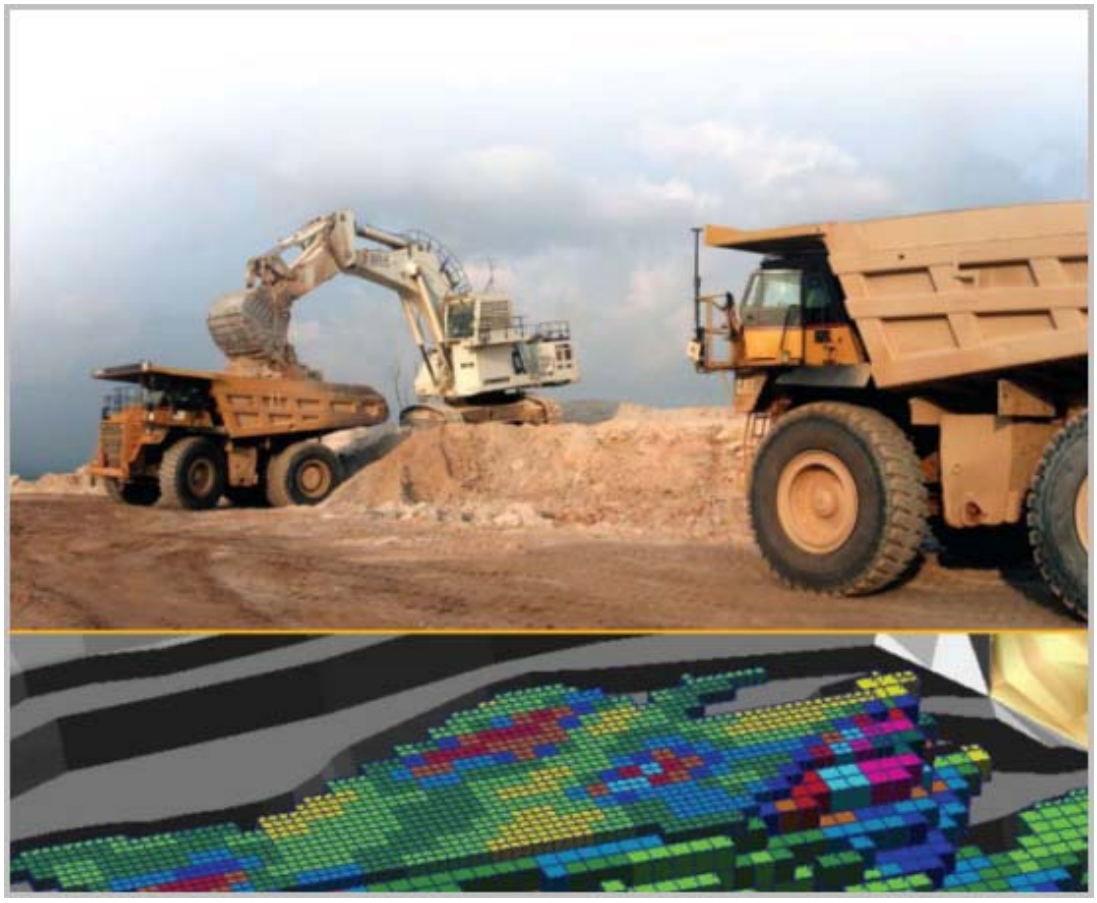
GEMCOM SURPAC™

# 露天采矿设计



GEMCOM 国际软件公司

SURPAC 中国办事处

# 版　　权

**GEMCOM 国际软件公司（Gemcom Software International Inc）**保留对本手册的所有权利。

SURPAC软件和本手册的所有权属于GEMCOM国际软件公司，未经GEMCOM国际软件公司及其SURPAC中国办事处（北京市凯迪捷科贸有限责任公司）的书面许可，任何人不得出售、复制、拷贝本手册或手册的任何部分。如果需要获得这样的许可，请向当地的GEMCOM办事处申请。或登陆GEMCOM网站www.gemcomsoftware.com和GEMCOM国际软件公司SURPAC中国办事处网站（中文）www.surpac.com.cn联系相关事宜。

我们尽可能详细谨慎地准备本套手册，仍然难免出现一些错误和疏漏，真诚的希望读者提出改进意见。

**GEMCOM国际软件公司（Gemcom Software International Inc）拥有 Gemcom，Gemcom logo，及其产品Whittle， SURPAC，GEMS，Minex，InSite 和 PCBC的所有权利，**

**本手册涉及的产品为**
Gemcom Surpac 6.0

本教材是由 GEMCOM 中国办事处根据其软件在中国区培训的需要编写完成，也可以作为用户使用时的参考。我们将根据软件的版本升级而进行更新，力求与 SURPAC 软件的发展相一致。然而，本手册仍然不可能为用户提供无限详尽的说明，所以其重点是讲解软件常用功能和工具如何使用。对于新用户它是一个很好的学习教材。对于授权用户，建议接受相应的软件培训。

本手册中包含有配套的数据文件，建议使用者结合配套的数据文件使用，效果会更好。配套的数据文件可以登陆SURPAC中国办事处网站www.surpac.com.cn 下载。

如果您在使用本教材的过程中遇到问题，请联系 GEMCOM 国际软件公司 SURPAC 中国办事处（北京市凯迪捷科贸有限责任公司）：

地址 ： 北京市石景山路 22 号长城大厦 701 室
邮编 ： 100043
电话 ： (010) 8868 2561/2562/2560
传真 ： (010) 8868 2560
邮箱 ： support@surpac.com.cn
网址 ： www.surpac.com.cn

# 目　　录


**第 1 章 绪论 ..... 1**

1.1 需求 ..... 1

1.2 目标 ..... 1

1.3 内容 ..... 1

**第 2 章 数据准备 ..... 2**

2.1 台阶参考线 ..... 2

任务：获得台阶参考线 ..... 2

2.2 底部周界 ..... 4

任务：确定底部周界 ..... 5

2.3 设计参数确定 ..... 8

任务：设计边坡角 ..... 8

任务：确定公路 ..... 9

**第 3 章 最终开采境界设计 ..... 12**

3.1 设计最终境界 ..... 12

任务：最终境界设计方法 ..... 12

3.2 编辑公路 ..... 16

任务：编辑公路 ..... 16

3.3 扩展到地表 ..... 19

任务：扩展到地表的方法 ..... 19

3.4 最终境界的DTM模型 ..... 27

任务：创建最终境界模型 ..... 27

3.5 开采终了的DTM模型 ..... 29

任务：开采终了模型 ..... 29

3.6 剥采比计算 ..... 32

任务：计算剥采比 ..... 32

**第 4 章 露天采矿设计绘图 ..... 39**

4.1 文件准备。 ..... 39

4.2 图元绘制方式 ..... 39

4.3 图元绘制映射 ..... 39

4.4 成图 ..... 40

4.5 示坡线的绘制 ..... 40

**第 5 章 排土场设计 ..... 43**

5.1 排土场设计 ..... 43

任务：排土场设计 ..... 43

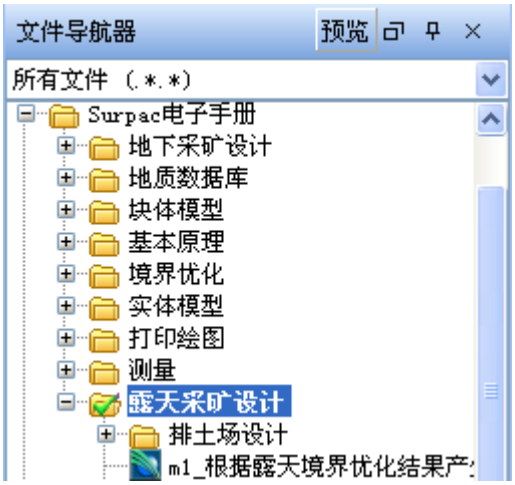
5.2 排土场容积计算 ..... 51

任务：排土场容积计算 ..... 51

# 第1章 绪论

本手册讲解怎么样利用 SURPAC 软件进行露天采场最终境界的设计和排土场的设计。设计过程具有很高的灵活性和可控制性。包含了多种多样的公路、台阶的设计方式；在接近地表模型时，怎么样控制和编辑线获得满足开采要求和设计要求的最终境界线文件，并根据这些线文件形成最终境界模型。提供了开采量，矿石量，剥采比等重要参数的计算和报告方法。

本教材的培训数据存放在配套光盘的“SURPAC 电子手册\露天采矿设计”文件夹中，练习时将该文件夹的内容拷贝到硬盘上，并设为当前工作目录。如下图：




## 1.1 需求

手册编写时，假定读者或者用户已经具备了 SURPAC 软件的相关基础知识。强烈推荐初次学习人员先学习 SURPAC 软件手册基础指南部分，然后开始本章节的学习。

在开始本手册的学习前，应该保证以下条件：

- 已经安装了 SURPAC6.0 或者更高的版本。
- 获得了和本手册相关的数据文件。

## 1.2 目标

本手册讲授如果根据实际经验和理论将露天采矿的设计参数应用的 SURPAC 软件中，并根据这些参数创建露天坑最终境界模型。

## 1.3 内容

本手册中有关露天采矿设计教学的内容主要包含了以下几个方面。

- 最终境界设计的数据准备和参数
- 最终境界设计
- 露天采矿绘图
- 排土场设计

# 第2章 数据准备

露天开采境界是指露天矿开采终了时（或某一时期）所形成的采场空间边界。它由露天采场的地表境界、底部境界和周围边坡组成。露天开采境界设计就是要合理的确定露天矿的底部周界、最终边坡和开采深度等。

在 SURPAC 软件中，最终开采境界的设计是根据露天境界优化的结果作为最终开采境界设计的参考，根据台阶高度，边坡角，公路等参数，利用一定的工具设计最终境界。

首先是根据境界优化结果获得每个台阶的参考线。

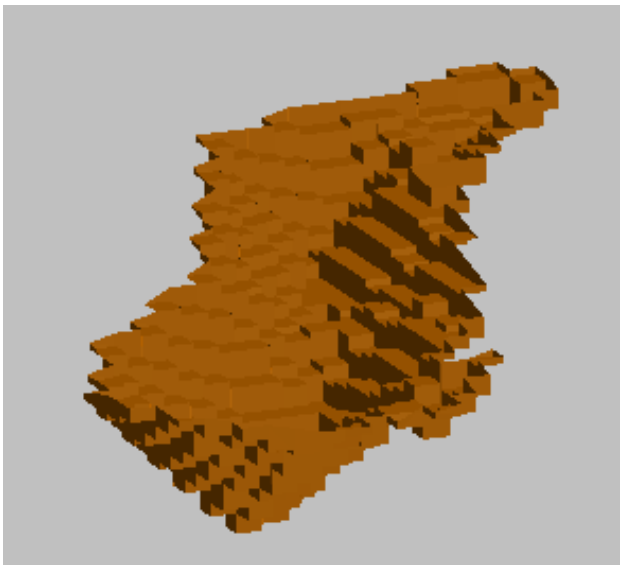
## 2.1 台阶参考线

如果我们可以完全按照境界优化结果形成的 DTM 模型开采矿山就可以获得最大利润，但是由于地质条件，安全条件等限制，我们的露天开采需要根据一定的台阶和安全边坡角设计最终境界。

在 SURPAC 软件进行开采设计时，根据台阶高度获得可以开采到的外边缘，作为我们的设计参考依据，所以我们要先获得每个台阶的设计参考线。

### 任务：获得台阶参考线

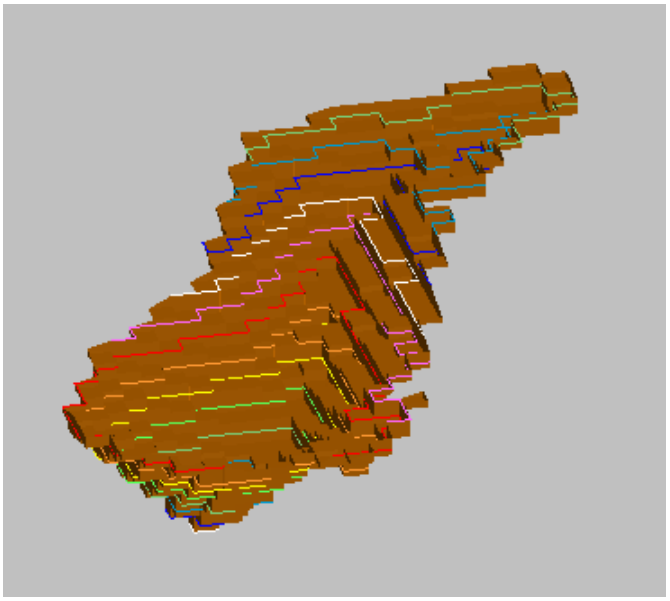
1. 打开选定的境界优化结果，例如，我们选择 **pit-10.dtm**。打开如下：



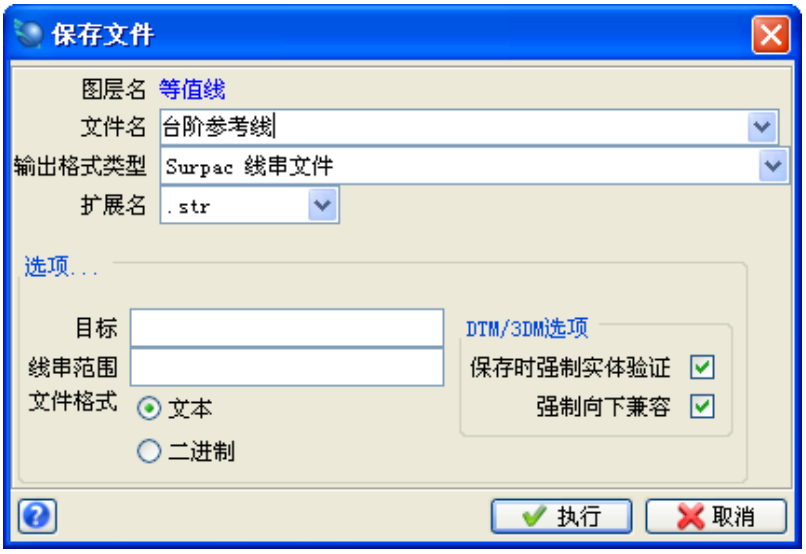
2. 做 DTM 的等值线，形成台阶参考线。菜单选择：**DTM 工具>>等值线>>做当前层 DTM 等值线**。在窗体中填写对应的最小和最大等值线值，注意选择等值线间隔，一般来说，填写台阶高度就可以了，这样保证每个台阶都可以获得对应的参考线。如果台阶高度是变化的，那么就要选择填写合适的高度，例如台阶高度的公约数，然后将非台阶高度的线删除，也可以获得每个对应高程的台阶参考线。**等值线图层处**填写一个新图层的名称，将建立一个这个名称的新图层，用来保存形成的等值线。。




获得的台阶参考线如下，形成的线文件就保存在**等值线**图层。

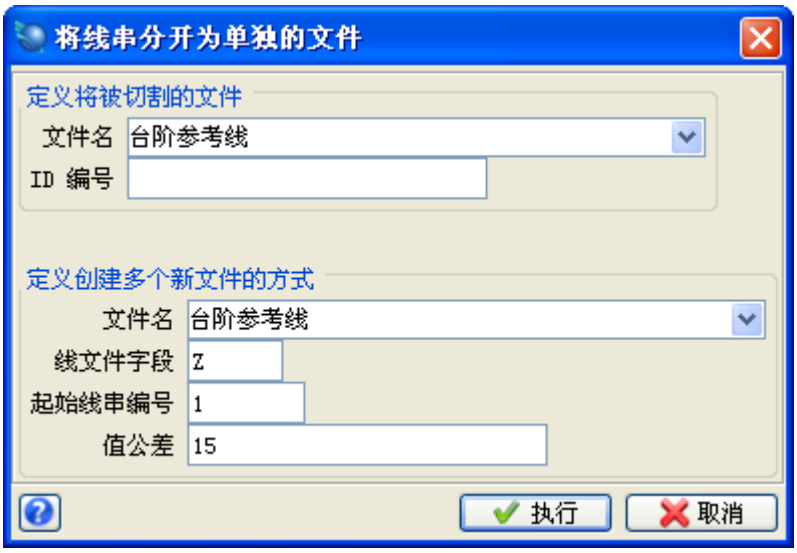


3. 将**等值线**图层设为当前层，将线文件保存为**台阶参考线.str**



上述操作可以通过运行 **m1_根据露天境界优化结果产生台阶参考线.tcl** 宏文件来实现。

4. **台阶参考线.str** 包含了每个台阶的参考线，看起来比较杂乱，不容易区分，所以将这些线按照高程区分开来。菜单选择：**线文件工具>>组合/分割文件选项>>劈切范围内线文件**。填写窗体如下，其中起始线串编号就是劈分完成后线文件的线串编号；公差选择 15（台阶高度）即可。




在文件导航器中可以看到生成的新的文件，如下：




每个文件的 id 编号就是对应的高程值。作为本高程处台阶设计时的参考线。

上述操作可以通过运行 **m2_劈分产生每个台阶单独的参考线.tcl** 宏文件来实现。

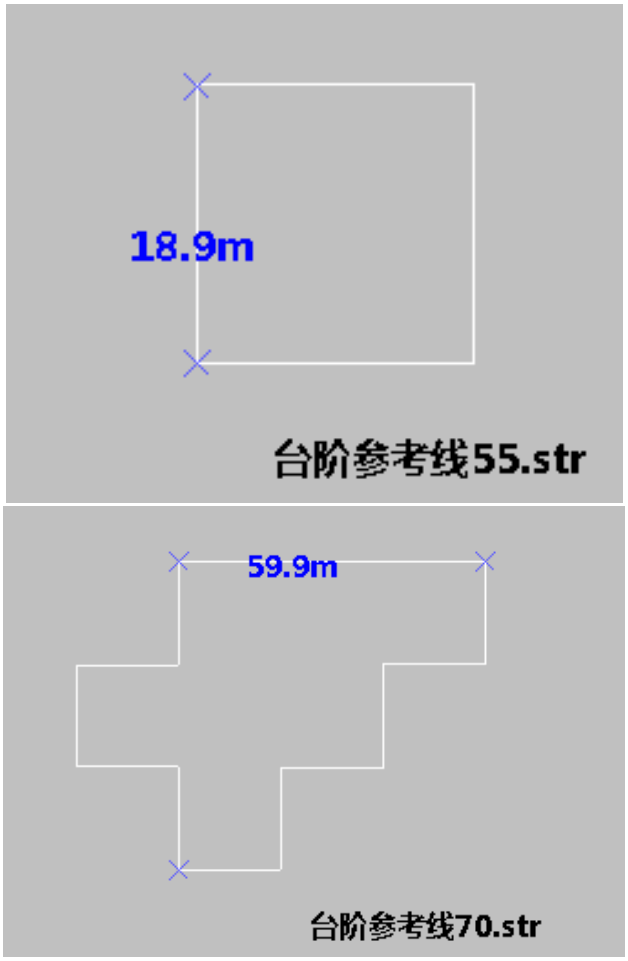
## 2.2 底部周界

和传统的二维露天矿开采终了平面图设计原理和过程类似，SURPAC 中最终境界设计通常也是从确定底部周界开始，然后根据边坡角，台阶高度等参数，由底部向上逐步进行。

在传统的底部周界确定一样，软件同样根据开采深度和底部宽度确定底部周界。在软件中，通过露天境界优化已经形成参考模型，而且我们已经获得了对应台阶高度的参考线，可以根据参考线，结合底部宽度等确定开采的深度。

