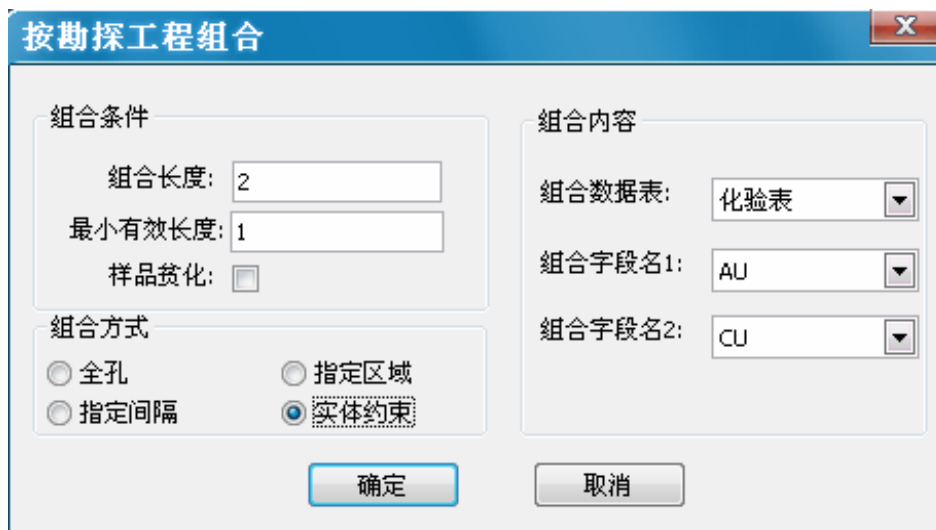
组合位置

☒ 中点 ☐ 线段

确定 取消

下面以实体约束为例,运用数据库: C:\3DMine2009.1\示例数据\练习数据 2\数据库 2.mdb,在“矿体 aa.3dm”范围内进行组合样品的过程如下:

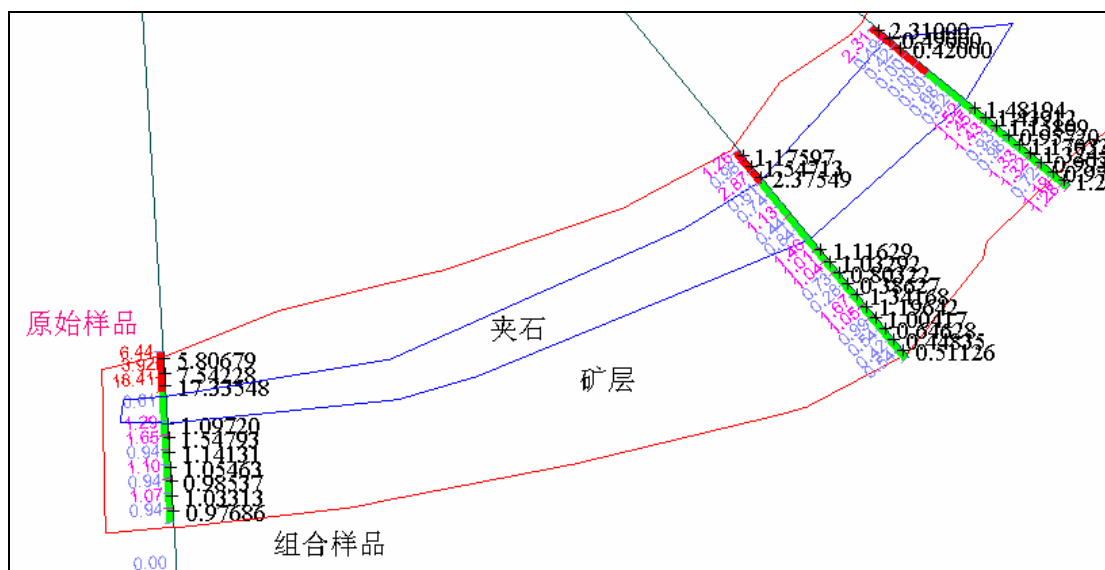
- 1) 打开连接数据库并显示钻孔和矿体实体文件;
- 2) 选择菜单“地质数据库>>组合样品点>>根据地质带组合”,填下表。这里需要说明的是“组合长度”一般选择勘探取样的规范样长,不同的矿种和类型,要求的最大样长是不同的;“最小有效长度”即是组合到最后一个样品的长度,太短就不做样品考虑;“组合字段名1”该元素的组合值写入线文件的字段中。



3) 指定矿体作为约束条件, 将需要选择体文件“矿体 aa.3ds”。注意, 此时的矿体 aa.3ds 文件是含有夹石的, 此功能将只是对矿层进行组合。



这样, 我们就把钻孔的品位信息, 形成图层“实体区域内组合样”, 量化到空间的离散点上, 为地质统计和块体赋值提供依据(如保存为文件组合样.3ds)。通过切割剖面显示的结果如图:



将保存的组合样文件编辑打开后的结果是: 字段 1=Au 的组合值, 字段 2=Cu 的组合值。

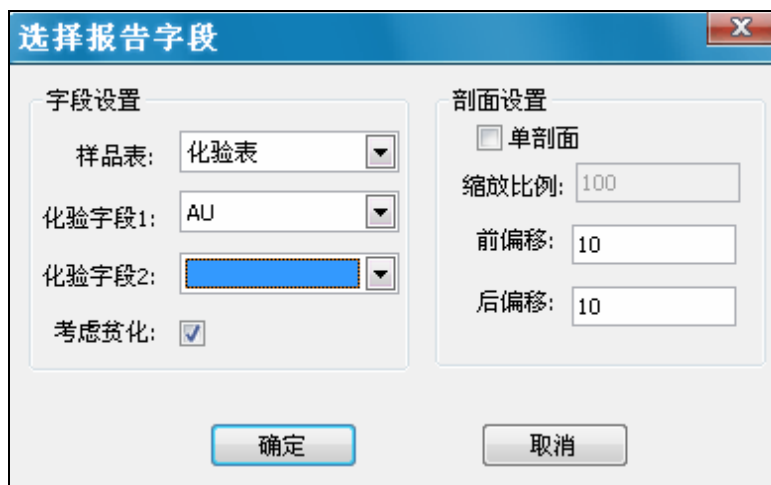


第二节 断面品位计算

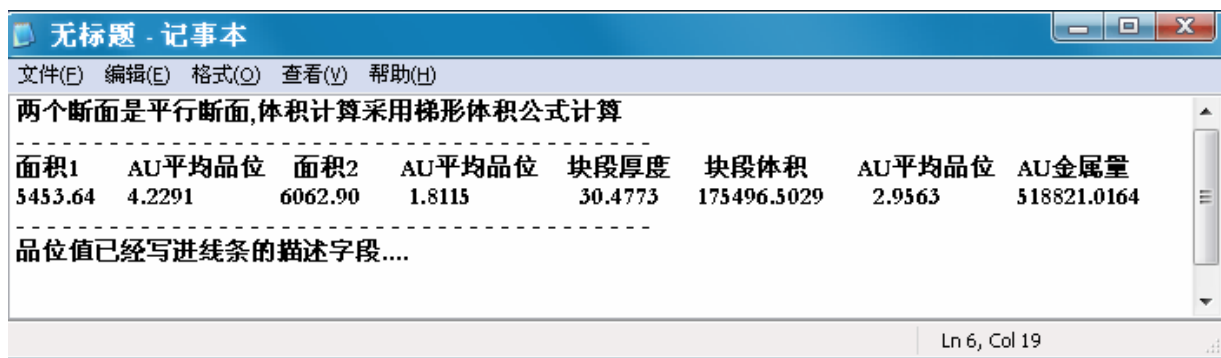
在 3DMine 软件中，加载了传统储量计算方法之一的断面法。通过单个剖面中矿体界线的圈定，同时对矿体范围内的样品按照样长加权求出剖面的平均品位，在选择剖面线时还报告出相应的剖面面积，并且将计算的信息写入剖面线中。