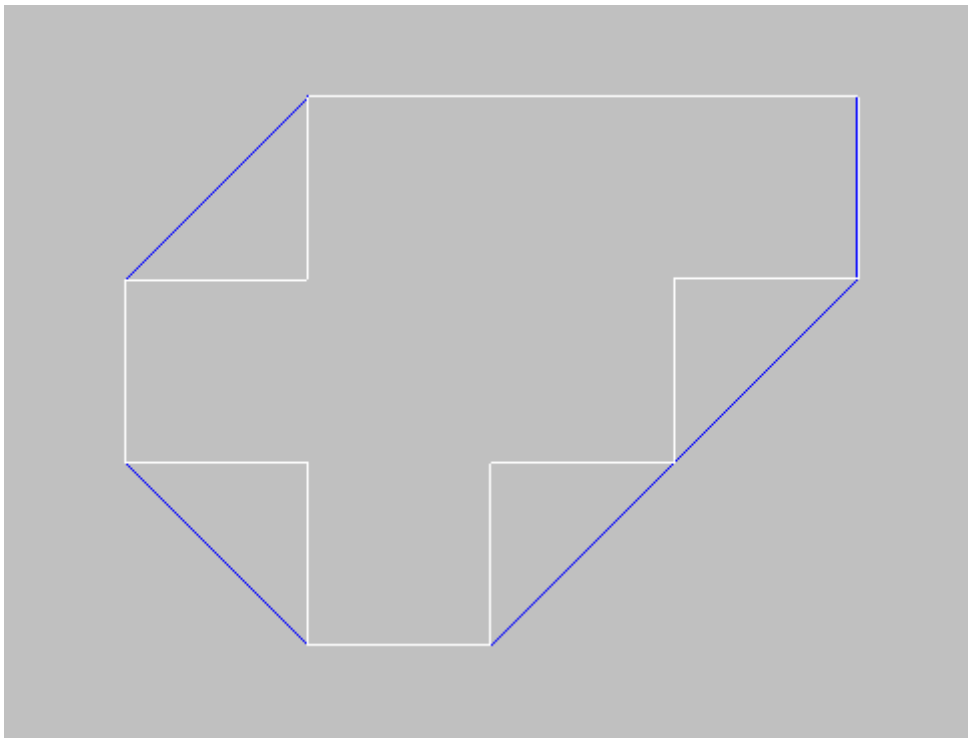
## 任务：确定底部周界

将较低的两个参考线**台阶参考线 55.str 和台阶参考线 75.str**，分别调入到图形工作区如下：




然后查询这些线的属性，尤其是一些边界的长度，根据这些长度，可以确定是否满足运输设备的最小转弯半径，或者它的纵向长度是否满足设置运输线路的要求等条件。具体的参数意义可以参考相关书籍。这些都和境界优化的参数有很大的关系，这里我们选择**台阶参考线 70.str** 作为底部周界的设计参考。也就是说底部水平高程为 70。

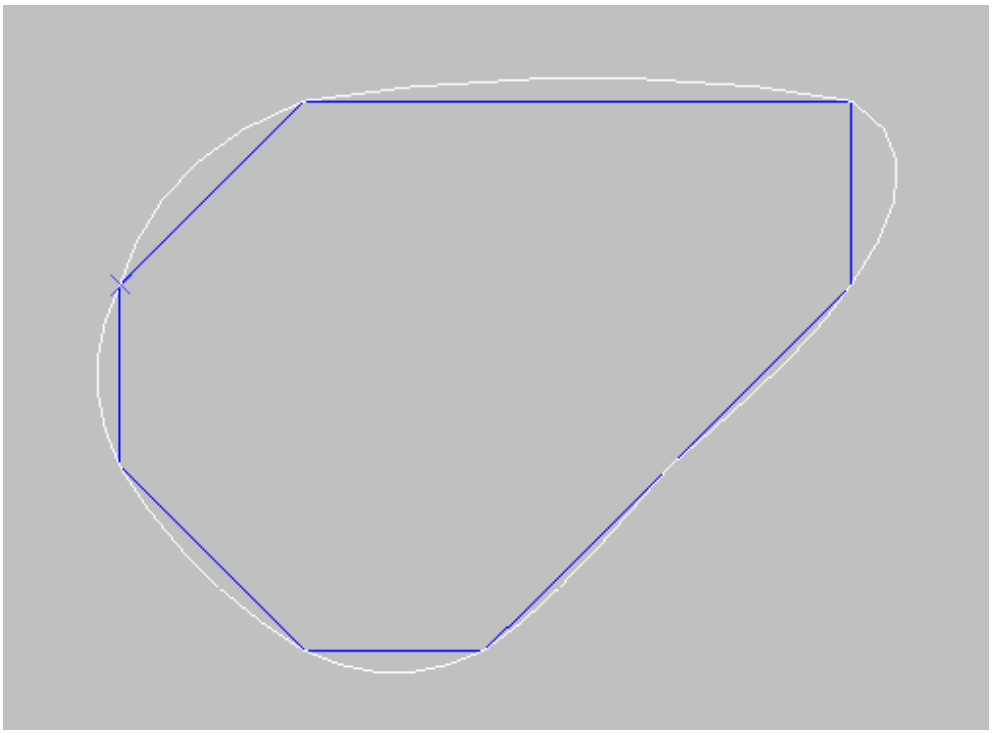
1. 根据台阶参考线 70.str，绘制底部周界线，要求底部周界平直，弯曲部分满足运输设备的最小转弯半径，纵向长度满足设置运输线路的要求。这里要求对软件的编辑功能有很好的掌握，为了避免和原有的线文件混淆，线串编号更改为 2，选择捕捉点，然后绘制初步边界线，如图：



2. 将图中 2 号线串保存为**底部周界 1.str**。经过 **DTM 工具>>等值线>>平滑文件中的线串**，此操作保证了原有的点的位置不发生改变，并将线串做了圆滑。




获得比较平滑的底部周界线文件，结果文件在**底部周界平滑 1.str** 中，两者比较如下，为了显示的更加清晰，将**底部周界平滑 1.str** 线串修改为 1 号线串（白色）：



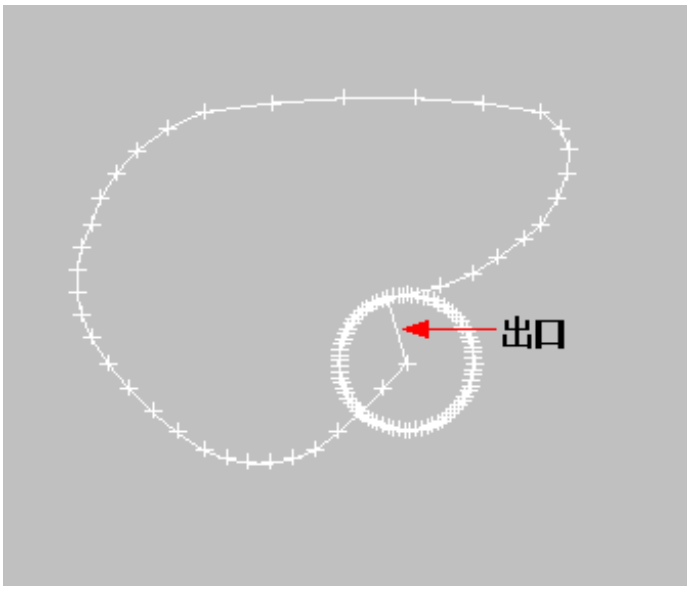
白色线串即为形成的底部周界。

**说明：**这里讲解的只是可以应用方法之一，也可以根据你对软件的掌握程度和二维平面设计思想和设计经验等用点线编辑获得合理的底部周界。

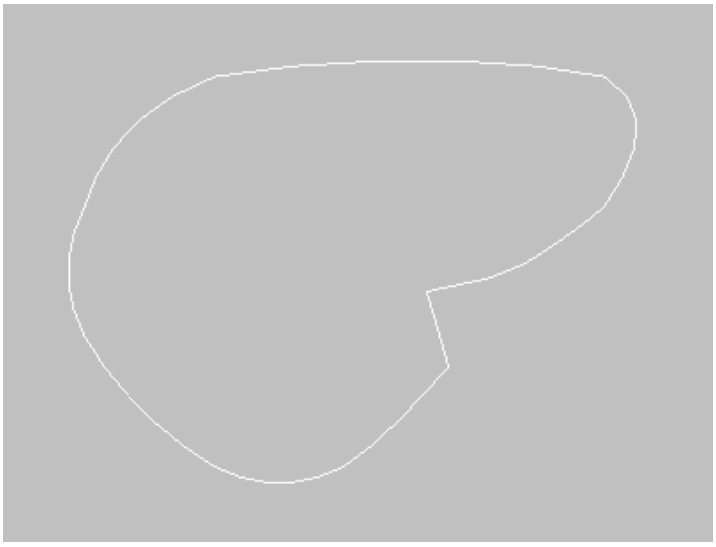
确定了底部周界，还要确定出口位置和公路宽度等等内容。公路的宽度和运输机车的选型等内容相关，可以参考相关书籍，这里不在多做介绍。假设我们确定公路的宽度为 12，然后确定公路的出口位置。在选定的出口位置处，通过**创建>>通过选择画圆**。绘制一个半径等于公路宽度的圆。如下图所示，




获得参考圆以后，经过捕捉点，移动点等编辑功能调整底部周界上的点，确定出口如下：




然后删除参考圆，并将结果文件保存为：**确定底部周界 1.str**，图形如下图：



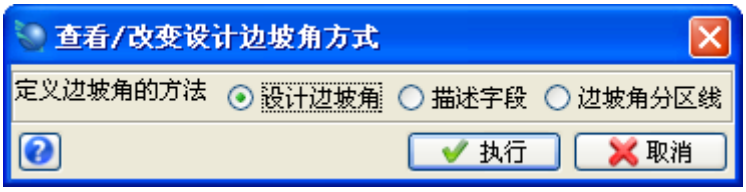
## 2.3 设计参数确定

露天采矿最终境界设计边坡角也是一个重要的考虑因素，根据地质，岩性，岩石硬度等等条件确定开采边坡角，保证岩体的稳定性，避免出现安全隐患。

### 任务：设计边坡角

软件提供了三种不同的边坡角确定方式，可以通过选择**设计>>露天采矿设计>>确定破面角的方式，**

显示窗体如下：



三种边坡角确定的方式分别为：**设计边坡角，描述字段，边坡角分区线**。可以通过选择方式用不同的方式确定边坡角。分别如下：

- **设计边坡角**

适用于唯一边坡角的情况，但是在不同的台阶高程，在设计过程中是可以改变的，但是对于一个台阶边坡角就是相同的，适用于岩性变化不大，台阶的倾角可以相同的开采条件。但是对于地质条件复杂，一个台阶不同方向边坡角不同的情况下不适用。

- **描述字段**

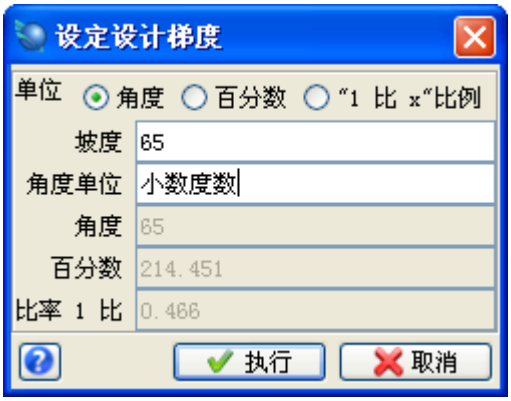
将每个台阶不同的边坡角值存储在线段上点的 D1 描述字段里。设计中同一个台阶的边坡角就可以有不同的值，使边坡角设计具有很大的灵活性。

当不同的边帮需要有不同的边坡角时，尤其有用的。某一边帮的岩石结构，岩性等条件决定它需要相对比较缓一点的边坡角。而另外的边帮岩性稳定性好，利用陡峭的边坡角也是可以的。在这种情况下利用描述字段就可以根据不同的位置设置不同的边坡角。

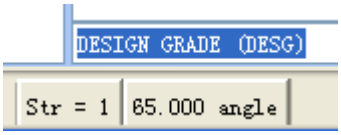
- **边坡角分区线**

在某些情况下，根据岩性分布的不同，为每个分布区域设计不同的边坡角，利用线文件将这些区域划分开，形成不同的边坡角设计。

本例中用**设计边坡角**的方式确定角度，**设计>>露天采矿设计>>设计边坡角**，弹出窗体输入需要的边坡角 65 度，如下：




执行后，在软件状态栏处显示设计角度，如图：

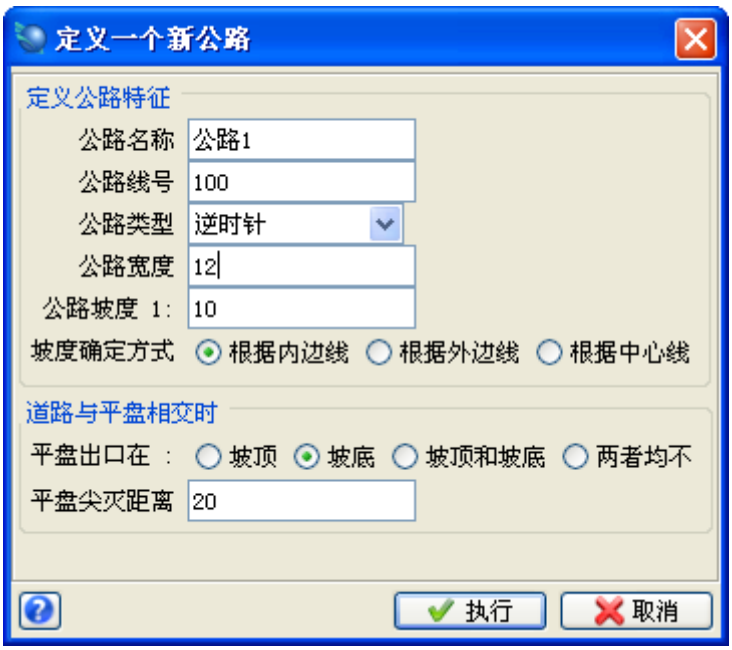



或者也可以直接单击状态栏上的设计角度的位置确定边坡角，方式相同。

设计坡面角的过程可以通过 **m3_设计边坡角.tcl** 实现。

## 任务：确定公路

在露天设计中，确定基坑的时候就已经考虑到了基坑出口的一些参数，也就是公路起始位置，旋转方向等参数，那么在这个基础上，还有一些相关参数需要考虑在内，单击**设计>>露天采场设计>>创建公路**。然后选择基坑确定的基坑出口位置两端，将弹出窗体如下：