应用时分别按照相邻剖面 and 单剖面外推两种方式进行。其具体步骤为：

- 1) 调入数据库文件 “C:\3DMine2009.1\示例数据\练习数据 2\数据库 2.mdb”
- 2) 根据品位或岩性特征圈定矿体界线（如文件 “矿体 aa.3ds”）
- 3) 在主菜单 “地质数据库>>传统储量计算>>两个剖面间的矿量及品位”，在对话框中选择数据库表、相应元素和单剖面？（如果计算相邻两个剖面的量则不选择单剖面。）



- 4) “确定”后，需要选择相邻的剖面线或者单剖面，从而得到相关的剖面间储量计算结果：



注意：此功能目前只能对单一的矿体剖面进行计算，如果有夹石的剖面，则需要通过对夹石的另行计算。在下一个版本中将考虑一次剔除夹石的算法。

第三节 地质统计与应用

组合样的结果为一个空间的散点文件(如组合样.3ds)，通过对该文件的属性(即品位值)进行统计分析。地质统计是根据组合样品值进行基本地质统计和高级地质统计分析(变异函数分析)。

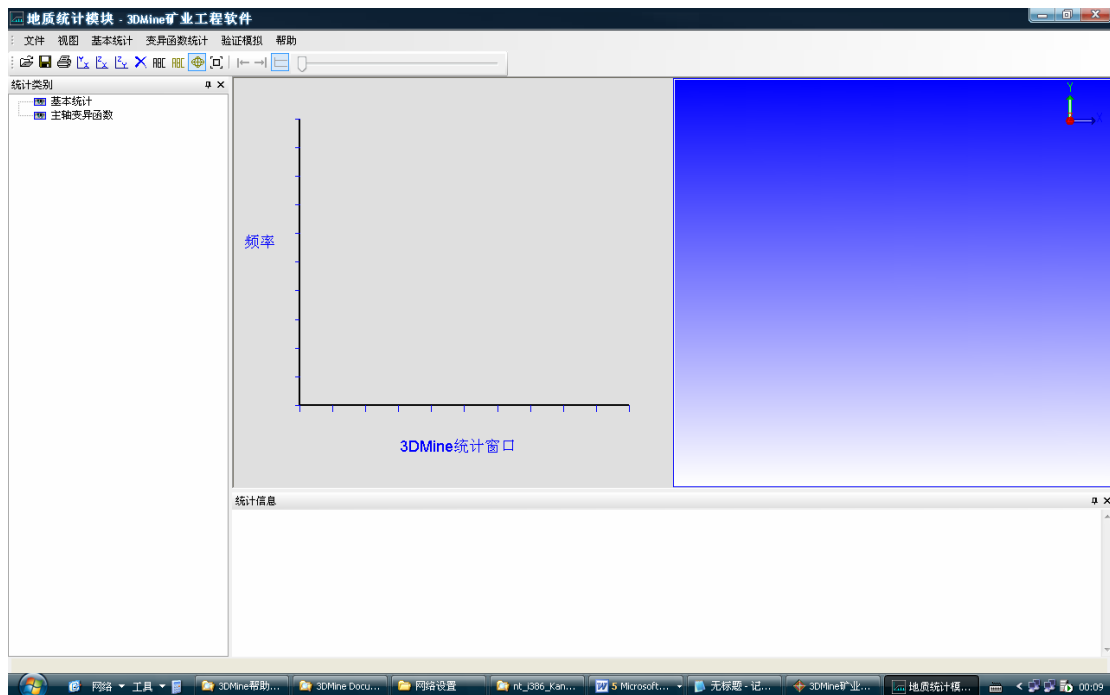
其中，基本统计可以得到所有组合样品的数量、平均值、方差、均方差、峰度、偏度等统计数据和图形结果。

高级地质统计则是变异函数的具体应用，是克里格估值方法参数的求证过程。计算变异函数的目的是为了应用计算的参数、根据已知样品数据对块体模型中单元块相应的属性采用一定方法进行估值。建立的变异函数模型及其参数是影响估值精度的重要因素之一。目前在分析变异函数模型时，采用了球状模型、高斯模型、指数模型和嵌套模型。一般的过程是通过样品的统计分析，计算出主轴、次轴和短轴三个方向的变化，从实际数值的变异分析(实验半变异函数)进行拟合理论半变异函数，从而可以判别样品品位结构性和变异性，即是品位值既是随机的，又是与周围一定距离内的样品值有关。

在 3DMine 软件中，独立开发出一套地质统计模块，作为主要数据处理和分析模块，在过去的很多年中一直是难以理解和接受的，一方面理论较深奥，公式和算法都不是简单的函数；其二是，没有一套软件可以将深奥的理论让人通俗易懂和易于操作，从而，一直是成为这类方法推广的瓶颈。

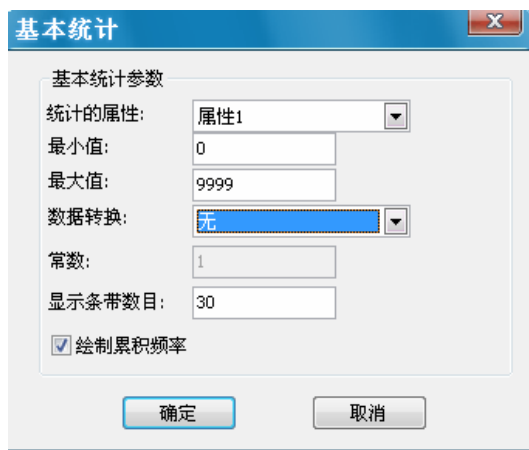
3DMine 软件中地质统计模块，实现了数据、图形和结果的完美结合，并对难以想象的搜索椭球体形态可视化，对三个轴向进行自动设定，从而解决了上述难题。结合实际的组合样数据“组合样.3ds”，其基本统计过程如下：