这个窗体内包含了公路设计需要的主要特征。叙述如下：

- **公路名称**

设计中可能只有一条公路，也可能会有很多的公路，名称可以让公路有一个体现其特征的名字，在创建新的公路前可以先将这个公路删除。

- **公路线号**

在软件中表示公路两个外边缘的线的线串编号。

- **公路类型**

有三种公路类型：顺时针，逆时针，直穿型。指明了公路的方向。顺时针和逆时针公路都利用在露天坑最终境界的设计中，直穿型公路一般用于排土场设计的时候。

- **公路宽度**

在考虑了车辆宽度，公路安全挡墙等因素后确定的公路的宽度。

- **公路坡度**

考虑车辆爬坡能力等条件，确定公路的坡度，坡度的定义方式为：1:X。这里只要填写 X 值即可。

- **坡度确定方式**

确定了公路的坡度后，选择坡度的确定方式，方式包括**根据内边线，根据外边线，根据中心线**等三种方式，也就是说计算坡度时是根据那条线计算公路给定的坡度的。

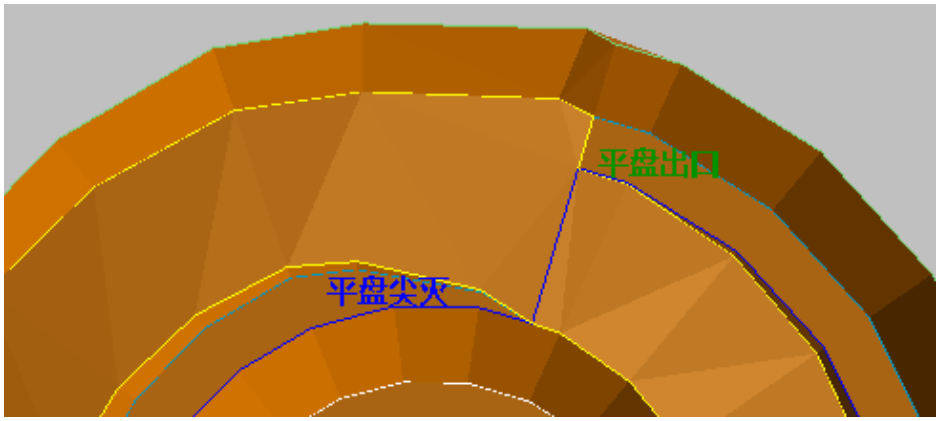
- **平盘出口在**

当公路与平盘交叉时台阶的特征。可以选择为**坡顶，坡底，坡顶和坡底，两者都不**四种方式。也就是说可以从什么位置可以进入该平盘。

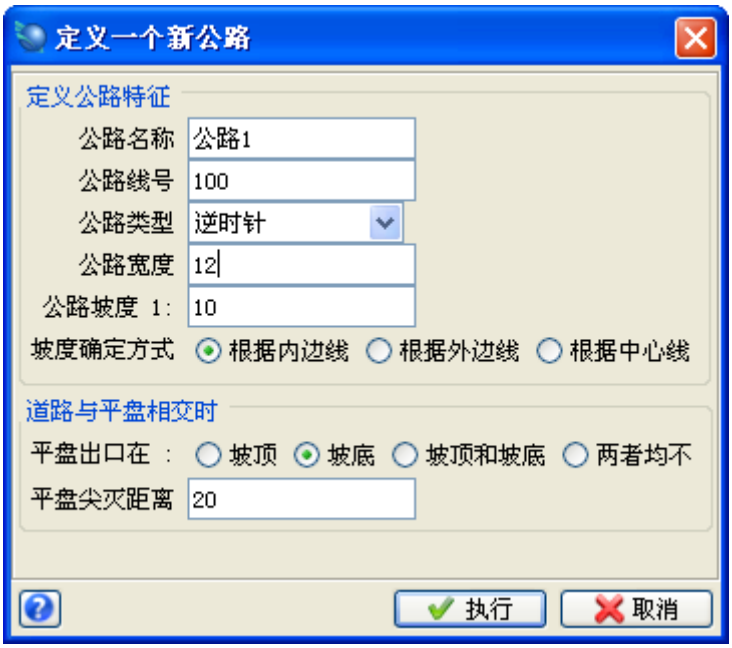
- **平盘尖灭距离**

确定了平盘的出口，那么在不是平盘出口的另一个方向，平盘根据这个距离开始尖灭，逐渐尖灭到和公路接触的位置。

有关平盘出口和平盘尖灭见下图：




本例中，公路参数确定如下：




公路设计的过程可以通过 **m4_设计公路.tcl** 来实现。

# 第3章 最终开采境界设计

## 3.1 设计最终境界

### 任务：最终境界设计方法

确定了底部边界，台阶的参数等内容，可以开始进行露天坑设计，菜单选择 **设计>>扩展段>>根据台阶高度**，选择底部周界的线串 1 线段 1，弹出窗口入下：

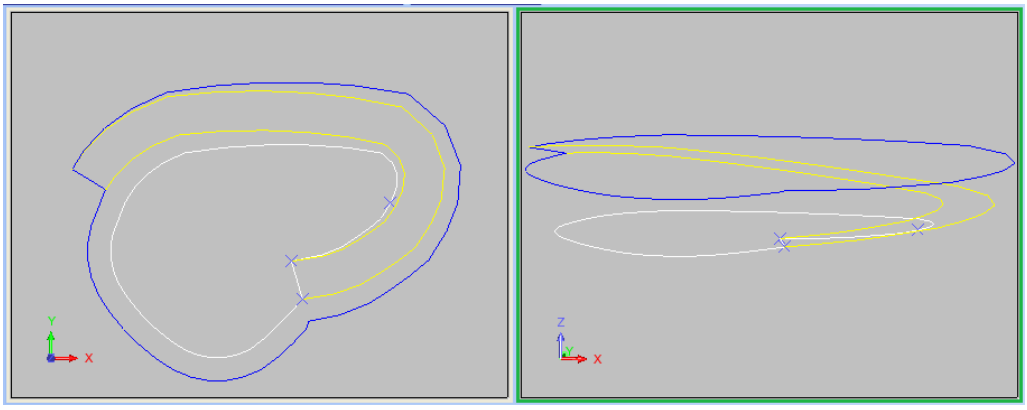



线串 1 线段 1 是指选择的线串编号为 1 线段编号为 1；最大最小值也就是指线的最大最小值均为 70.000。

台阶高度填写台阶的高度即可，极限标高是指向上扩展的最大标高，默认数字为 9999，也就是向上扩展的时候最大的高程为 9999 米。

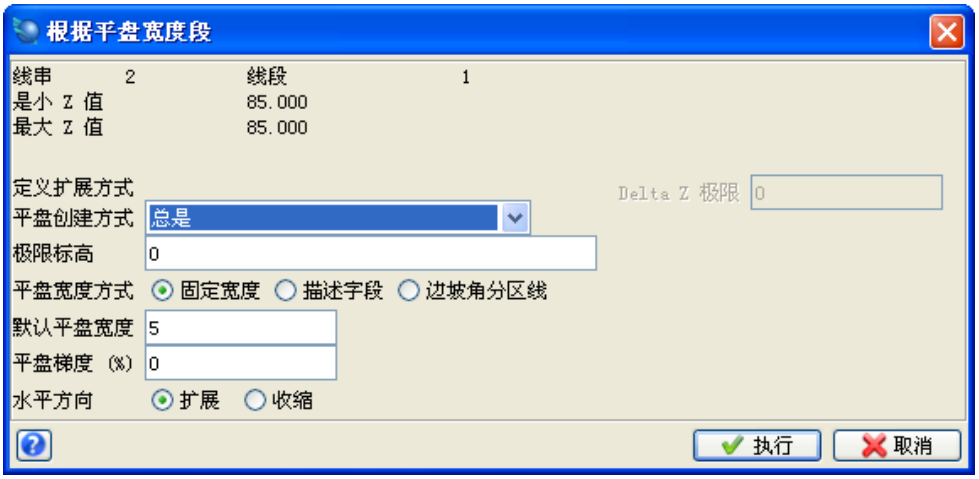
Z 方向，可以选择向上还是向下，水平方向指明是扩展还是收缩，注意，这和线串的方向有关，应该确认底部边界是顺时针防线，这里选择扩展。

结果如下图，左为俯视图（XY 平面）：

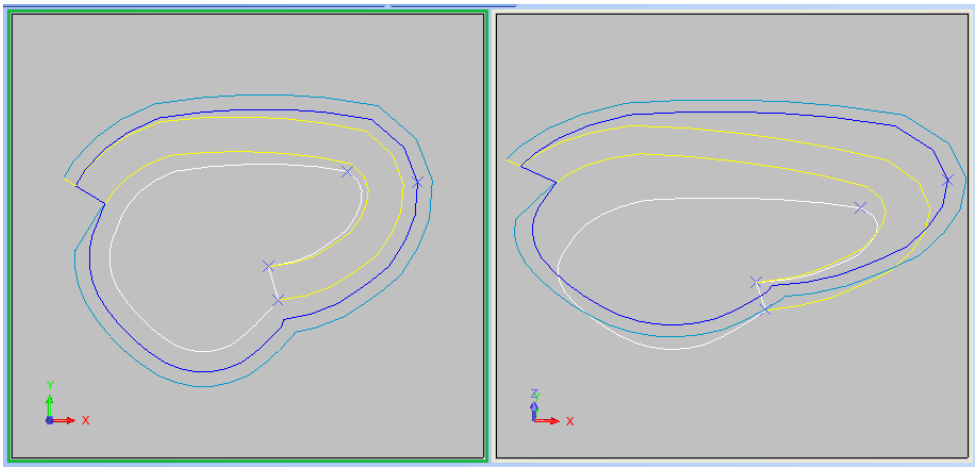


形成了一个台阶高度后，需要建立一个平盘，选择**设计>>扩展段>>根据平盘宽度**，然后选择线串 2 线串 1，也就是台阶的坡底线，它的最大最小 Z 值均为 80.000。扩展方式为**总是**，还有其他的扩展方式见下文，**极限标高**和 **Z 增量限制**两个选项都和其他的平盘创建

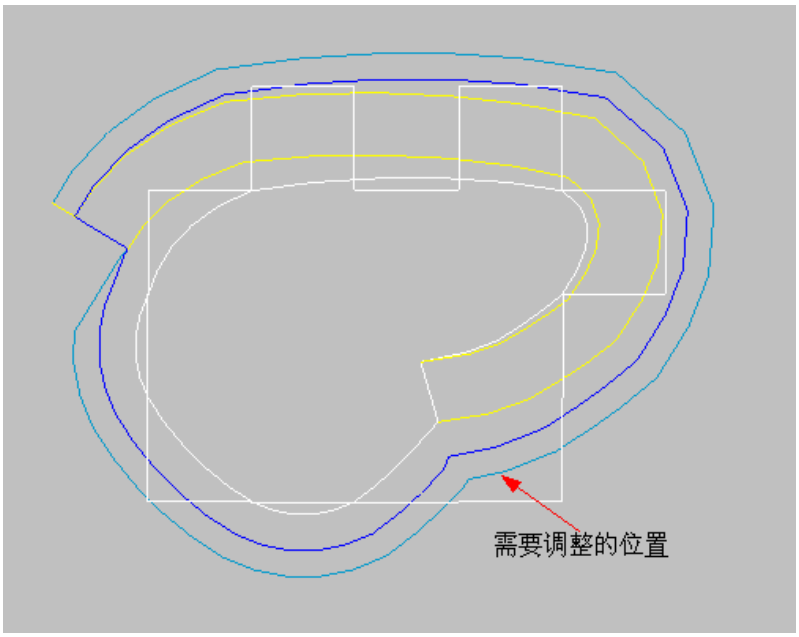
方式存在关系，在下文中有详细的叙述，这里暂且省略。**平盘宽度方式**和边坡角的确定方式有些类似，这里就不再赘述，选用固定宽度 5m，如果平盘具有坡度，在平盘梯度后填写百分比坡度，水平方向也是扩展。如下：



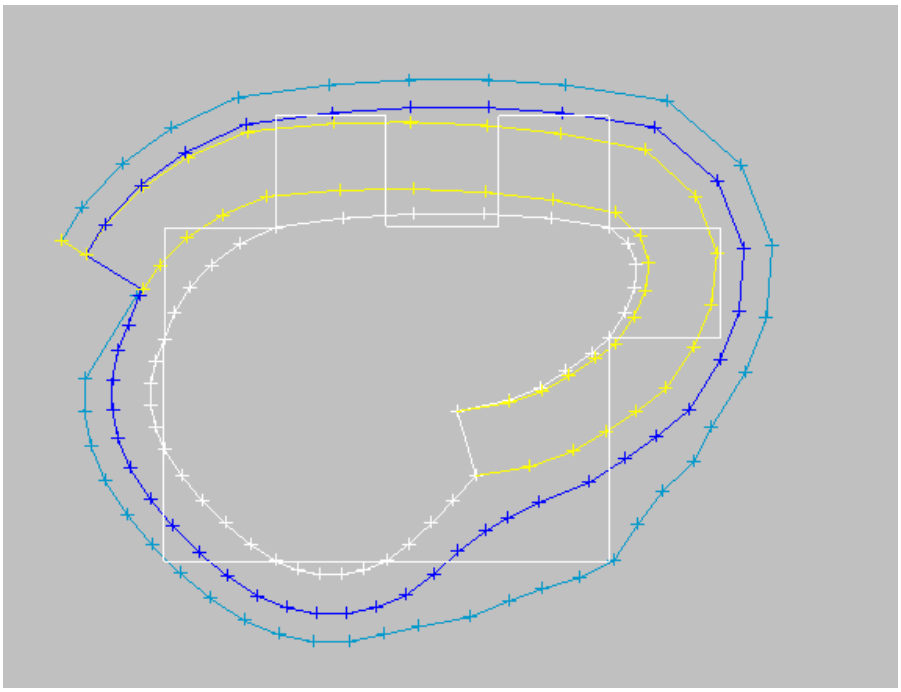

结果文件如下：



形成 85m 高的台阶后，需要对比**台阶参考线 85.str**。根据参考线，需要修改扩展形成的坡底线，本例中修改的位置，已经在图形工作区显示如下：



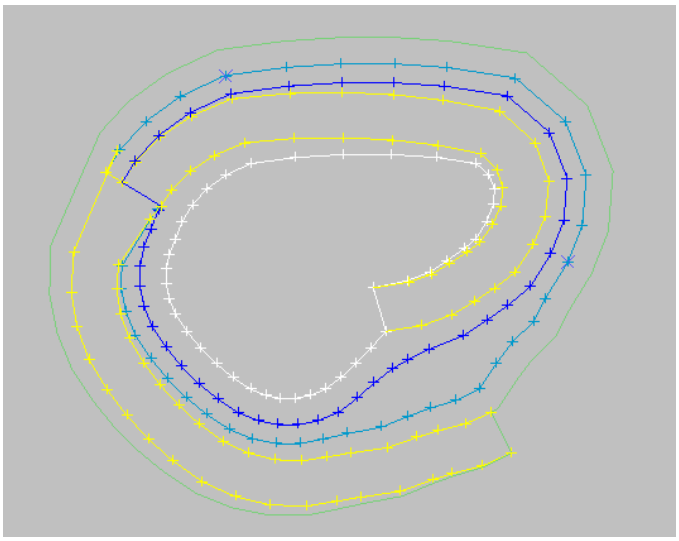

将**确定底部周界 1.str** 设为当前层。视图为俯视图，为了清楚显示调整点的位置，可以显示点标记，然后利用移动点，调整点的位置，一般来说，考虑到边坡角的稳定性，只能向外移动点，保证边坡角小于最大边坡角。调整结果如图：



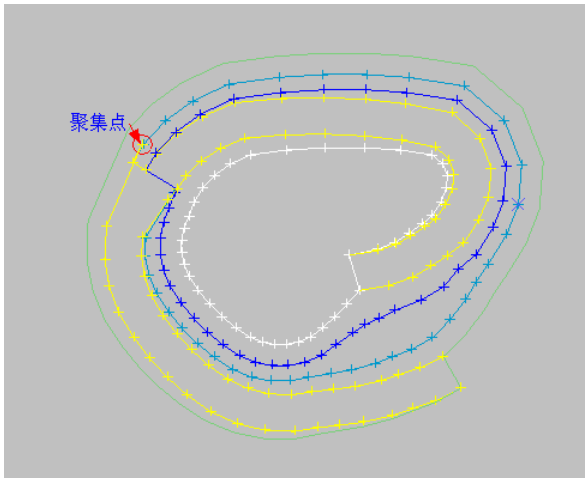
调整完成后，可以继续根据台阶高度扩展，**设计>>扩展段>>根据台阶高度，**选择线串 3，

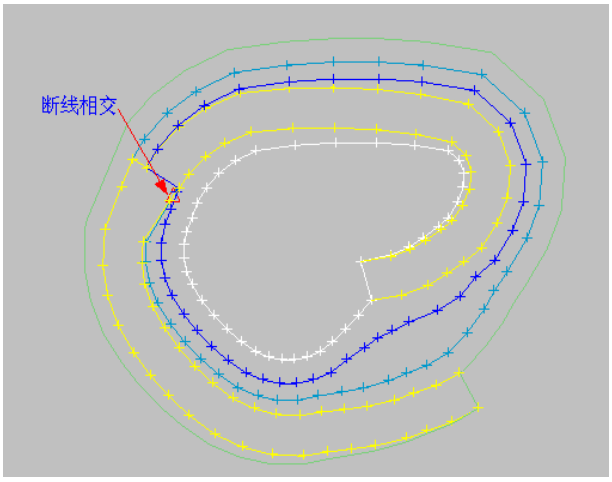



扩展结果如下：

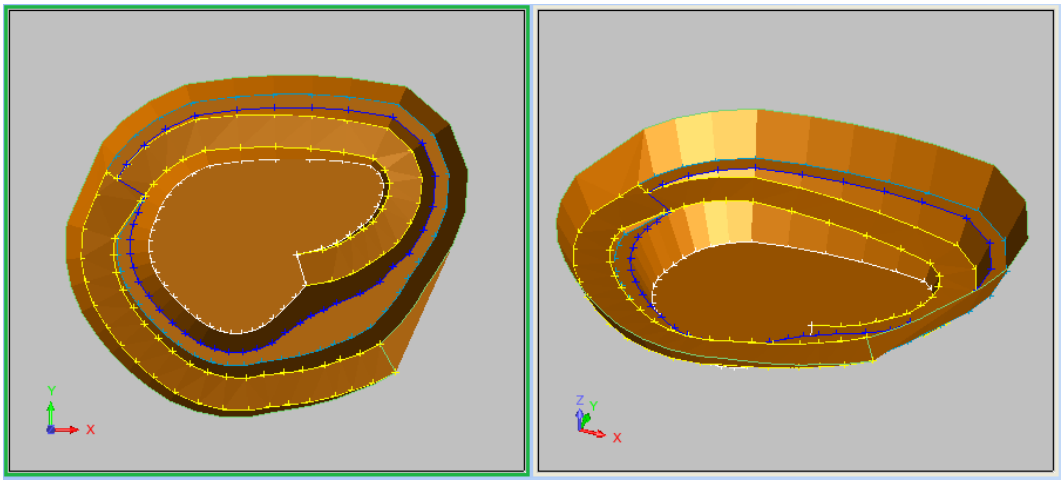


需要对扩展的结果做一个检查，主要检查内容为聚集点和断线，利用图层>>清理，分别检测此两项内容，结果如下：






将图形放置到 XY 平面后（可以确保在 Z 值方向不发生变化），利用移动点编辑修改点的位置，到一个合理的位置，然后可以形成 DTM 作为一项检测，DTM 工具>>当前层形成 DTM。如果正确形成 DTM 那么一般来说就是正确的线文件，如下图：



利用 undo 功能（在命令行输入 UNDO）撤销 DTM 形成这个步骤，重新回到线文件，可以继续扩展平盘，然后调入相应的台阶参考线对扩展后的平盘坑底线进行修改，这里除了平移，也允许删除，增加等等各种修改的方式。