- 1) 在主菜单“块体模型>>估值>>地质统计/变异函数分析”打开统计模块：

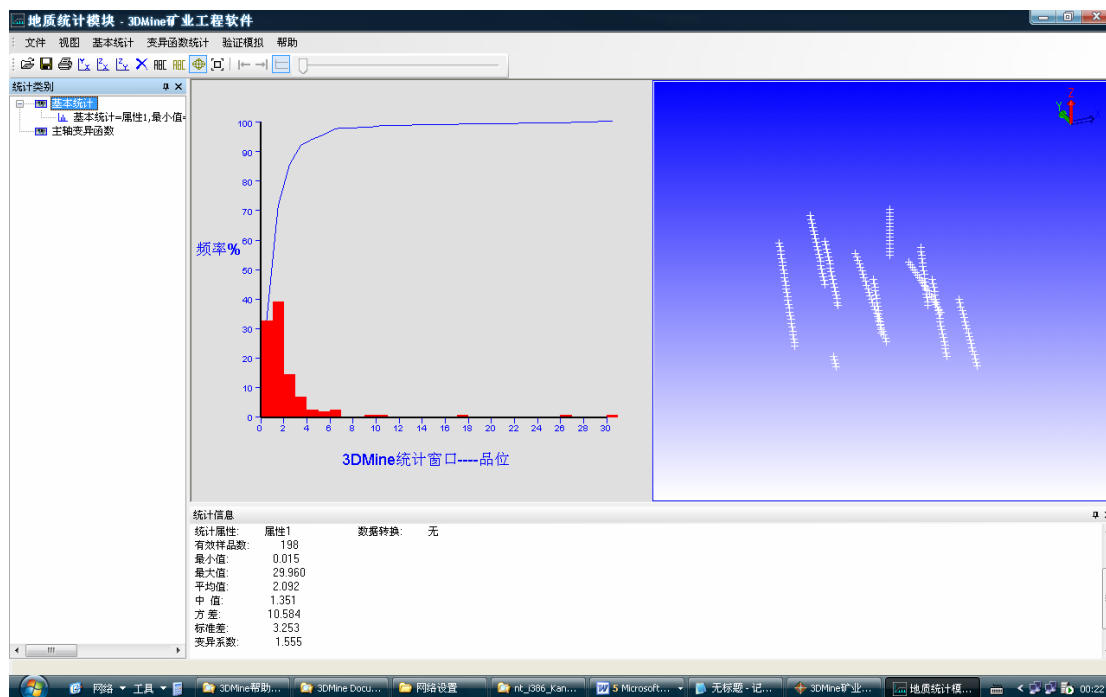


2) 在菜单“文件>>打开样品点文件”，找到文件“组合样.3ds”，确定后在右侧的图形窗口中即可以看到样品点文件的空间分布。

3) 在菜单“基本统计”或“右键点击统计类别中的“基本统计”，选择“新建基本统计”弹出的对话框：在数据转换中，可以选择方式的变换，如对数转换。



4) 点击“确定”后，在统计窗口、信息窗口和图形窗口分别得到相应的内容：

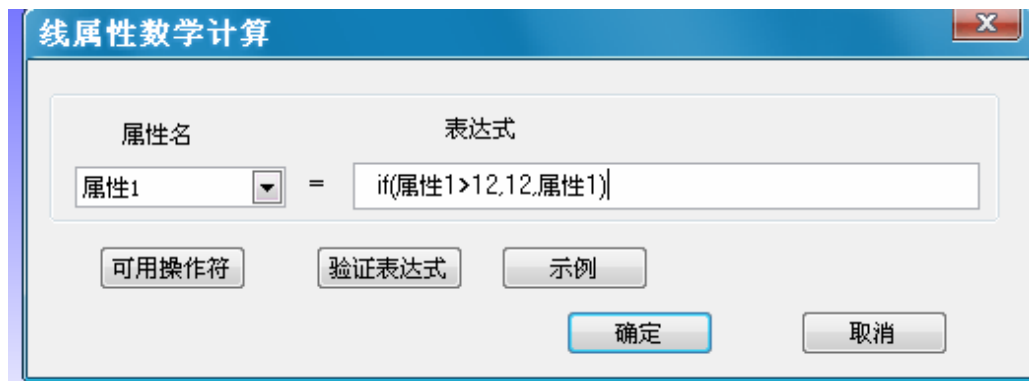


从上述信息中可以看到：此组合样文件中“属性1”即金品位的统计结果是：

统计信息			
统计属性:	属性1	数据转换:	无
有效样品数:	198		
最小值:	0.015		
最大值:	29.960		
平均值:	2.092		
中值:	1.351		
方差:	10.584		
标准差:	3.253		
变异系数:	1.555		

根据信息结果，可以对参与统计的样品进行分析，其中最重要的一个应用即是根据累计频率分布曲线，可以求出特高值的取值点。在国外矿产资源评价中，通常是选用分布概率为95%或97.5%的品位值作为特高品位值（本例中97.5%的概率值大约是12左右）是（与国内采用平均品位的6-8倍相同）。

5) 通过相关的计算，完成特高品位值的处理。现在回到3DMine软件菜单中，打开文件“组合样.3ds”，选择主菜单“高级编辑>>图元数学计算”功能，对属性1（Au）值大于12的按照12处理，小于12的值保持原值，其公式为“If 属性1>12, 12, 属性1”。因此，填写下表为：



“确定”后，需要通过鼠标框选所有的组合样数据点，点右键结束，从而完成了特高品位的计算和处理，将此文件保存为“组合样_12.3ds”供后来使用。

高级统计部分将在《地质统计》帮助中详细介绍。

第六章 块体模型概念与估值方法

品位模型（也叫块体模型）是另一种数据库的格式，是将数学地质与品位空间分布的结合的具体应用。这是和传统的数据库不同的地方，存储数据的时候更像内插替换一个值，而不是度量一个值。另外一个主要的不同在于这个值具有空间参照性。第三个不同在于块模型在打开的时候完全放在了内存中，实现了动态操作，如画等值线等属性，当然同时对内存也提出了较高的要求。

当前矿业软件中引入块体模型概念是在空间上，在一定的范围内，确定一定尺寸的空间块体，相对应的块体都有一个质心点，这样，在质心点上可以存储所有属性；同时，引进次级模块的概念，则是保证矿体边缘的块体尽可能地与矿体界线（曲面）相一致，从而得到准确的报告值。与地质统计学相结合，是应用数学方法对品位分布进行估值，是块体模型的重要特点之一。由于品位分布是在资源中受地质因素控制而明显存在的，从而形成一定约束条件下的品位模型。在资源储量估算中，利用块体模型可以准确地进行资源量和品级报告。

在创建块体模型时需要明确的几个概念：

- 1) 块体空间范围：尽可能建立的块体模型能够包含所有矿体以及采掘的岩石范围以便可以计算出矿岩量，而不仅仅是矿体范围。
- 2) 块体尺寸：通常情况下，块体尺寸的大小取决于矿体的类型、规模和采掘方式，例如，脉状金矿或铜矿与层状铁矿的块体尺寸是不同的，并且露天开采与地下开采方式的不同，定义的块体尺寸也是不同的。
- 3) 次级模块：每个有一定体积的长方体叠加构成了块体模型，然而，在矿体边缘（曲面），需要对边缘块体进行分割成更次一级的子块，以期使得矿体边缘的块体更接近于矿体，从而保证了计算的误差在许可范围之内。次级模块的分割是按几何级数进行，也不能太小。
- 4) 估值方法：通常根据矿床类型和样品数量来选择不同的估值方法。对于详查或勘探级别的矿山而言，数据量往往不多，一般采用距离幂次反比或最近距离法，对于详细勘探和生产矿山来讲，样品量比较大，可以选用克里格法，但需要对数据进行分析后才能使用。
- 5) 约束条件：块模型的部分空间是块的组成部分，每一个都和一个记录相联，这个记录是以空间为参照的，每个点的信息可以通过空间点来修改而并不仅仅是取决于其精确测量，空间参照就是一些额外的操作，空间操作的方式是在某个