露天坑设计的过程可以通过 **m5_露天坑设计.tcl** 来实现。

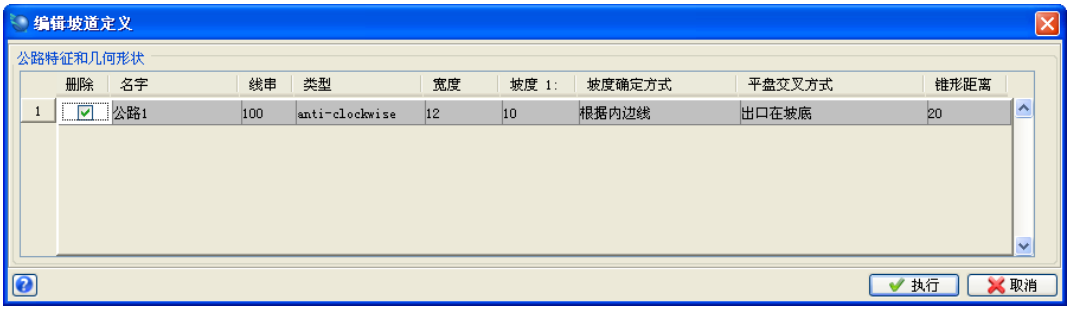
## 3.2 编辑公路

### 任务：编辑公路

在进行**根据台阶高度**进行扩展时，由于对点的修改或者其他原因，可能出现以下警告：

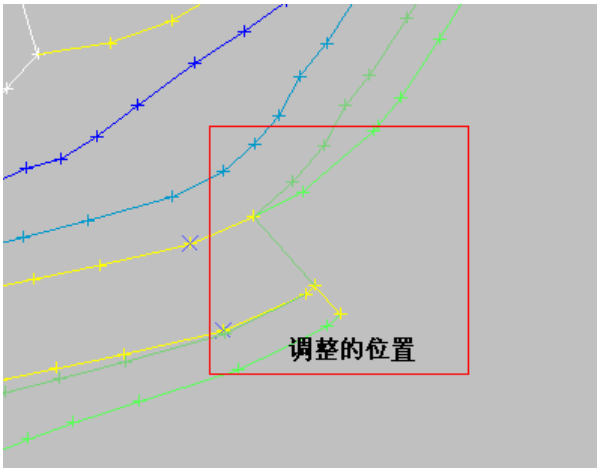
**警告： '公路 1' 公路边界点被移走了或者删除了. 必须对它们重新选择以继续**

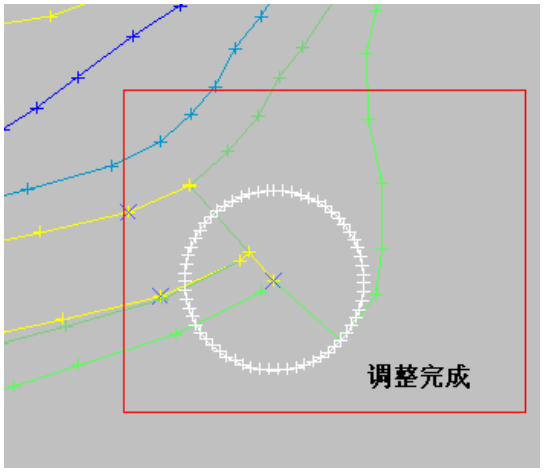
同时扩展出来的线文件也没有形成公路，这种情况下需要删除原有公路：**设计>>露天坑设计>>公路属性：**




选择**删除**下方的多选框方格，如图当上对勾后，执行删除这条公路，然后重新建立一条公路，方法和初始建立公路的方式一样。然后继续执行进行其他步骤。

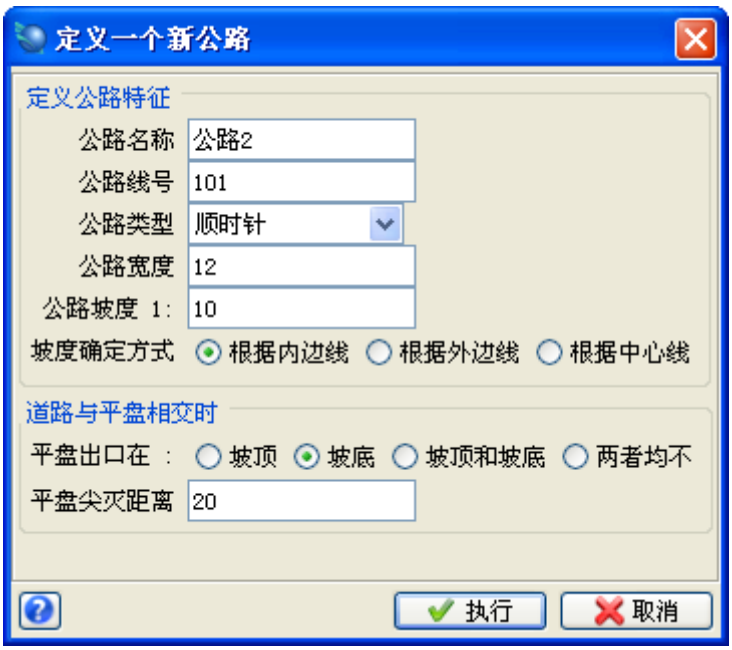
在设计过程中，可能需要改变正在进行的公路的方向，首先要删除已有的公路，方法已经介绍过了，然后就要编辑点，调整出新的公路出口。如下图需要调整和调整好的线串：



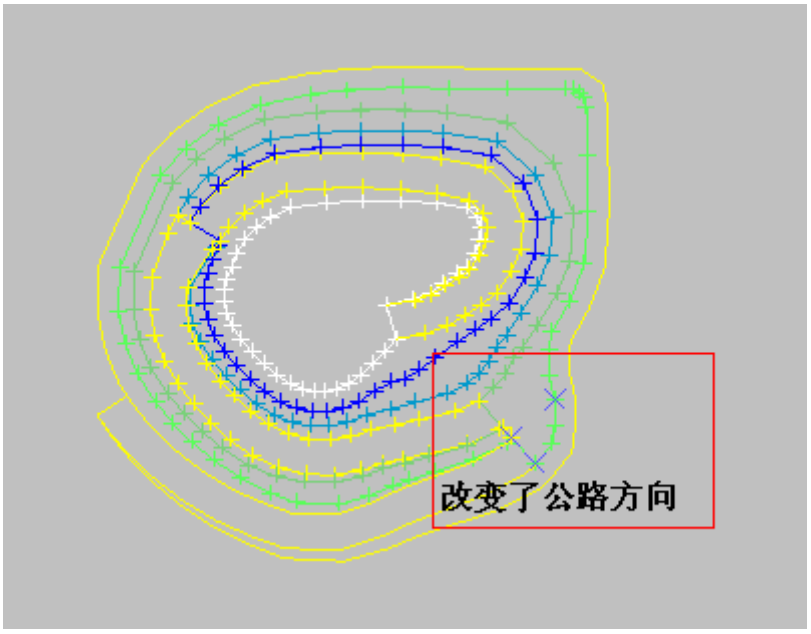




图中利用了一个参考圆，保证满足汽车的转弯半径等道路转弯的设计要求。也使得公路宽度仍然是 12m。调整完成后删除参考圆。

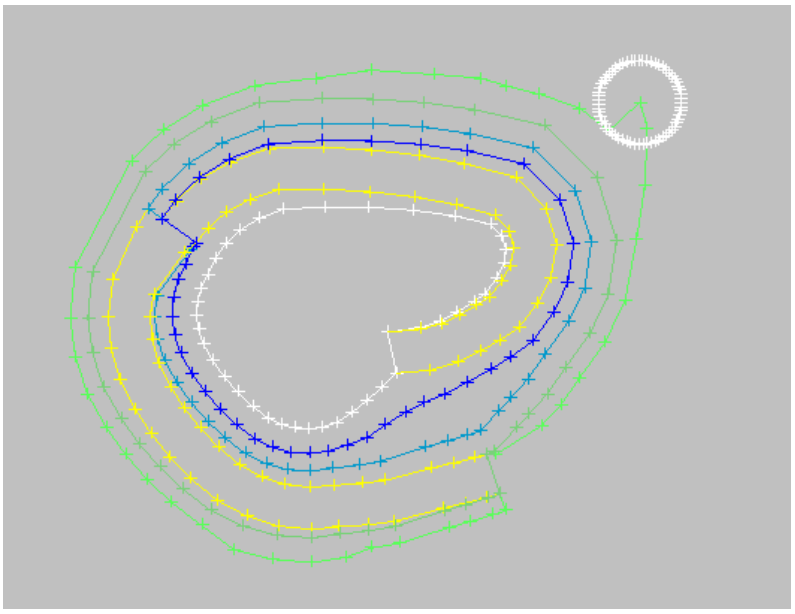
在调整好的出口新建公路属性，这时要注意公路的方向，本例中的方向应该为顺指针，



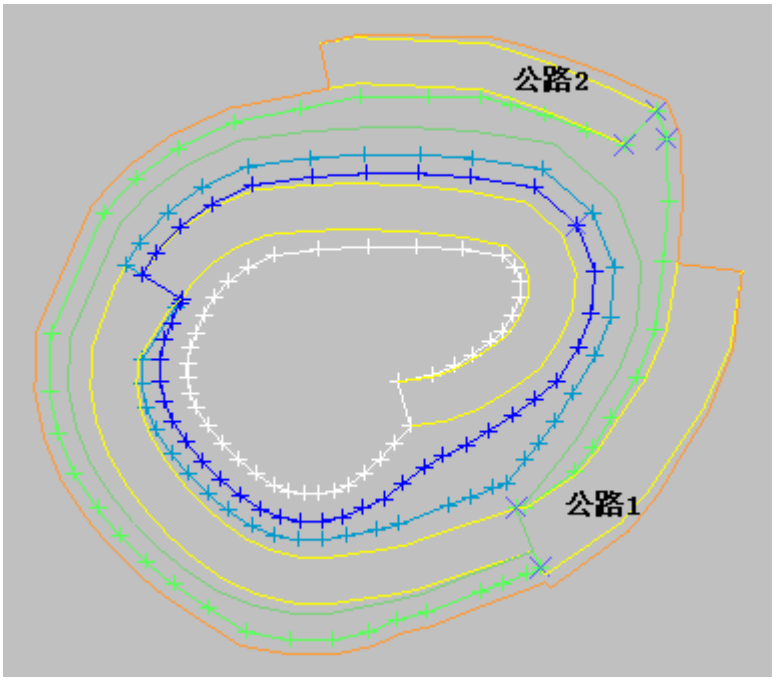

然后可以**根据台阶高度**扩展，结果如下：




改变公路的方向后，可以接着扩展台阶高度和平台宽度。有些时候需要设计两条公路，设计方法和公路改变方向的操作是非常类似的。如果不需要原来的公路，就删除已有的公路，参考上文，这里就不再重复了。如果保留原有公路，然后在其他合适位置增加一条公路则编辑线文件，利用参考圆，形成另一个公路出口：



然后，在新建出口处创建公路，形成两条公路，扩展如下：




## 3.3 扩展到地表

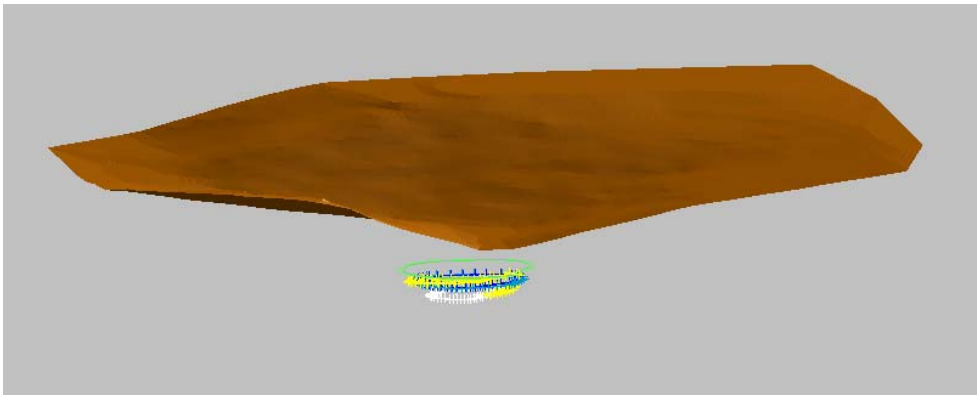
当设计快达到地表而不超过地表时，就要考虑台阶和地表的关系，需要应用新的工具考虑露天坑设计。

### 任务：扩展到地表的方法

1. 判断设计的露天坑到地表的距离，首先要调入地表模型，**设计>>露天采场设计>>输入 DTM 文件**。

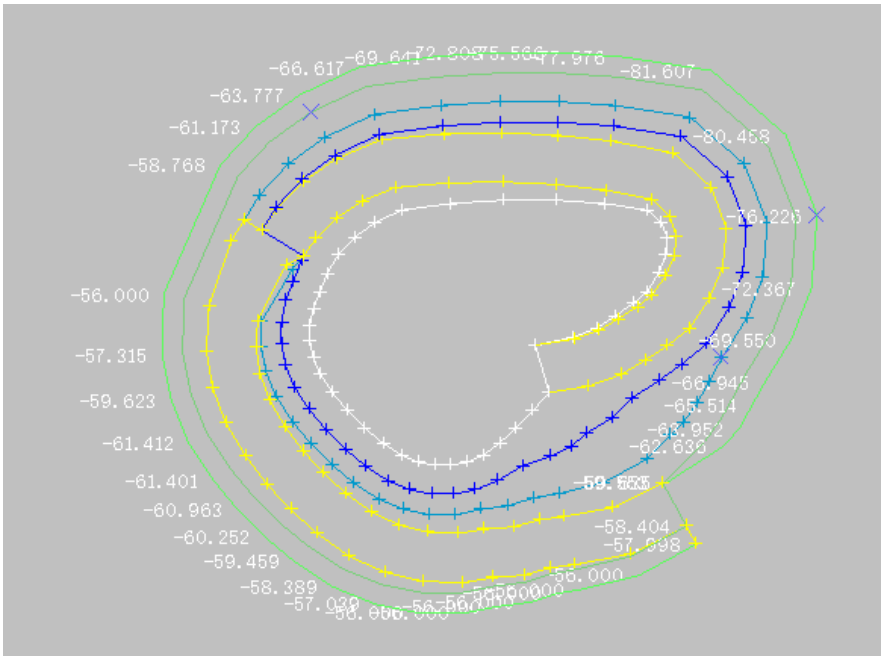



此处可以选择显示或者不显示调入的 DTM 模型。执行后在图层管理中显示多了一个图层：dtm surface layer，如果选择**显示 DTM** 则调入的 DTM 模型在本图层，并且图形工作区上显示调入的 DTM，旋转后如下图所示：



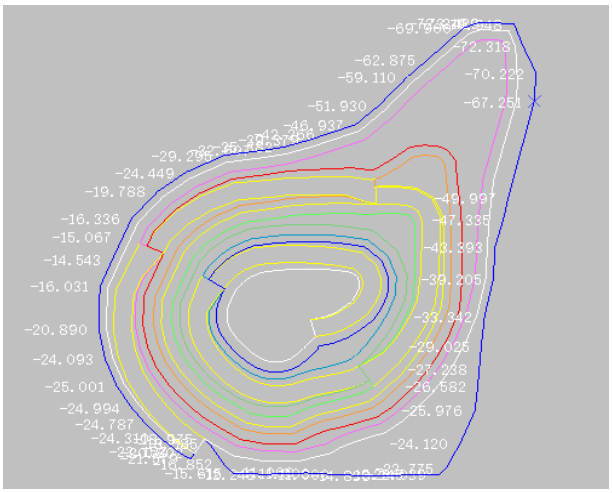
如果**显示 DTM** 后面选择框中没有打勾，则不显示 DTM，同样在 dtm surface layer 图层调入了 DTM 模型，但是图形工作区没有显示而已。

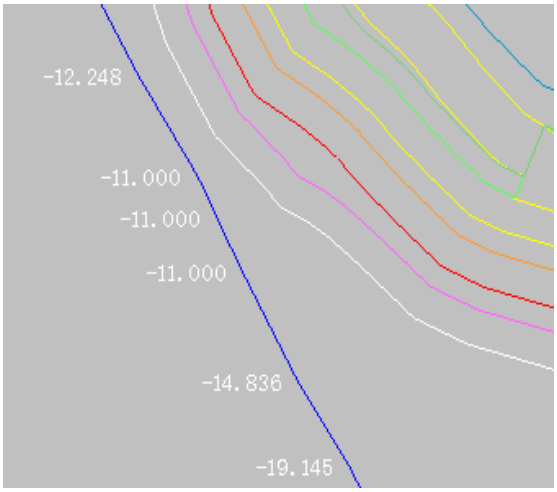
2. 调入了 DTM 模型后就可以查看某一条设计的线到 DMT 模型的偏移量，这时候最好不显示 DTM，便于查看偏移量数值。选择**设计>>露天采场设计>>显示至 DTM 的偏移量**。然后选择想要显示到地表距离的线，则显示如下：




根据显示的偏移量以及台阶高度可以判断，此时距离地表距离还比较远，那么可以隐藏至 DTM 的偏移量，选择**设计>>露天采场设计>>隐藏至 DTM 的偏移量**，不显示偏移量，然后继续向上设计台阶。