实体的内（外）、表面的上部或下部空间、可以按照块体本身属性的大小等逻辑操作。这样便于计算出任意空间范围的矿量和品位。

第一节 品位模型的建立和显示

在 3DMine 软件中，设置了一系列的菜单功能来简单快捷完成下这些过程，通过一个实例学习相关的内容，更容易理解和掌握其原理和操作过程。

1) 块体模型建立：调入矿体线框文件(C:\3DMine2009.1\示例数据\实例数据\矿体.3dm)到图形区，然后在主菜单“品位模型>>模型>>建立块体模型”，弹出下列对话框，并自动确定了矿体空间范围（X、Y、Z 的坐标范围），定义块体尺寸和次级模块的大小。

注意：定义块体的范围时，一般要尽量将矿体和希望包括的区域覆盖。对于块体最大尺寸一般定为勘探网度的四分之一或五分之一，次级模块的尺寸与矿体的形态和厚度有关。如果矿体的走向不是近似于南北或东西时，需要考虑用旋转块体模型。

本例为一脉型金矿，走向 115° 左右，最小矿脉厚度在 1 米左右，延长和延伸性较好，因此定义为 5X2X5，即南北向（厚度方向）的尺寸最大为 2 米。



建立旋转块体模型对话框，包含以下信息：

块体模型名称		旋转角度:
旋转块模型		25

块体尺寸		
原点坐标	延伸长度	标准块尺寸
X: 430017	X: 900	X: 5
Y: 3682794	Y: 300	Y: 2
Z: 510	Z: 770	Z: 5

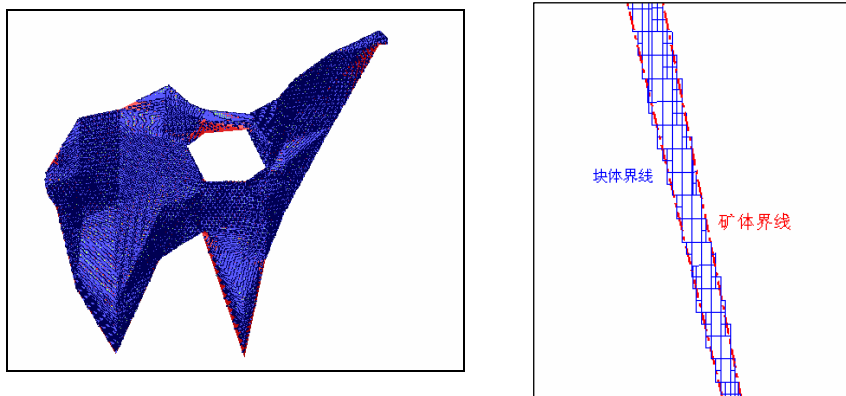
次级模块大小: 2.50, 1.00, 2.50

确定 取消

2) 点击“确定”后，块体模型文件即创建完成，并在左侧的层浏览器中可以看到相应的路径和名称（新建块体模型）。点击右键选择“显示”或者选择主菜单“品位模型>>显示>>显示块体模型”在图形区显示该模型。通过右键点击“添加约束显示”或主菜单“品位模型>>块体区域显示>>添加区域显示”，不同的约束类型（实体内外、表面上下、闭合线延伸、块值大小和已定义的区域文件），相应有不同的选项并可以将条件保存到区域（约束）文件中（如区域_矿体.zon）：



在矿体范围内的块体模型为下图，并在剖面上看到相应的内部块体边线：



3) 添加属性：模型建立完成之后，需要为模型的块体添加属性，这里的属性有分析元素名称、比重、矿（岩）石类型以及其他的含义。在层浏览器中右键点击块体模型文件选择“建立新属性”或在主菜单“品位模型 >> 属性 >> 新建”，根据矿体特征和属性需要进行定义。注意：在定义任何属性时，要明确属性的类型和背景值的含义。本例中建立了 Au 元素、比重、矿岩类型和矿体编号四个属性。



上述工作完成之后，**注意**保存块体模型文件（如：品位模型.blk）。

第二节 估值方法的选择与应用

对于属性的不同，估值（内插值）的方法也不同，通常情况下，属于文本类型的属性，往往是通过直接赋值的方法，给特定的区域赋入特定的属性，如矿石类型，级别或夹矸等等；对于元素品位，比重等属性则是通过内插值的方法进行分配的。其中估值的方法有：

直接赋值法 (给块模型分配一个精确的值—单一赋值)

最近距离法 (将距离最近的样品点的值分配到待估块质心)

距离反比法 (指定的有效范围内的样品的权重是根据距块质心的距离反比)

普通克里格法 (使用克里格法以地质统计研究中的方差参数来修改块模型中的值)

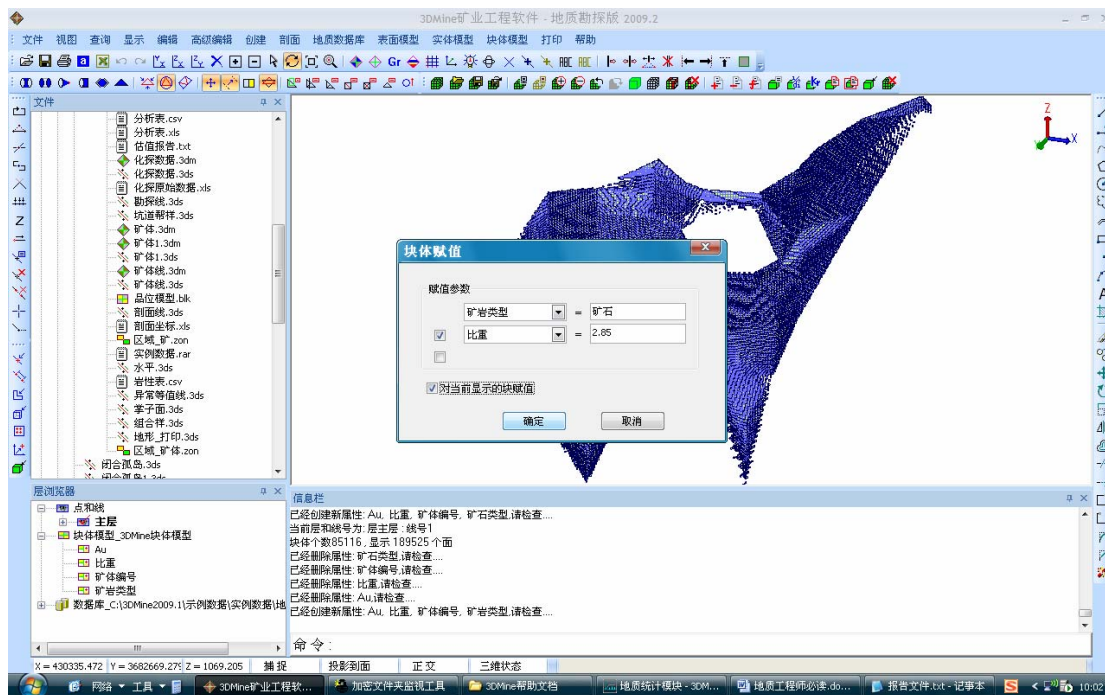
简单克里格法

从线文件分配值 (对于一条闭合的线，描述字段的值都可以作为落在其中的块的值) 输入质心 (直接从文本文件输入块质心的数据)

在赋值时，需要注意的是属性的不同而带来不同的估值方法，最根本的目的就是保证在希望有数据分配的空间，通过估值方法实现。从而保证每个块体的质心点上都能够查询到相关的值。

一、单一赋值

在主菜单“品位模型>>估值>>单一赋值”来直接给废石和矿体区域指定相关说明或分配比重值。方法简单，容易理解。主要是需要分析具体范围以及约束条件。如在品位模型.b1k中为矿体内的部分赋入“矿石”属性，比重为 2.85（如下图）。**注意：此时选择当前显示的块赋值，需要约束显示矿体部分才能点对勾。**



根据特征名字和输入文件的字段，来填充数据行，日志文件将告诉你是否你的操作已经成功完成“对当前显示的块赋值成功...”。

二、距离幂次反比法

对于象元素品位、煤质指标等数据是不能用单一赋值的方法为每个块体赋入相应的数据（除了用多边形法），这时引进了距离幂次反比法和克里格法。其中，在地勘阶段，由于数据量较少、很难找到相应的变异函数的变化规律，因而，距离幂次反比法是最常用的方法之一，是在模型质心最近的样品点的值修改块的值，指定的有效范围内的样品的权重是根据距块质心的距离反比得到的。

此时，我们需要用到前面形成的矿体钻孔组合样文件‘组合样.3ds’，此文件上，第一字段的属性即是金的品位，我们使用“距离幂次反比法”菜单，查找如下的参数：

第一步：选择“品位模型>>估值>>距离幂次反比法”，按下表内容填值：

我们在这一步中必须包含线数据，因为线文件在数据库组合的时候已经限定了数据。

幂次：任意整数次，但一般选择“1、2 或 3” 通常选择“2”即为“距离平方反比法”；

在记录“到样品点最近的距离”栏中添加“距离值”属性，将自动记录用此方法赋值时，被赋值的块体与样品点的最近距离，并将此属性保存在块体模型中。同样的道理，为“平均距离”和参与的“样品数”等属性直接求出并保存在块体模型中。

第二步：输入如下参数：

最大搜索半径：根据数据空间位置，确保所有块体都能够找到数据源为主；

主轴：即矿体走向轴；

次轴：矿体的延深方向轴；

短轴：矿体的厚度方向轴；其比值决定矿体的形态。一般矿体的长度和延伸差不多时，其主轴/次轴的比值为 1；矿体越是扁状，主轴/ 短轴的值越大。

椭球体方位角：就是主轴方位角；

主轴倾角：即通常所说的矿体侧伏角；

次轴倾角：即是矿体的倾角。

选择的样品的最小的数量小于没有评估时候的数量(这里如果只有一个样品被发现就不进行评估)；

样品的最大数量意味着这个数值将制约评估时候的有几个最近的样品（这里是 12）。

描述点：如果这些字段都是 3，3 和 3，模型中用户块将会分成 27 个小的次级块，品位评估的就是每个次级块的质心，27 个次级块的品位可以计算，再分配给质心，明显地增加了处理时间(相比较这里的 x, y, z 为 1 的时候)，对这样额外的计算在使用这个距离反比功能中并没有任何好处。

搜索样品参数--第二步

搜索椭球体参数		次分块估值	
最大搜索半径	200	椭球体方位角	120
主轴/次轴	2	主轴倾角	0
主轴/短轴	5	次轴倾角	65
样品参数		八分圆	
最少选择样品数	3	<input type="checkbox"/> 使用八分区	
最多选择样品数	12	有效分区最少数目	2
<input type="checkbox"/> 每孔最多选择样品数	5	分区内最少样品数	1
孔号所在的字段	属性2	分区内最多样品数	4
		<input type="checkbox"/> 只考虑xy平面距离	<input type="checkbox"/> 显示椭球体
		估值报告	估值报告
确定		取消	

第三步：确定后，需要用约束条件对估值范围进行限定，这里是矿体内。

块体约束引擎

约束类型：
☒ 实体 ☐ 表面 ☐ 闭合线 ☐ 块值 ☐ 区域文件

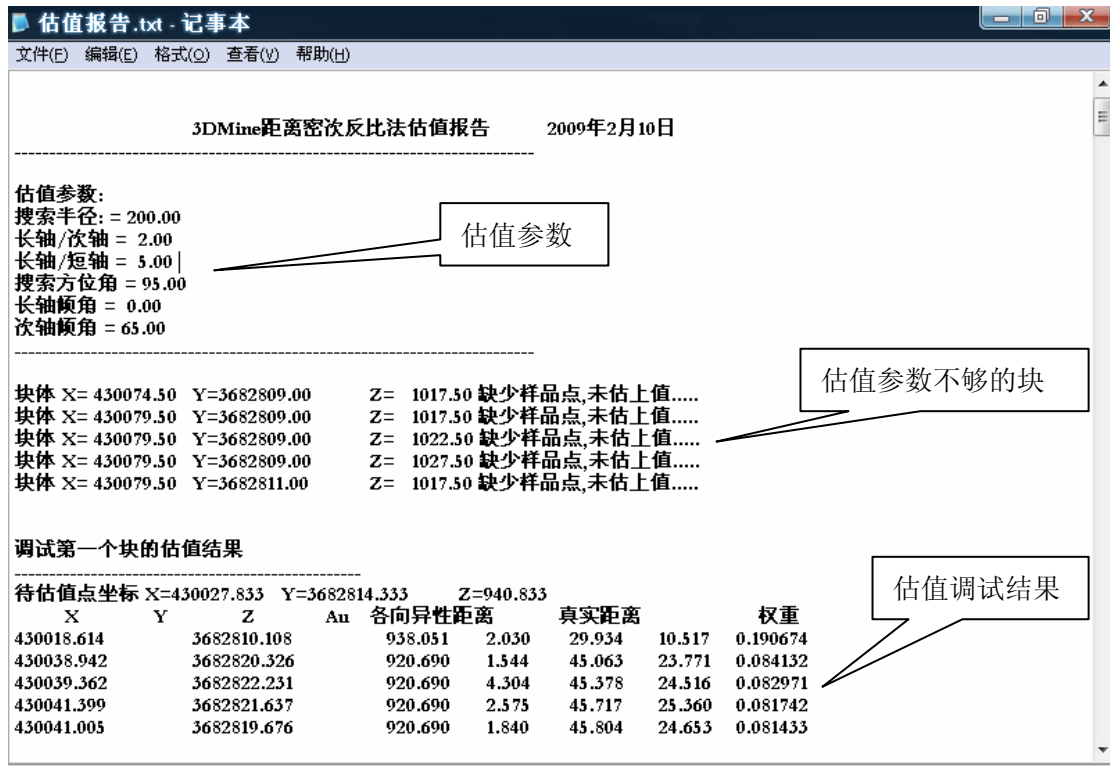
参数：
实体文件： **文件** **添加约束 ->**
☒ 内部： **清除约束 --**