本例中，当设计到 160 水平是，显示至 DTM 的偏移量，如下图（左：显示所有的偏移量，右：经过旋转并放大显示部分偏移量）：

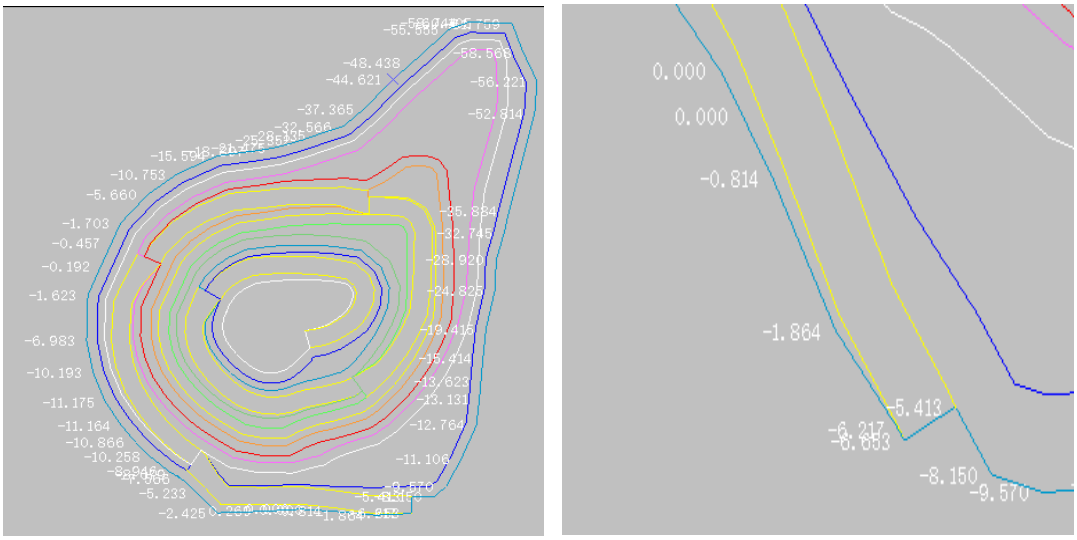


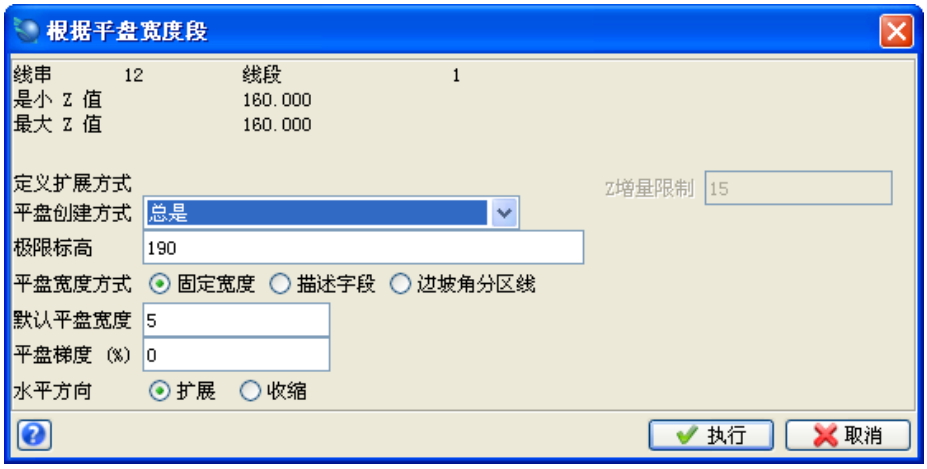

尤其是右方图片可以明显的看到，某些区域已经达不到建立一个台阶的高度。此时仍然按照一个台阶高度向上扩展则超过了地表，所以，此时采用的方法为扩展到 DTM 表面，选择**设计>>扩展段>>至 DTM 表面**。然后选择要扩展的线，弹出如下窗口：



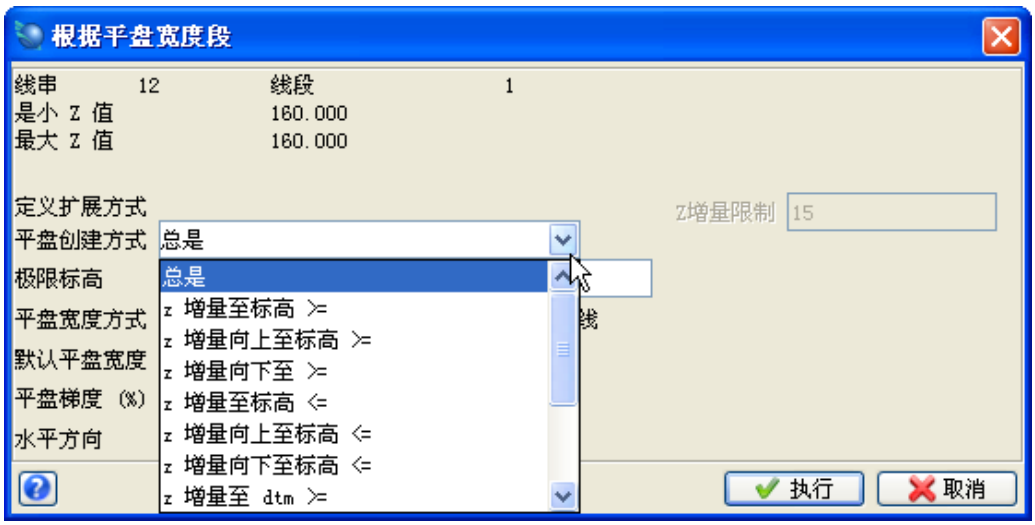
这个窗体中显示了所选线段的部分属性，并且要求定义扩展的方式，**到 DTM 面的高度百分比**是确认扩展的线段向上扩展是否和 DTM 完全接触，如果填入 100，也就是说 100%接触，如果不填入 100，例如填写 80，那么，扩展的线段并没有和 DTM 接触，而是低于 DTM 距离 20%，一般来说，填写 100，表示完全接触。结果如图（左：显示所有的偏移量，右：经过旋转并放大显示部分偏移量）：




可以在右图中清晰的看到某些点和 DTM 的偏移量为 0，也就是说此次扩展这些点只是扩展到了 DTM 表面，下一步就要扩展平盘，由于部分线已经达到了地表，不需要扩展形成平台，所以必要采用不同的扩展方式，选择**设计>>扩展段>>根据平盘宽度**，然后选择要扩展的线，弹出如下窗口：




这和原来创建平盘的过程时候一样的，但是为了满足设计是不用的要求，平盘的创建方式可以选择不同的方式，这里包含了可以根据不同的要求形成不同的平盘，如下图：

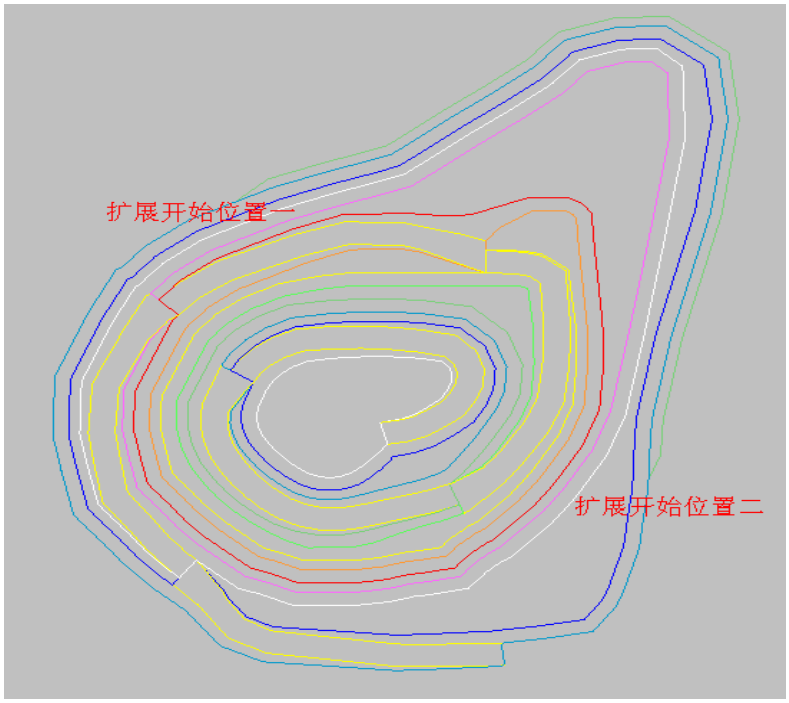



下表中列出了每个创建方式的不用使用的说明：

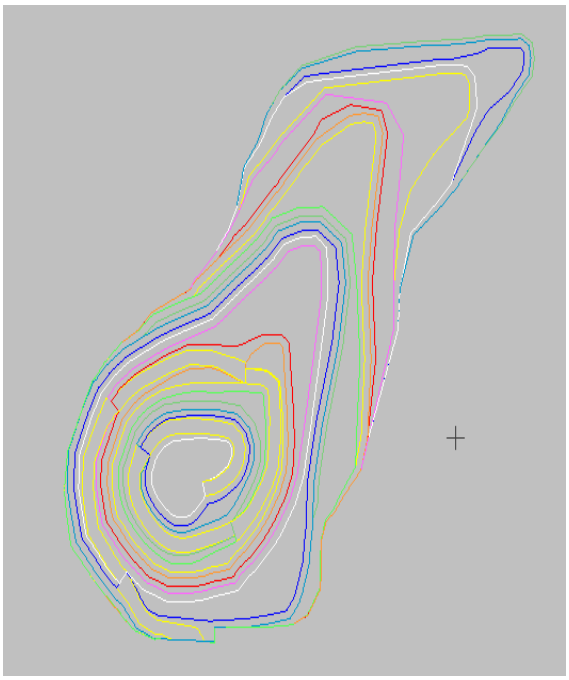
| | 创建方式 | 说明 |
|---|---|---|
| 1 | 总是 | 选择的线段的每个点都是根据给定的宽度创建平盘。 |
| 2 | Z 增量至高程>= | 只有选择的线段上的点到目标高程的高程差的绝对值大于或者等于给定的 Z 增量限制是才创建平盘。 |
| 3 | Z 增量向上至高程>= | 只有选择的线段上的低于目标高程的点到目标高程的高程差大于或者等于给定的 Z 增量限制是才创建平盘。 |
| 4 | Z 增量向下至高程>= | 只有选择的线段上的高于目标高程的点到目标高程的高程差大于或者等于给定的 Z 增量限制是才创建平盘。 |
| 5 | Z 增量至高程<= | 只有选择的线段上的点到目标高程的高程差的绝对值小于或者等于给定的 Z 增量限制是才创建平盘。 |
| 6 | Z 增量向上至高程<= | 只有选择的线段上的低于目标高程的点到目标高程的高程差小于或者等于给定的 Z 增量限制是才创建平盘。 |
| 7 | Z 增量向下至高程<= | 只有选择的线段上的高于目标高程的点到目标高程的高程差小于或者等于给定的 Z 增量限制是才创建平盘。 |
| 8 | Z 增量至 DTM>= | 只有选择的线段上的点到目标 DTM 的高程差的绝对值大于或者等于给定的 Z 增量限制是才创建平盘。 |
| 9 | Z 增量向上至 DTM>= | 只有选择的线段上的低于目标 DTM 的点到目标 DTM 的高程差大于或者等于给定的 Z 增量限制是才创建平盘。 |
| 10 | Z 增量向下至 DTM>= | 只有选择的线段上的高于目标 DTM 的点到目标 DTM 的高程差大于或者等于给定的 Z 增量限制是才创建平盘。 |
| 11 | Z 增量至 DTM<= | 只有选择的线段上的点到目标 DTM 的高程差的绝对值小于或者等于给定的 Z 增量限制是才创建平盘。 |

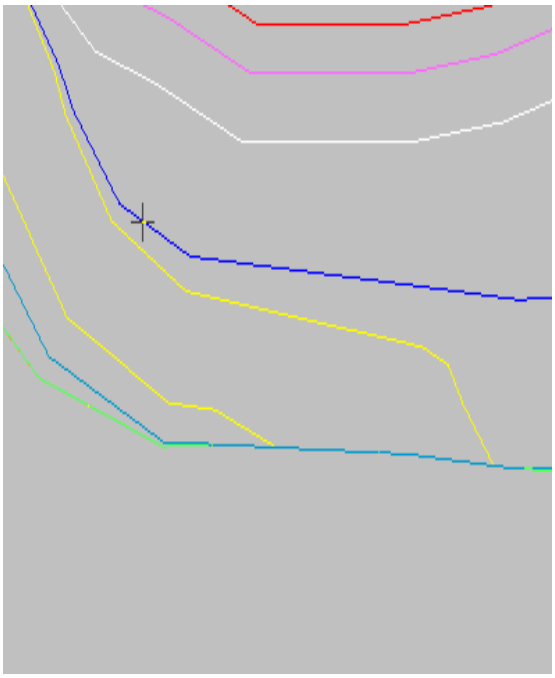
| | | |
|---|---|---|
| 12 | Z 增量向上至 DTM<= | 只有选择的线段上的低于目标 DTM 的点到目标 DTM 的高程差小于或者等于给定的 Z 增量限制是才创建平盘。 |
| 13 | Z 增量向下至 DTM<= | 只有选择的线段上的高于目标 DTM 的点到目标 DTM 的高程差小于或者等于给定的 Z 增量限制是才创建平盘。 |

根据以上说明，本例中只要选择 **Z 增量向上至 DTM>=**的方式。选定了平盘创建方式以后， 就要确定 **Z 增量限制**，Z 增量限制是指上表中提到的高程差，一般填写台阶高度即可。**极限标高**是应用于扩展到一定高程时候的目标高程。也就是上表中 2-7 编号的几种方式。应用次扩张方式结果如下：

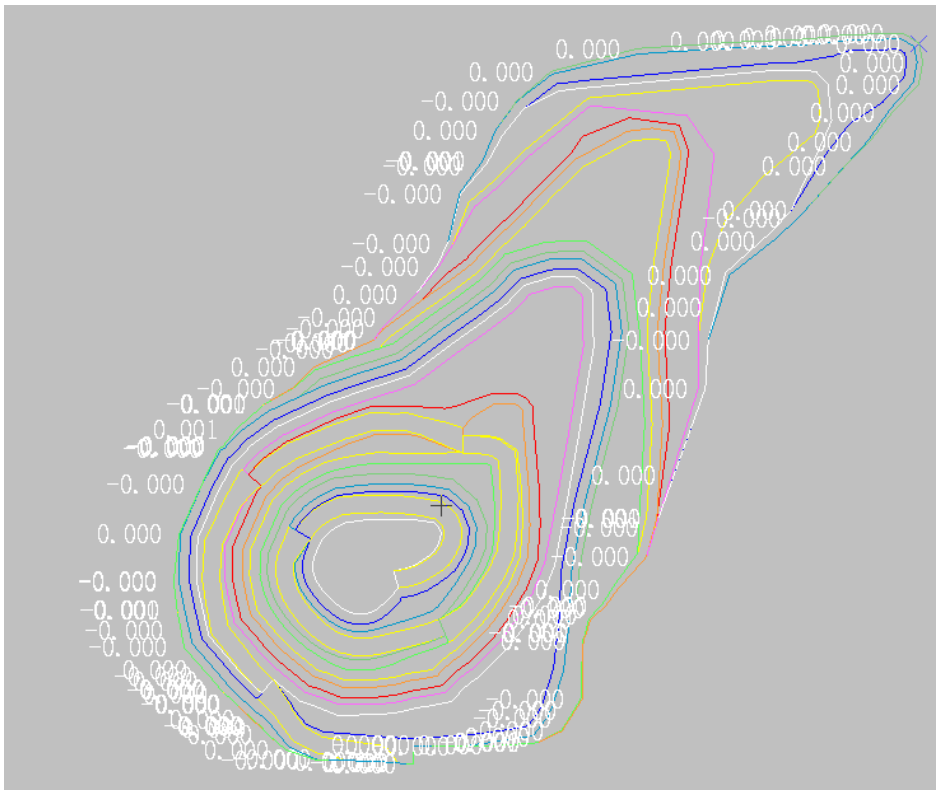



可以看到只是在图上两个表明的位置处向右上角进行了扩展，左下角部分没有扩展。同样需要将参考台阶线 160，调入进行调整后然后再次利用扩展到 DTM，形成新的台阶，如此重复向上可以建立接近地表模型的最终境界的设计，最终将公路修改调整到一个比较合适的位置即可。最终结果即公路出口处放大如下图：

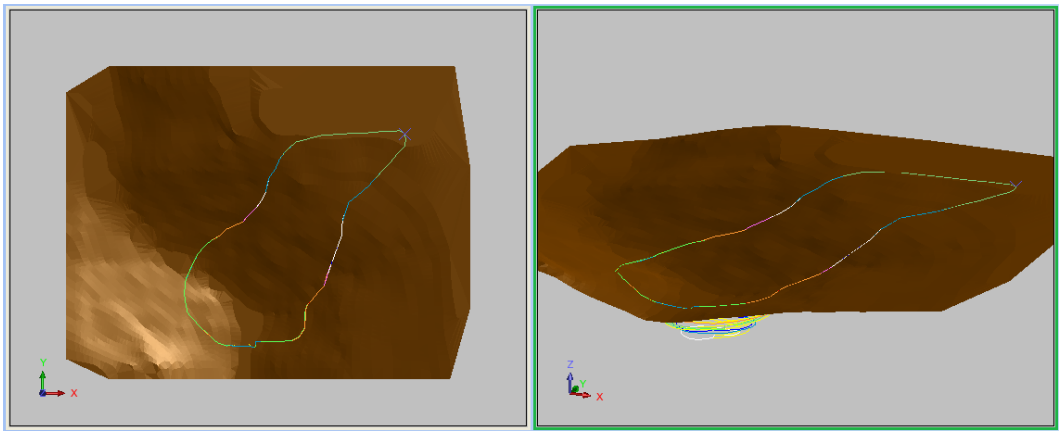




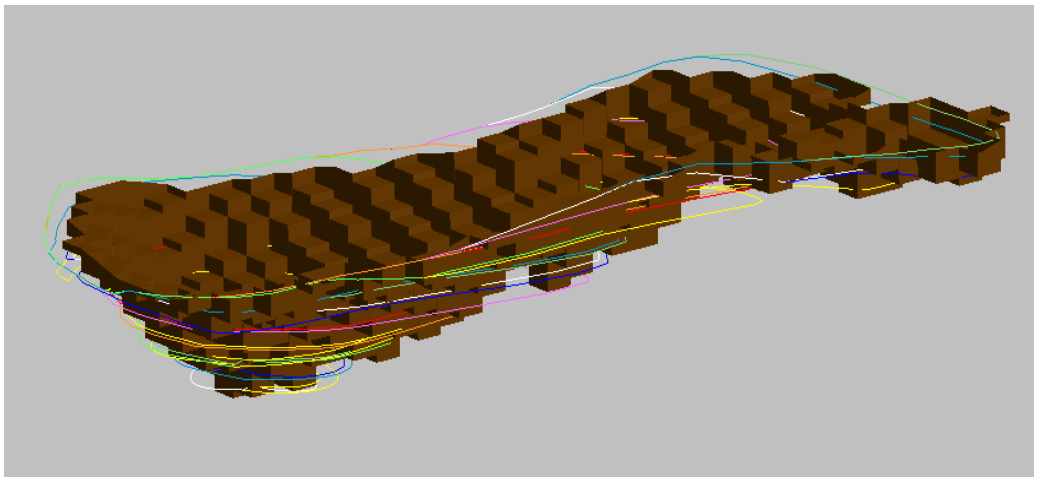
最终查看距离 DTM 的偏移量为 0，如下图：



显示地表模型，露天坑和地表接触如下：

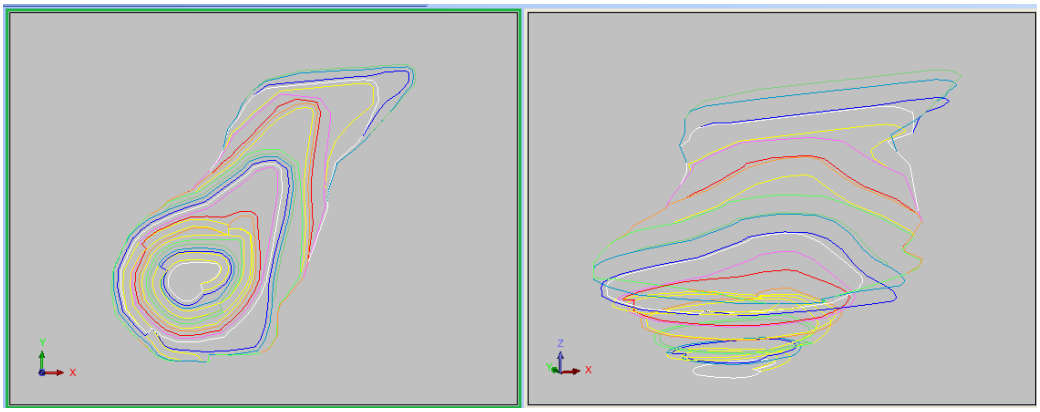


和境界优化结果的文件 **pit-10.dtm** 比较，形成十分接近块体模型境界优化结果的线文件模型如下：



# 3.4 最终境界的DTM模型

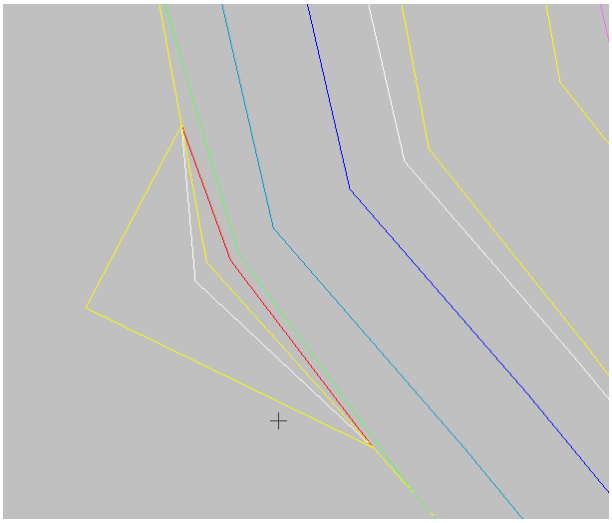
到目前为止，完成了露天采场最终境界的线文件设计，如下图：



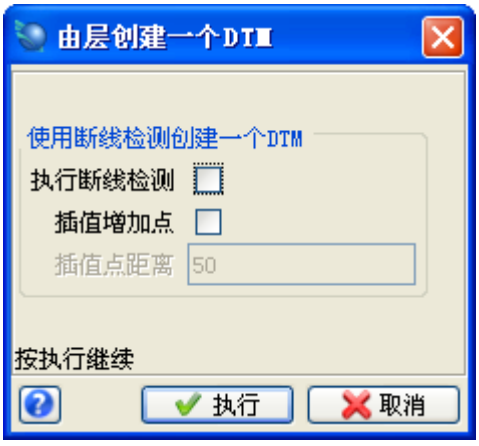
为了查看和计算体积，我们需要建立最终境界的 DTM 模型。

## 任务：创建最终境界模型

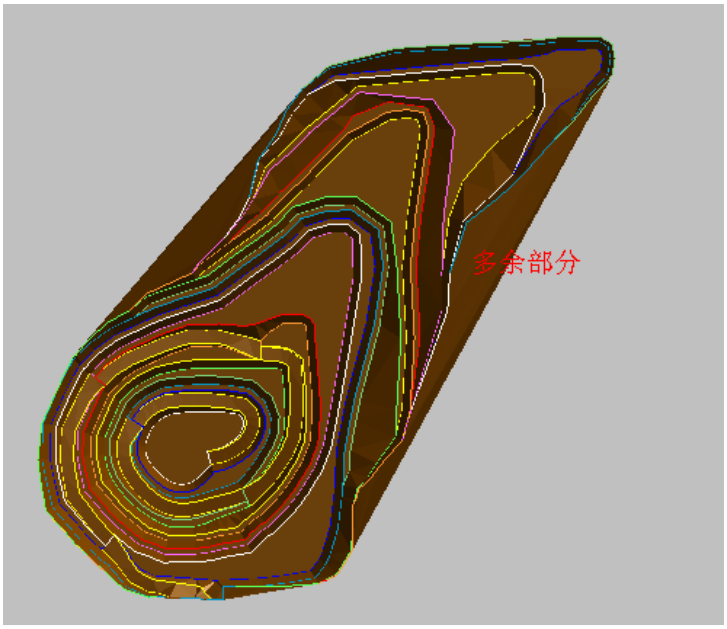
1. 断线检测，在设计的过程中，就要不断的检测断线相交，但是当扩展的和地表接触的时候，由于在地表附近的线有许多是重复的，如图移动某些线可以看到，



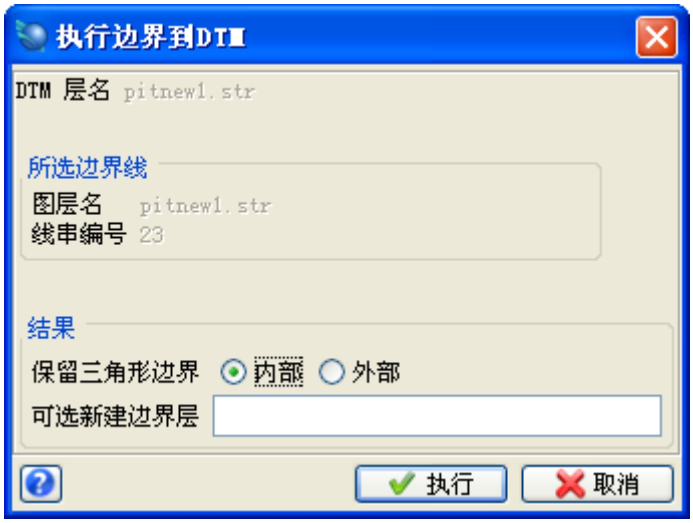
2. 形成采场最终境界模型的时候，断线检测就很难通过，但是这些点是不会影响到采场最终境界的位置的，所以这里，形成 DTM 的时候可以不进行断线检测，选择**由当前层创建 DTM**。在弹出的窗体中不选择断线检测:



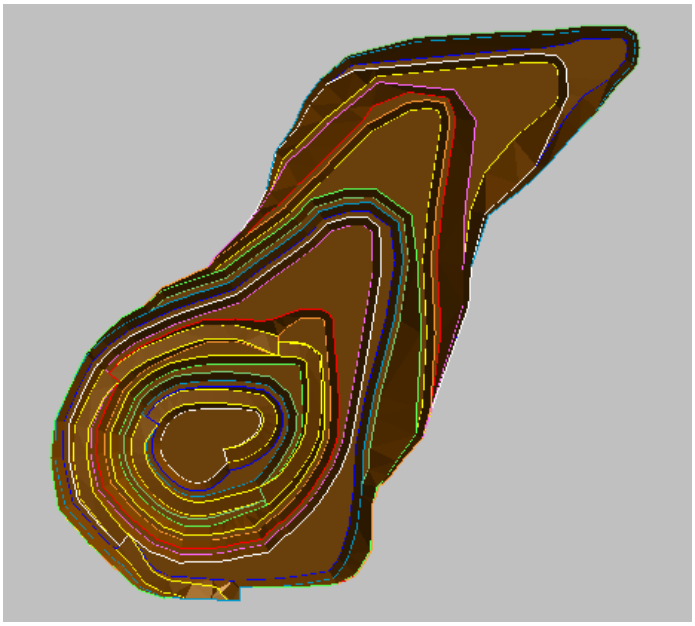

3. 形成采场最终境界模型后，外边缘的不规则，形成了部分外边缘先自己连接成模型，这是不需要的，




4. 那么就要利用 **DTM 工具>>DTM 间剪切和相交>>用线剪切 DTM**。然后选择最外边缘的线文件，注意不要再线相交的部分选择，在每个线文件都分离而且位置明显的位置选择，窗体中选择保留三角形边界的内部，



剪切结果如下：



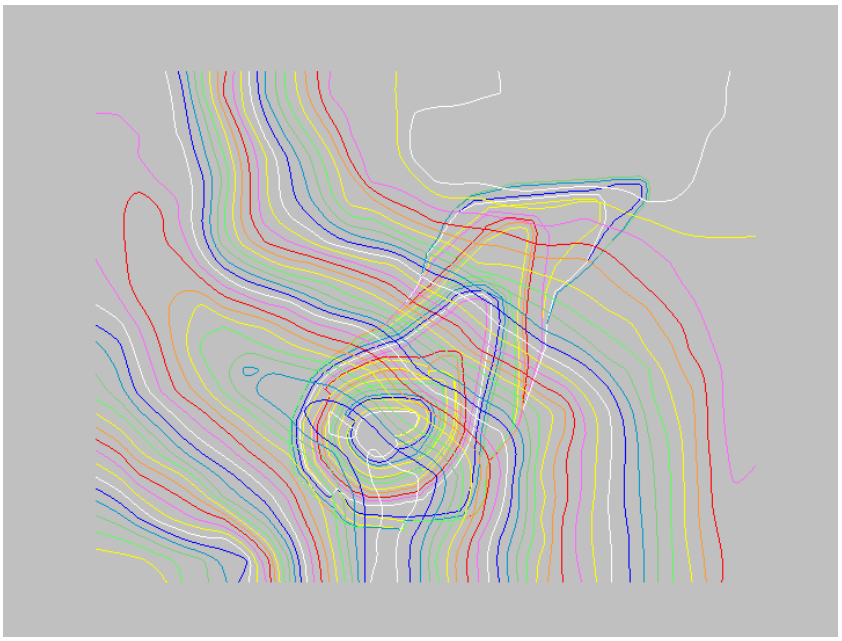
形成最终境界 DTM 模型。

## 3.5 开采终了的DTM模型

可以形成最终境界的 DTM 模型，同样也可以结合原有地表模型形成开采终了的 DTM 模型。

### 任务：开采终了模型

1. 分别将**地表 1.str** 和**设计结果 1.str** 线文件拖动到图形工作区打开。图形显示如下：

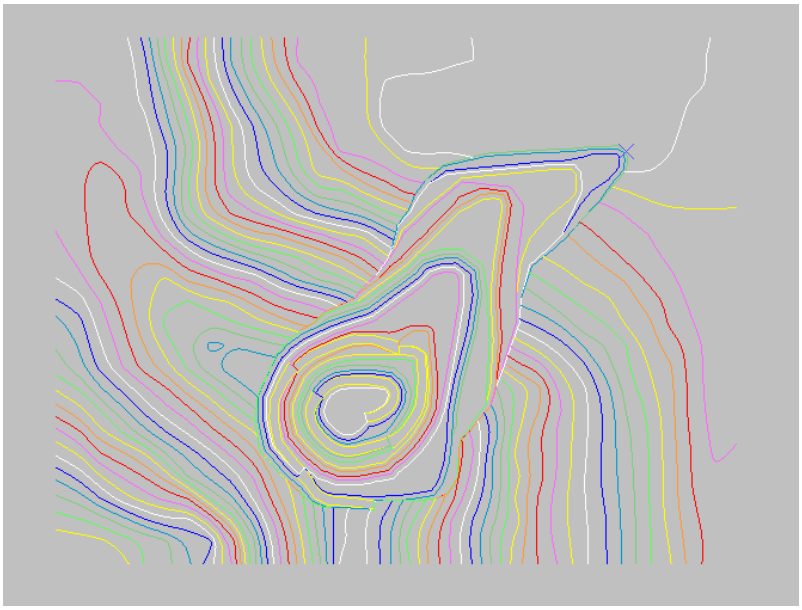


2. 将已经经过开采的地表部分剪切。注意将**地表 1.str** 设置为当前层。选择**编辑>>修**

**剪>>选择线剪切**。并选择**内部**。也就是要剪切选择线的内部的数据。

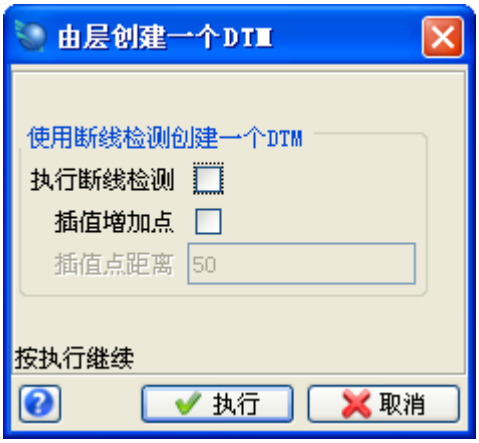



然后选择最终境界也就是设计结果现文件最外部的线段，剪切完成后，又由于此命令是可以连续执行，所以又弹出窗体询问要剪切内部还是外部，不需要操作时，点击**取消**。剪切结果如下：

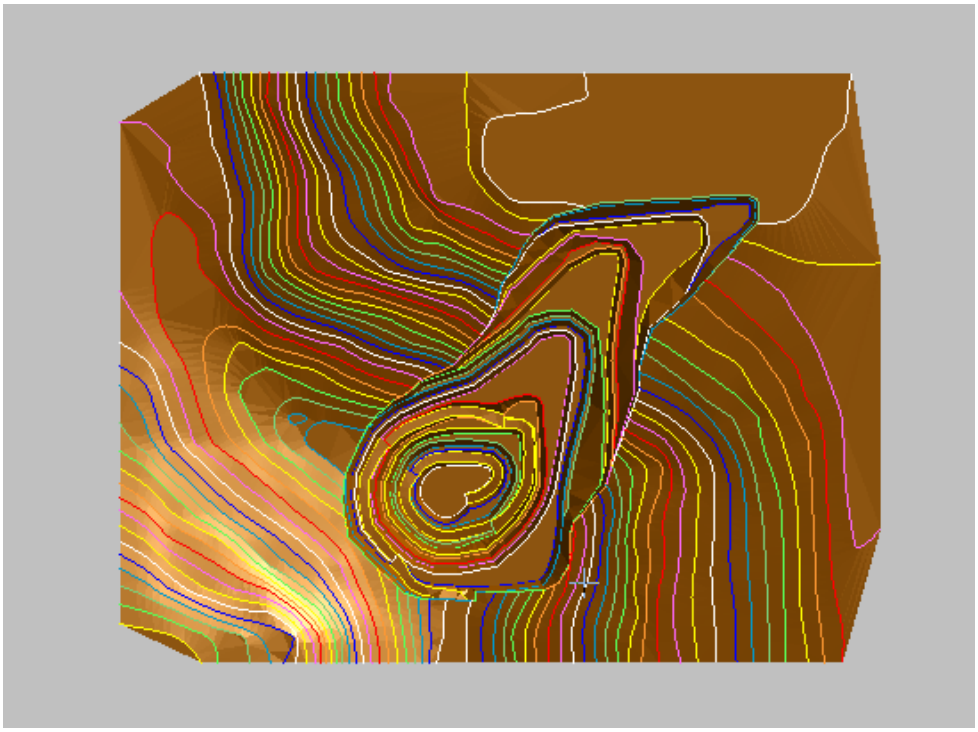


将剪切结果保存为**地表_剪切结果.str**。然后清空图形工作区。

3. 将**地表_剪切结果.str** 和**设计结果.str** 线文件，同时选中，并按下 ctrl 键拖到图形工作区。两者将合并成为同一个图层。然后可以选择 **DTM 工具>>由当前层创建 DTM**。不执行断线检测。



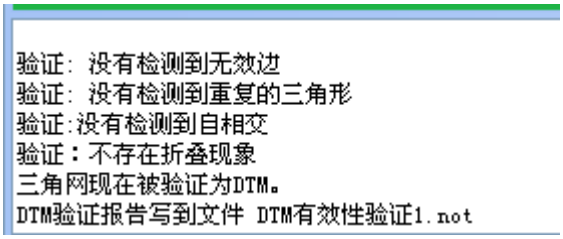

形成最终 DTM 如下：



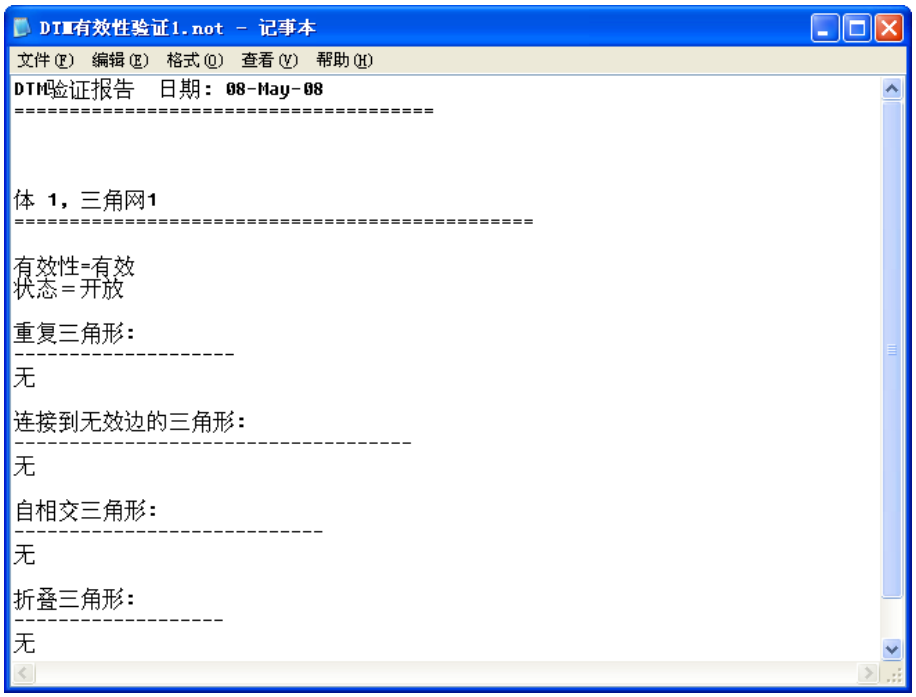
然后检验 DTM 是否有效，选中 DTM 工具>>有效性验证>>验证为 DTM。