☐ 保存到区域文件

确定 **取消**

估值过程：一般块体越小，数量越多，估值时间越长。

估值报告：完成赋值后，将相关应用参数以文本报告形式显示并保存。



一旦处理完成，保存更新后的模型，输出的文件将包含评估参数的摘要。

如果用户使用的数据量较大，用户在赋值前先创建好需要赋值的约束文件，以便使赋值过程时间短，效率高。应用的数据范围通常有两种情况：一是指定某矿体内（通过线框实体约束钻孔数据），另一个则是通过岩性带组合以及通过边界品位约束组合样的范围。而不是泛泛地对工程数据进行组合并用来估值。

有关克里格估值方法将在高级培训中讲解。

第七章 块体模型的应用

根据上述的方法为不同的块体赋予不同的属性（值），实际上，块体模型也是一个数据库，每个块体的质心点作为存储这些属性值的支点，因此，可以块体模型的应用也即是基于块体的属性进行，可以将支点的坐标和属性导出到电子表格，可以在显示时按照属性分类，矿体或任意空间范围的储量和品位报告，还可以通过估值时保留的“距离值”参数来确定块体质心与已知样品点之间的网度，从而求出不同的储量级别等等，下面详细介绍块体模型的应用。

第一节 块体质心点数据导出

块体模型的重要特点之一是可以将矿域范围内通过离散点的方式，将矿体或岩石的属性赋存在这些点上，因而，可以将这些点的属性和位置导出。主要用途是可以将离散点的值进行分析，也可以用于其他软件的使用，因为不同软件的块体模型很难兼容的。

第一步：连接打开“块体模型.blk”。

第二步：选择主菜单“块体模型>>打开/保存>>另存为质心点”，弹出保存文件名的对话框（如质心点文件）。

第三步：得到的“质心点文件.txt”，在左侧层浏览器中，右键点击该文件“查看/编辑”得到的结果如下：



注意：这样导出的质心点文件往往很大，因为将该块体文件的所有块体的质心点都导出了。如果只需要矿体的质心点，则需要块体模型先进行约束，再通过“块体模型>>保存/打开>>保存当前显示区域模型”将其另存为独立的块体模型，然后再导出即可。

第二节 块体按照属性值着色

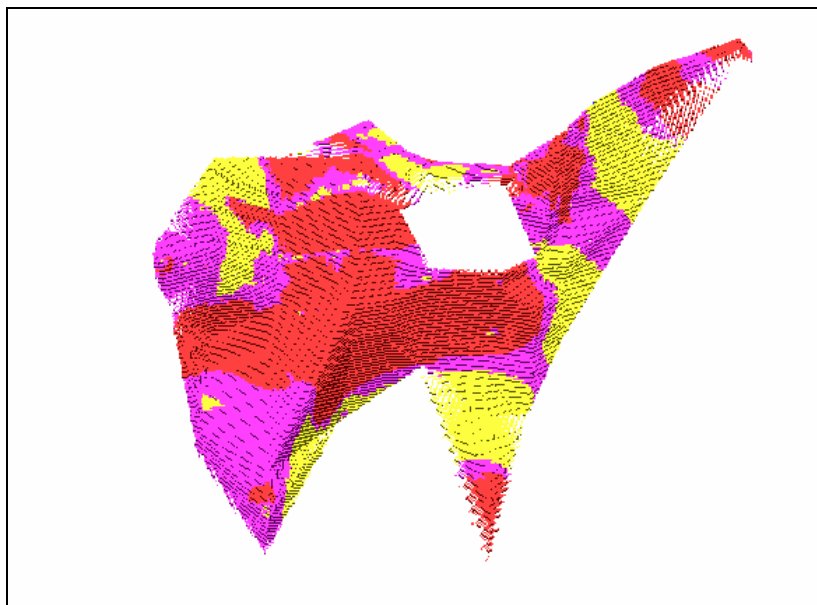
根据块体属性，用不同的显示风格和颜色是块体模型的常用方法之一。可以对数据按照区间范围，对字符属性按照名称等等显示，这样非常直观的浏览矿体的属性。

第一步：连接块体模型“块体模型.blk”

第二步：选择主菜单“品位模型>>显示>>块体按照属性值着色”，或者在左侧的层浏览器中，左键点击“块体模型”，右键点击属性（如 Au），对 Au 的颜色定义（按照边界品位定义）如下（数字属性按照范围确定颜色）：实质范围是： $0 < Au < 1$ ； $1 \leq Au < 3$ ； $3 \leq Au < 5$ ； $5 \leq Au < 999$



确定的结果是：



相同的步骤，可以为所有属性定义显示风格并保存到块体模型中，可以随时调用。

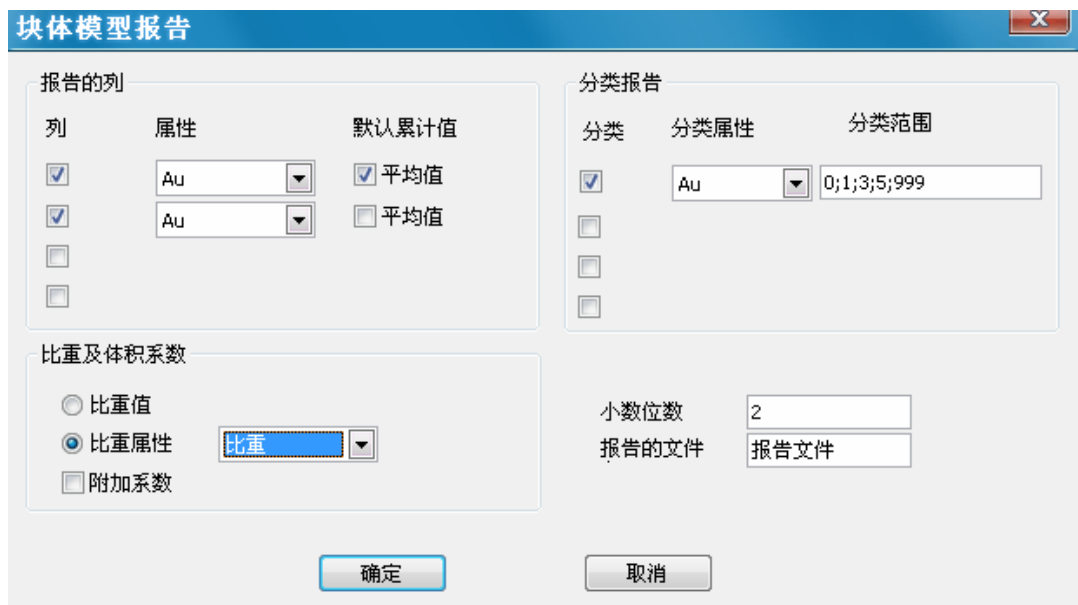
通过为某个属性颜色显示还可以检查空间的块体是否都在赋值范围内且均有参数值(如果有块没有值，需要调整估值参数重新运行上述步骤)。

第三节 资源量报告

经过上述估值后形成的块体模型，进行矿石资源量和品位的报告是其重要的应用。进行报告时，有下列三种情形：

一、整个矿体的资源量报告：

确定区域范围后，从主菜单“品位模型>>块体报告>>块体报告”，填写如下的对话框：



块体模型报告对话框包含以下配置项：

报告的列		
列	属性	默认累计值
<input checked="" type="checkbox"/>	Au	<input checked="" type="checkbox"/> 平均值
<input checked="" type="checkbox"/>	Au	<input type="checkbox"/> 平均值
<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>		

分类报告		
分类	分类属性	分类范围
<input checked="" type="checkbox"/>	Au	0;1;3;5;999
<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>		

比重及体积系数	
<input type="radio"/> 比重值	
<input checked="" type="radio"/> 比重属性	比重
<input type="checkbox"/> 附加系数	

小数位数	2
报告的文件	报告文件

底部按钮：确定、取消

报告的列：指定需要报告的属性名称，其中，选择“平均值”即是加权平均值，不选择的结果是矿石量。

分类报告：选择分类属性，对于数值型的属性（如元素品位），将间隔用分号“;”时，表示“间隔点”的范围如“0;1;3;5;99”意思是将品位范围按照 0-1；1-3；3-5 和 5-999 进行报告。如果是逗号“,”表示“从一至”并需要指定步长，如标高间隔“900,1070,10”意思是从标高 900 至标高 1070，每隔 10 米进行报告。

比重及体积系数：指定储量计算时选用的比重值是直接输入（值）还是从块体比重属性提取，也可以选用一定的系数进行计算。

小数位：表示最后显示的报告中品位的小数位数。

确定后，还需要对报告范围进行约束，可以是矿体实体内部，也可以是约束文件的内部。如果选择了“报告当前区域量”则不会出现此对话框。

最后得到的矿量以及平均品位报告并形成的文本文件，结果显示如下：

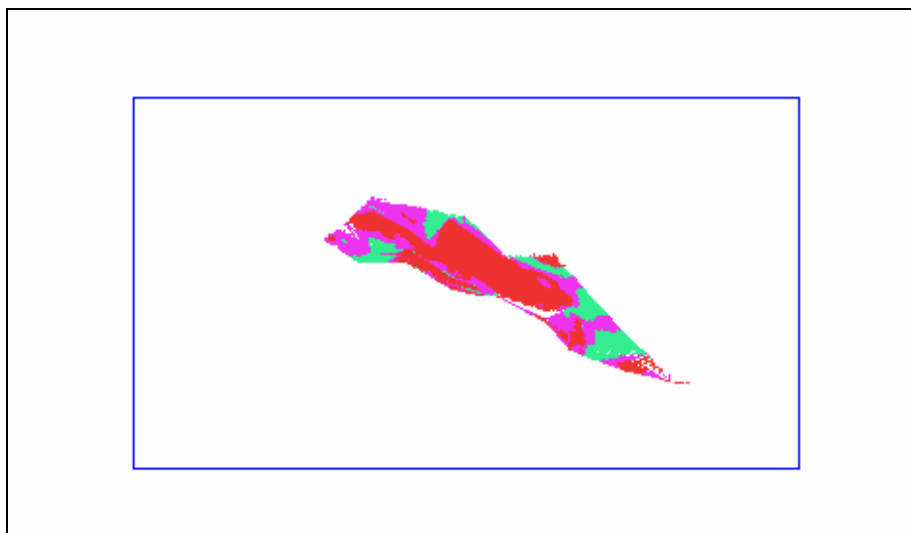
3DMine块体模型报告				
2009年2月10日				
Au	体积	重量	Au	Au
0.00~1.00	13	36	0.96	34.28
1.00~3.00	121400	345990	2.33	806478.95
3.00~5.00	217281	619252	4.00	2477150.58
5.00~999.00	457794	1304712	11.59	15122308.54
总计	796488	2269989	8.11	18405972.35

二、保有储量报告

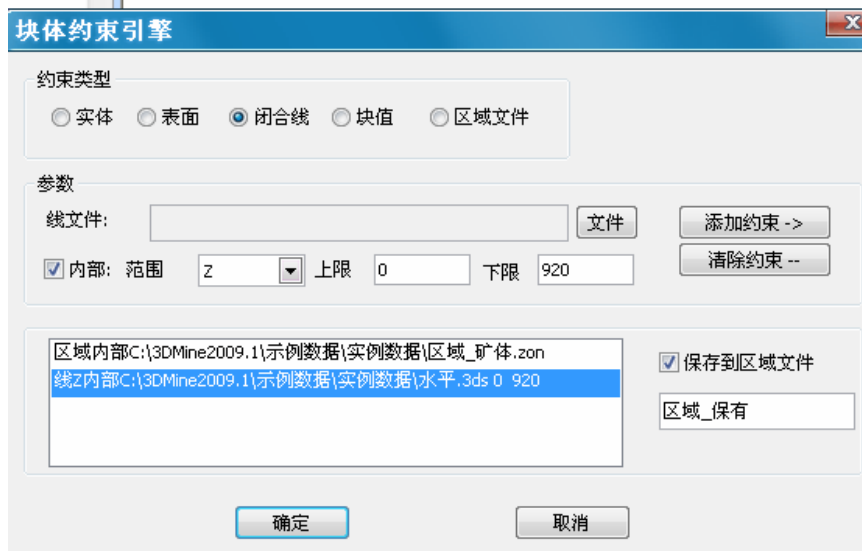
块体模型的最大优势是计算速度快，在块体模型中，通过碰撞检测，对任何逻辑约束空间内的块体提取出来进行计算，也是计算机的优势，在过去，曾经有人通过手工计算，求出相应范围的块体量，这是十分困难的工作，现在已经变得十分简单。计算保有储量的前提是需要现有的块体范围内，对已经采剥（空区）的范围建立实体模型或者露天台阶面，再通过约束关系，报告出余下的矿量。

在本例中，我们需要求出 920 中段以下的矿体资源量和品位，其步骤如下：

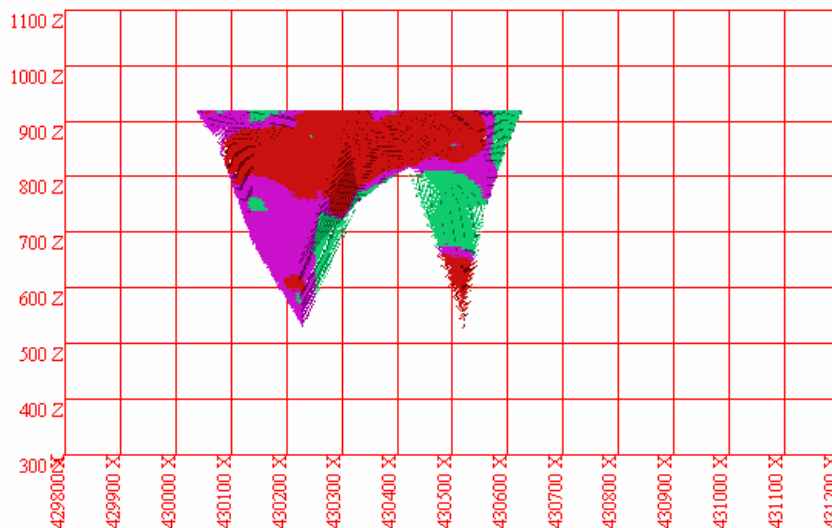
第一步：需要建立“闭合文件”，通过“创建>>矩形框”，在矿体范围外，创建一个水平的矩形框，如文件“水平.3ds”。