验证结果出现在消息窗口，




同时也可以验证报告：DTM 有效性验证 1.not。




验证 DTM 有效，也就形成了开采终了 DTM 模型。

上述操作可以通过运行 **m6_形成开采终了模型.tcl** 宏文件来实现。

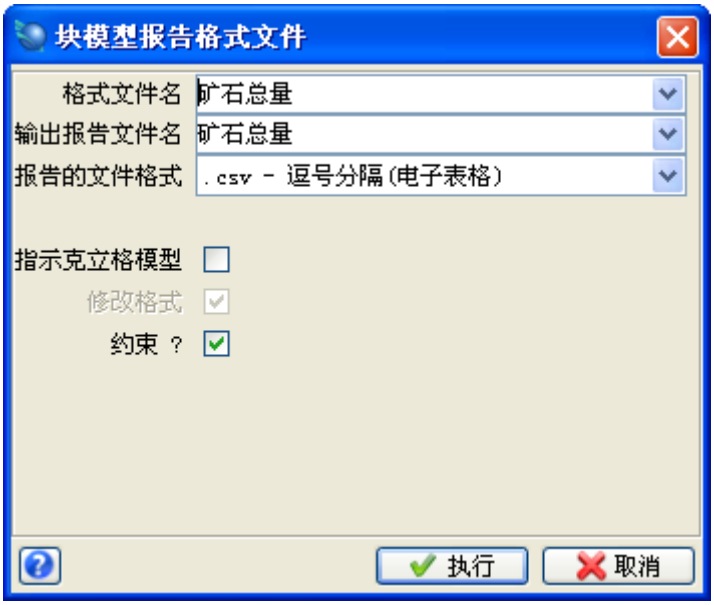
## 3.6 剥采比计算

剥采比是一个最终境界设计时要考虑的一个很重要的指标，剥采比是指开采境界内岩石总量和矿石总量的比值。在 SURPAC 中计算剥采比利用到了有关块体模型的很多知识，如果对块体模型不是很熟悉，请先学习有关块体模型部分手册。本例中，以每个台阶的剥采比和总的剥采比进行计算。

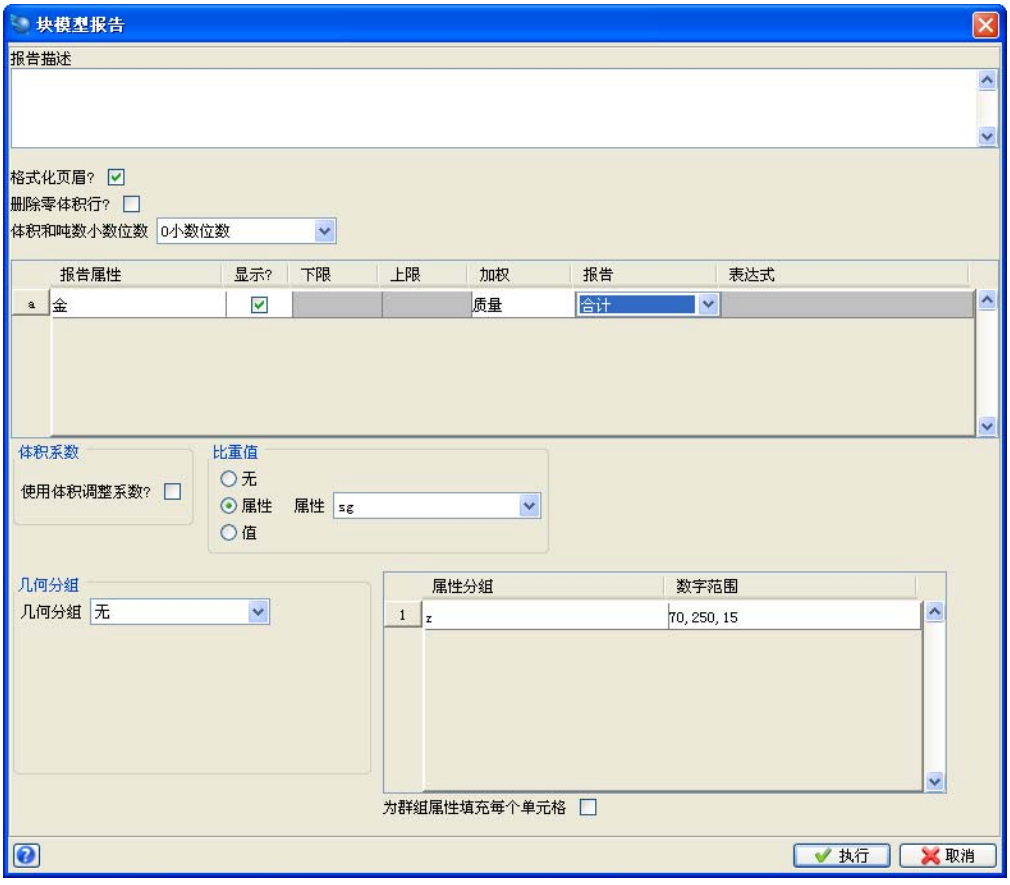
### 任务：计算剥采比

露天坑最终境界设计完成后和境界优化结果比较，满足了边坡角安全性，建立了开拓运输系统但是剥采比就存在差异，境界优化的剥采比并不能代表露天最终境界的剥采比，所以要最终境界的计算剥采比，并和经济合理剥采比比较，获得对设计结果的一个初步判断。

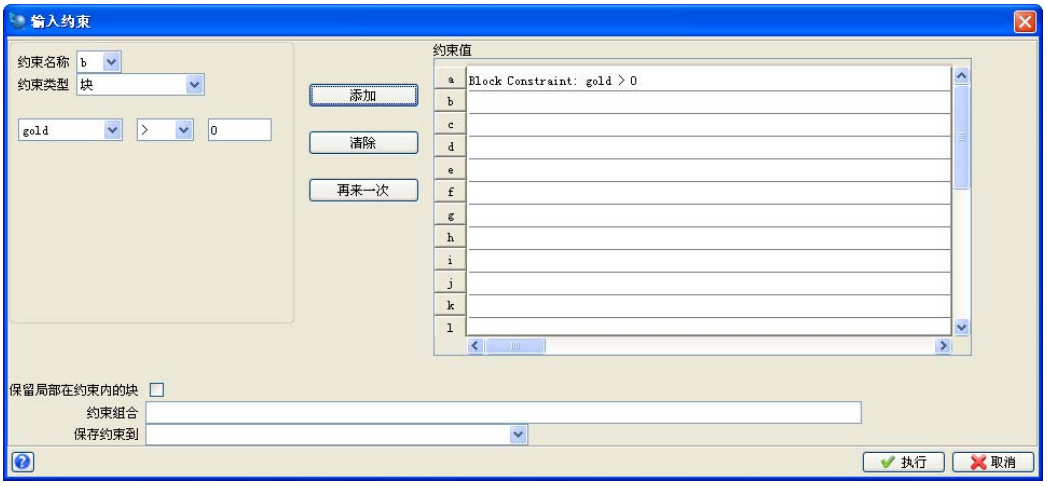
1. 打开块体模型。将文件导航器中块体模型.mdl 双击调入到图形工作区，选择**块体模型>>报告**。先报告矿石总量，格式文件名和报告文件名都为矿石总量，报告格式选择为 csv 格式，便于以后剥采比的计算处理。

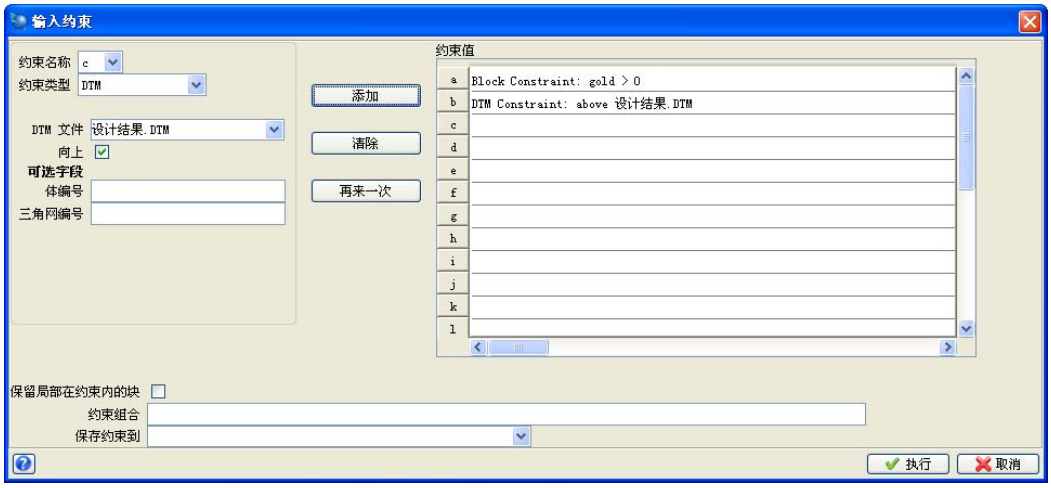



选择报告的属性，以及比重属性，属性分组要按照 z 值进行分组，最低台阶为 70，台阶高度为 15，最高不超过 250，所以分组范围写为 70,250,15。




属性和分组设置好以后，就要利用约束获得想要报告的部分块体，约束条件一是利用块体属性进行约束，属性 gold>0 的块体为矿体内部的块体。约束二是在设计的最终境界模型以上。通过这两个约束获得在境界坑内部矿石的总量。



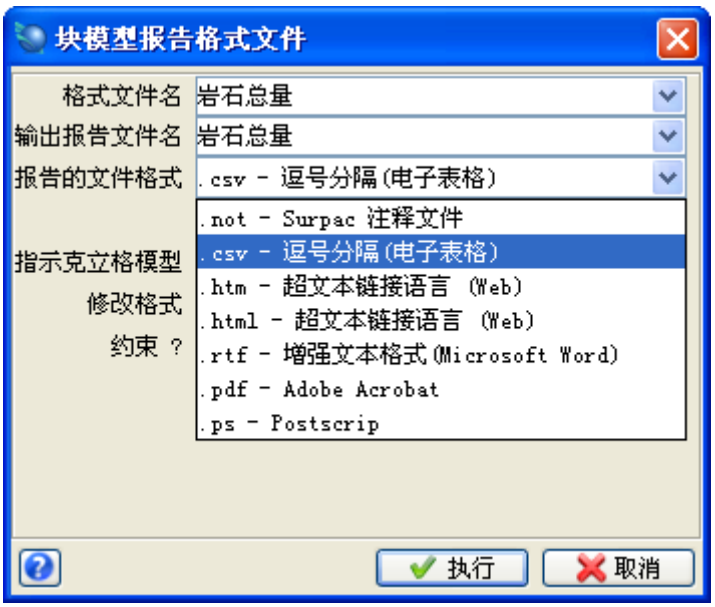




计算完成后，如果安装了 office 办公套件 Excel 软件，则自动在 Excel 中打开 csv 文件。获得矿石总量如下：

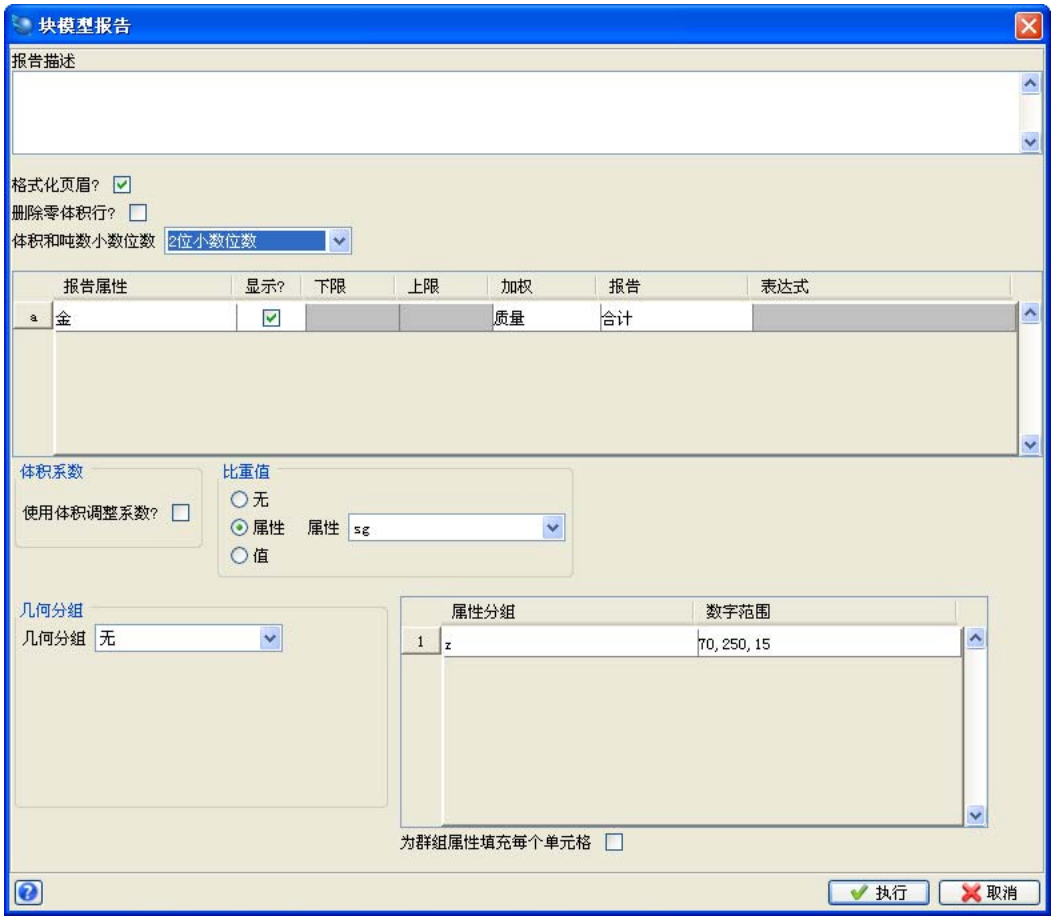
| | | | |
|---|---|---|---|
| Surpac Minex Group<br>May 06 | 2008 | | |
| | | | |
| 块体模型报告 | | | |
| | | | |
| | | | |
| 使用约束 | | | |
| a. > BLOCK gold 0 | | | |
| b. ABOVE DTM 设计结果.dtm | | | |
| | | | |
| 保留局部在约束内的块: False | | | |
| | | | |
| Z | 体积 | 吨位 | Gold |
| 70.0 -> 85.0 | 69125.00 | 204610.00 | 348056.02 |
| 85.0 -> 100.0 | 110750.00 | 327820.00 | 604432.64 |
| 100.0 -> 115.0 | 135125.00 | 399970.00 | 624295.83 |
| 115.0 -> 130.0 | 161625.00 | 478410.00 | 447538.26 |
| 130.0 -> 145.0 | 203125.00 | 601250.00 | 489016.13 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 145.0 -> 160.0 | 195000.00 | 475240.00 | 462657.63 |
| 160.0 -> 175.0 | 149125.00 | 441410.00 | 534191.52 |
| 175.0 -> 190.0 | 144125.00 | 426610.00 | 664085.93 |
| 190.0 -> 205.0 | 95750.00 | 270675.00 | 476352.97 |
| 205.0 -> 220.0 | 125125.00 | 370370.00 | 603784.19 |
| 220.0 -> 235.0 | 100875.00 | 298590.00 | 758408.79 |
| 235.0 -> 250.0 | 11000.00 | 32560.00 | 38552.95 |
| 总计 | 1500750.00 | 4327515.00 | 6051372.85 |