第二步：选择主菜单“块体模型>>块体报告>>块体报告”，确定报告参数和属性后，进入约束条件引擎中，首先是矿体内，其次选择“闭合线”并指定文件和标高范围，两者的交集部分即是保有量的部分（保存为区域_保有.zon）：



得到的结果是：



报告的结果为：

3DMine块体模型报告				
2009年2月10日				
Au	体积	重量	Au	Au(矿石量)
1.00~3.00	46194	131652	2.38	312939.89
3.00~5.00	117788	335694	4.03	1353625.56
5.00~999.00	339031	966239	12.66	12227795.66
总计	503013	1433586	9.69	13894361.11

三、储量级别报告

如何进行不同级别的储量报告？这是国外储量分级与我国执行的标准最大的不同之处，为此，这里详细介绍目前西方地质工程师常用的分级报告方法。

块体模型中使用的样品文件是从数据库中组合提取的，每个样品点都有自己的 XYZ 位置和品位值，通过这些空间样品点对块体进行赋值时，软件会自动求出了待估块的质心点到已知样品点的最近距离，并将距离值写入块体的“距离”属性中，这样，所有空间块体中都有该属性值。由于矿体的范围在解译时已经考虑的外推距离和边界品位，因此，通过块体估值的结果不会超出我们设定的范围。同时，根据矿体的复杂程度，储量可信度和网度要求，确定不同矿种对空间控制距离参数，从而得到不同距离范围内的矿石资源量，也就是不同级别的储量。

当我们在分类报告中，选择“距离值”作为主要指标进行约束分类时，从而得到的不同距离内的储量（这也是我们通常所理解的储量级别）报告，如澳大利亚某金矿的储量分级报告如下：

Run No.	Resource Category	Minimum Samples Required	Maximum Search Range (m)	Tonnes	Gold Grade (gpt Au)
Run 1	Measured	10	30	4,693,000	6.20
Run 2	Indicated	8	50	8,201,000	5.40
Run 3	Inferred	4	100	8,032,000	4.20
	Total			20,926,000	5.12

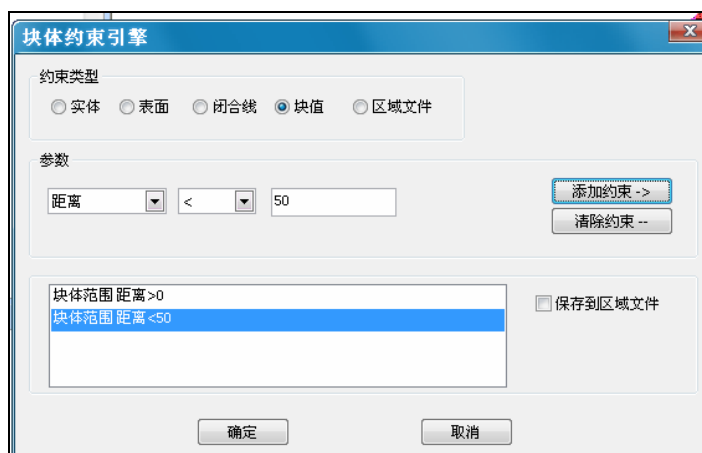
我们如何完成本例的报告？

第一步：在块体模型中添加新属性“储量级别”，类型为字符型。

第二步：在菜单“块体模型>>估值>>单一估值”后，设定储量级别为“确定的”

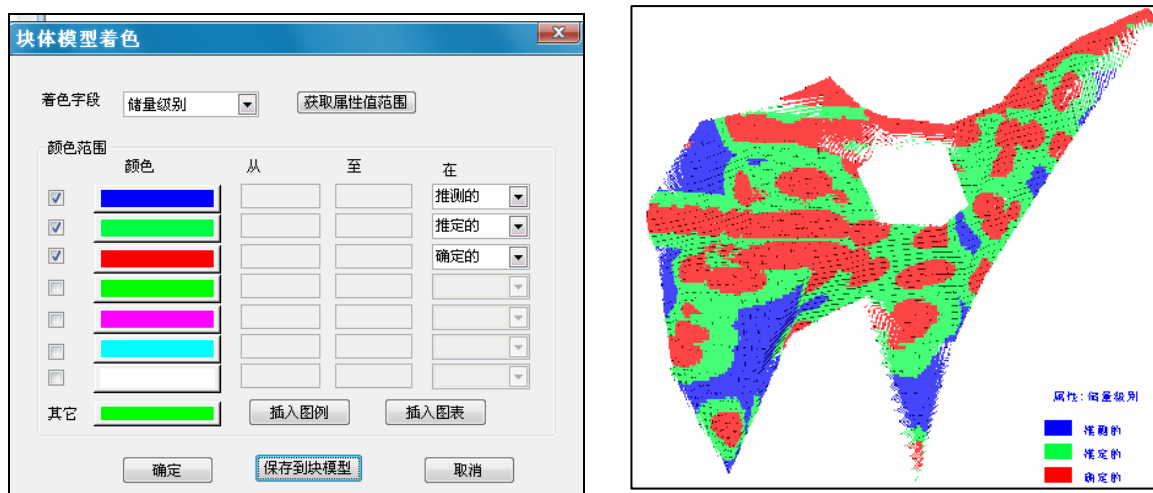


第三步：设定约束条件在“块值”下选择“距离”属性，0-50 米的范围：



相同的步骤，分别赋予储量级别“推定的”的范围是大于等于 50 米，小于 100 米，“推测的”范围是大于等于 100 米，小于 200 米。这样就完成了块体中不同级别的定义。

在块体模型中，对储量级别进行风格（颜色）显示，其结果是：



最后进行储量分级报告是，在“分类报告”中选择“储量级别”进行，结果如下：

3DMine块体模型报告					2009年2月10日
储量级别	体积	重量	Au	Au	
推测的	127931	364604	5.85	2134181.83	
推定的	333525	950546	7.80	7416169.22	
确定的	335119	955088	9.27	8855371.92	
总计	796575	2270239	8.11	18405722.97	

结束语

本文以有限的篇幅简略地向您介绍了我们自主开发的 3DMine 矿业工程软件在地质工作方面应用的的一些基本情况,分多个章节介绍了本软件在地质勘查基础工作和矿产储量计算方面功能时所采用的技术,包括数据及数据库管理、数据处理及组合分析、矿体实体模型建立及块模型品位的估算方法,以及矿产资源储量计算。3DMine 矿业软件所建立的矿体模型和品位分布模型是可靠的,地质统计功能完善,所选用的变异函数模型和参数计算正确,储量计算结果真实可靠,软件模块成熟,操作简便,完全可以用于矿山资源评估、采矿设计和规划编制等工作。希望通过本文的介绍,能增加您对 3DMine 软件的了解,不妥之处敬请批评指正。