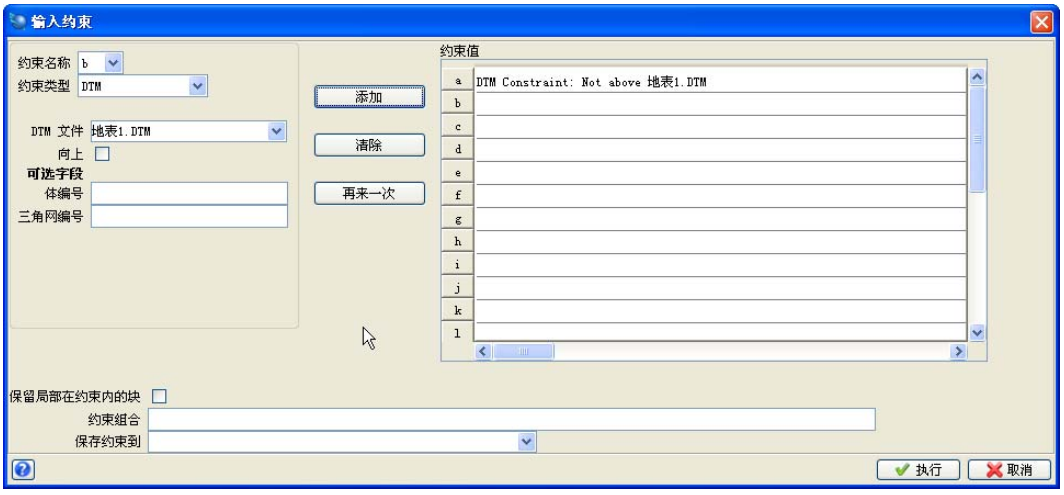
2. 同样道理计算岩石总量，格式文件名和报告文件名为岩石总量

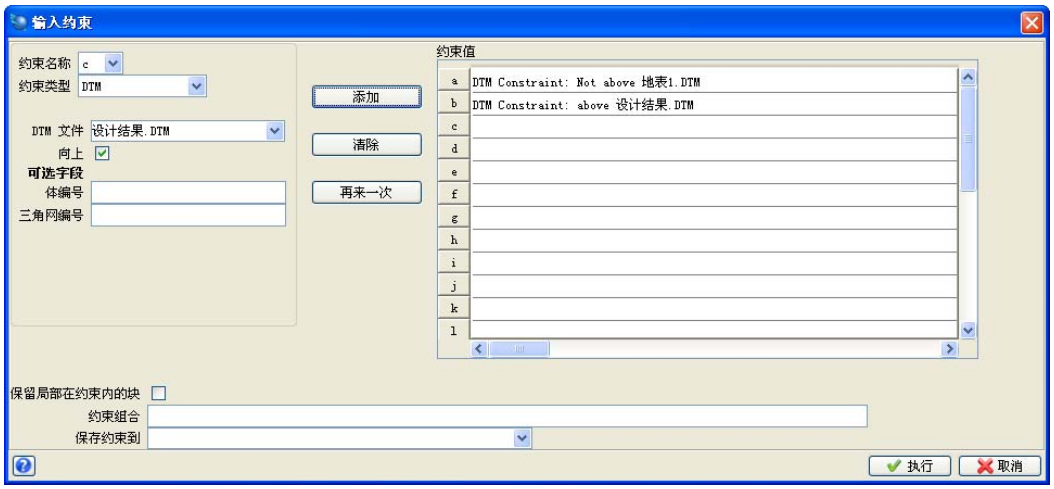


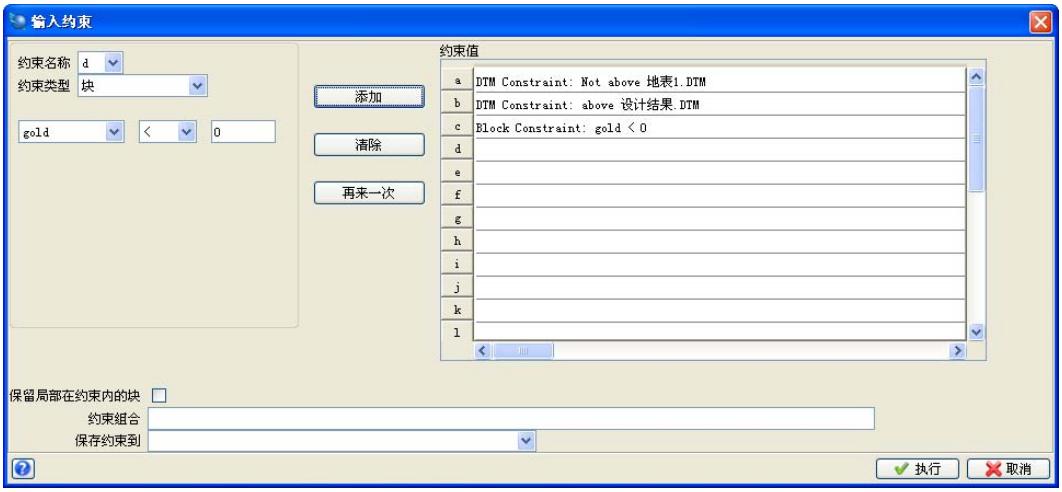

报告内容设置相同




注意约束条件就不同了，约束一是地表以下，约束二是设计结果 DTM 模型以上，约束三是块体属性 gold<0，限定了在设计露天坑以上的岩石总量





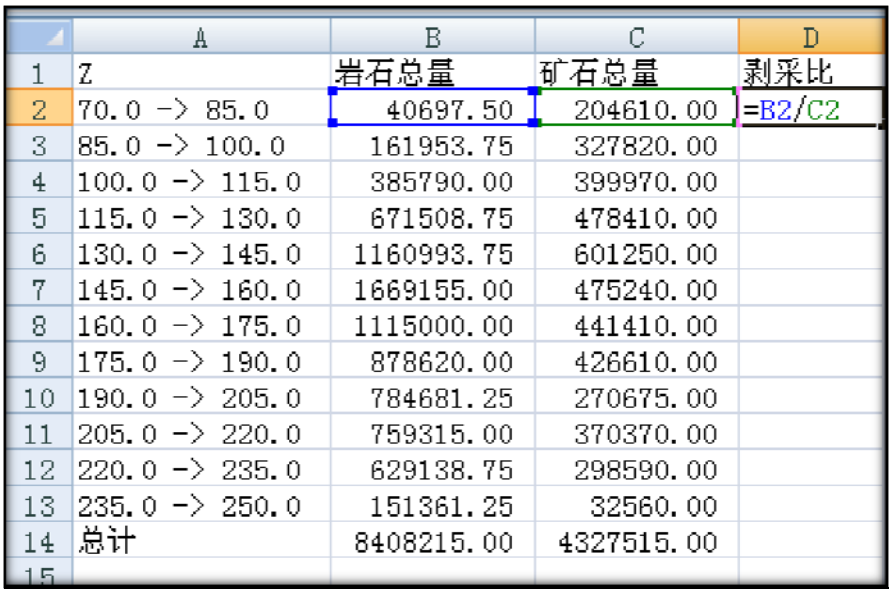

获得岩石总量如下：

| | | | |
|---|---|---|---|
| Surpac Minex Group<br>May 06 | 2008 | | |
| | | | |
| 块体模型报告使用约束 | | | |
| a. NOT ABOVE DTM 地表 1.dtm | | | |
| b. ABOVE DTM 设计结果.dtm | | | |
| c. < BLOCK gold 0 | | | |
| | | | |
| 保留局部在约束内的块: False | | | |
| | | | |
| Z | 体积 | 吨位 | Gold |
| 70.0 -> 85.0 | 18250.00 | 40697.50 | -4029052.50 |
| 85.0 -> 100.0 | 72625.00 | 161953.75 | -16033421.25 |
| 100.0 -> 115.0 | 173000.00 | 385790.00 | -38193210.00 |
| 115.0 -> 130.0 | 301125.00 | 671508.75 | -66479366.25 |
| 130.0 -> 145.0 | 520625.00 | 1160993.75 | -114938381.25 |
| 145.0 -> 160.0 | 748500.00 | 1669155.00 | -165246345.00 |
| 160.0 -> 175.0 | 500000.00 | 1115000.00 | -110385000.00 |
| 175.0 -> 190.0 | 394000.00 | 878620.00 | -86983380.00 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 190.0 -> 205.0 | 351875.00 | 784681.25 | -77683443.75 |
| 205.0 -> 220.0 | 340500.00 | 759315.00 | -75172185.00 |
| 220.0 -> 235.0 | 282125.00 | 629138.75 | -62284736.25 |
| 235.0 -> 250.0 | 67875.00 | 151361.25 | -14984763.75 |
| 总计 | 3770500.00 | 8408215.00 | -832413285.00 |

计算矿石量和岩石量的过程通过 **m7_计算岩石量和矿石量.tcl** 宏文件实现。

3. 计算获得岩石总量和矿石总量后，可以在 Excel 中，将矿石总量和岩石总量复制粘贴到同一张表中，然后利用 Excel 计算功能计算剥采比，如下图填写计算公式：



| | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Z | 岩石总量 | 矿石总量 | 剥采比 |
| 2 | 70.0 -> 85.0 | 40697.50 | 204610.00 | =B2/C2 |
| 3 | 85.0 -> 100.0 | 161953.75 | 327820.00 | |
| 4 | 100.0 -> 115.0 | 385790.00 | 399970.00 | |
| 5 | 115.0 -> 130.0 | 671508.75 | 478410.00 | |
| 6 | 130.0 -> 145.0 | 1160993.75 | 601250.00 | |
| 7 | 145.0 -> 160.0 | 1669155.00 | 475240.00 | |
| 8 | 160.0 -> 175.0 | 1115000.00 | 441410.00 | |
| 9 | 175.0 -> 190.0 | 878620.00 | 426610.00 | |
| 10 | 190.0 -> 205.0 | 784681.25 | 270675.00 | |
| 11 | 205.0 -> 220.0 | 759315.00 | 370370.00 | |
| 12 | 220.0 -> 235.0 | 629138.75 | 298590.00 | |
| 13 | 235.0 -> 250.0 | 151361.25 | 32560.00 | |
| 14 | 总计 | 8408215.00 | 4327515.00 | |
| 15 | | | | |

获得每个台阶剥采比以及总最终境界的剥采比如下：

| Z | 岩石总量 | 矿石总量 | 剥采比 |
|---|---|---|---|
| 70.0 -> 85.0 | 40697.50 | 204610.00 | 0.198903 |
| 85.0 -> 100.0 | 161953.75 | 327820.00 | 0.494033 |
| 100.0 -> 115.0 | 385790.00 | 399970.00 | 0.964547 |
| 115.0 -> 130.0 | 671508.75 | 478410.00 | 1.403626 |
| 130.0 -> 145.0 | 1160993.75 | 601250.00 | 1.930967 |
| 145.0 -> 160.0 | 1669155.00 | 475240.00 | 3.512236 |
| 160.0 -> 175.0 | 1115000.00 | 441410.00 | 2.525996 |
| 175.0 -> 190.0 | 878620.00 | 426610.00 | 2.059539 |
| 190.0 -> 205.0 | 784681.25 | 270675.00 | 2.898979 |
| 205.0 -> 220.0 | 759315.00 | 370370.00 | 2.050153 |
| 220.0 -> 235.0 | 629138.75 | 298590.00 | 2.107032 |
| 235.0 -> 250.0 | 151361.25 | 32560.00 | 4.648687 |
| 总计 | 8408215.00 | 4327515.00 | 1.942966 |

建立了最终境界的 DTM 模型，并计算了岩石总量，矿石总量，剥采比等内容，可以根据和经济合理剥采比的比较等确定本设计是否满足要求。可以在此设计基础上修改设计，也可以设计多个方案，进行方案比较获得更好的最终境界。

# 第4章 露天采矿设计绘图

最终境界设计完成后，还要形成工程图纸，和其他模块相同，可以利用自动绘图也可以通过文件绘图，自动绘图是一种所见即所得的方式，具体方法见绘图部分相关内容，这里不再重复，本章节主要介绍通过文件绘图对露天矿最终境界绘制开采终了图。其中有些内容是绘图部分讲解的这里就不再重复。

## 4.1 文件准备。

在我们设计露天最终境界时，已经形成了绘图需要的线文件，只需要根据绘图要求选择相应的线文件即可，本例中选择**设计结果.str** 和**地表_剪切结果.str** 两个文件。

## 4.2 图元绘制方式

软件中已经包含了多种图元绘制方式，这里用到的两个是绘制方式是：CONTOUR（等高线）和 LINE（线）。

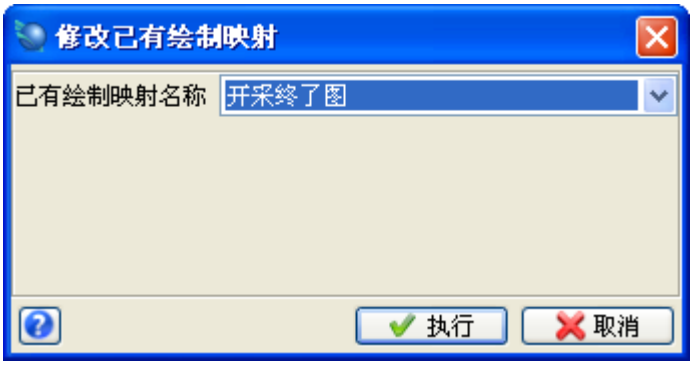
## 4.3 图元绘制映射

没有一个已经存在的图元绘制映射可以正好满足露天采矿设计的绘图，所以我们需要新建一个图元绘制映射。

1. 新建图元绘制映射。选择**打印绘图>>图元绘制映射>>新建**。新建的图元绘制映射名字为**开采终了图**。




2. 编辑新建的图元绘制映射。选择**打印绘图>>图元绘制映射>>新建**。并选择图元映射名称为：**开采终了图**。



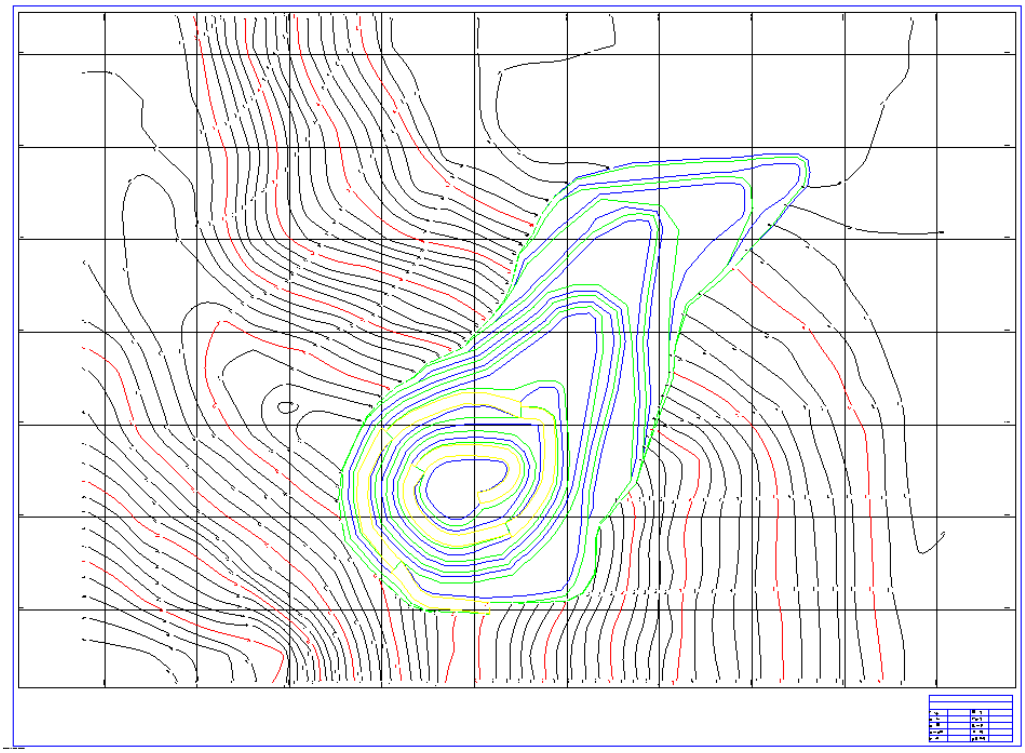

如图填写绘图映射：




执行后绘图映射完成

## 4.4 成图

选择**打印绘图>>成图>>图元绘制映射**，选择要绘制的图元绘制映射，也就是新建的名为**开采终了图**。然后成图，具体成图过程见手册绘图部分。绘图结果如下。



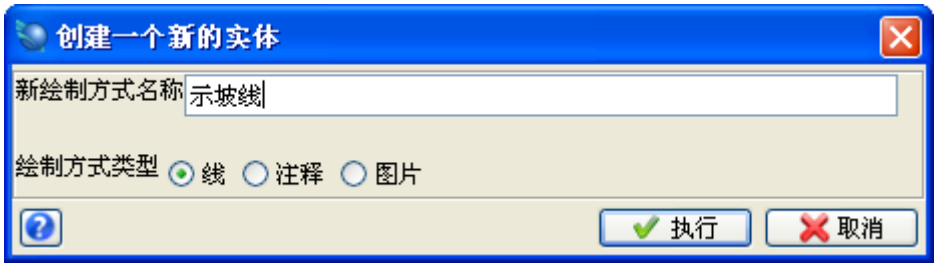
其中，对于地表部分，利用黑色的线绘制首曲线，利用红色的线绘制计曲线，利用蓝色的线代表坡底线，绿色的线代表坡顶线，黄色的线代表开采境界内的公路。

上述操作可以通过运行 **m8_采矿文件绘图.tcl** 宏文件来实现。

## 4.5 示坡线的绘制

示坡线的绘制相对需要的设置多一些。更多的知识参考绘图部分。这几简单介绍设置过程。

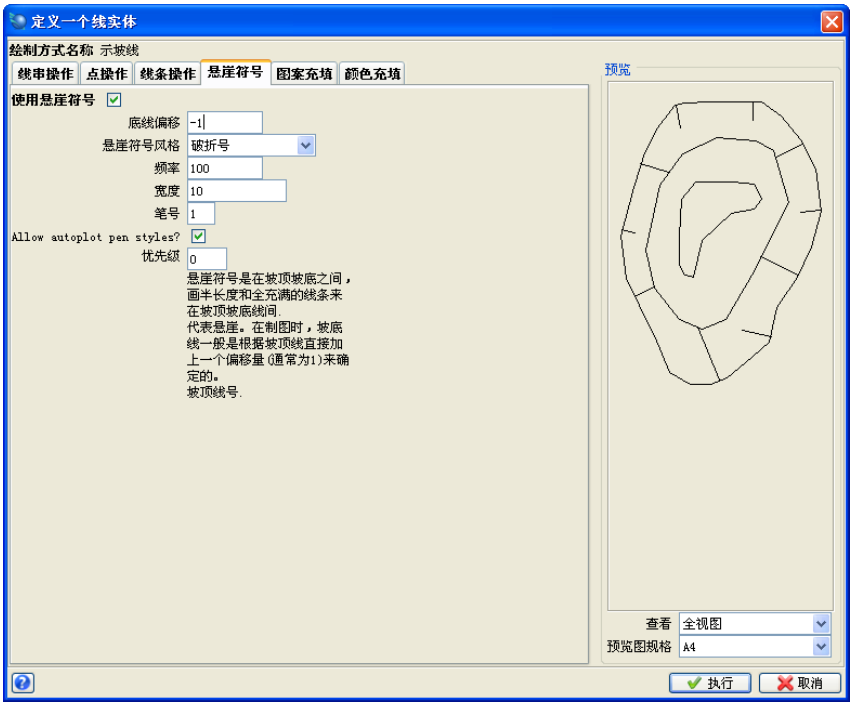
1. 增加图元绘制方式。选择**打印绘图>>图元绘制方式>>新建**。



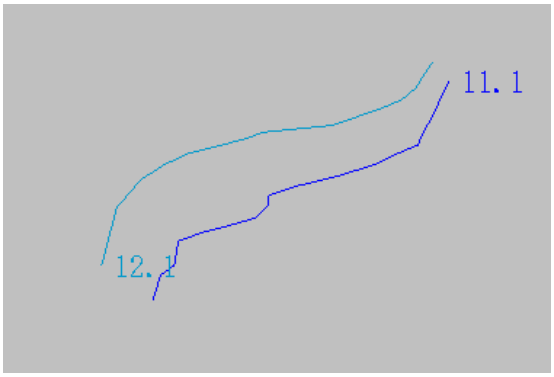

2. 在绘图方式定义窗口，选择线条操作，并选中**使用线条操作**后方选择框。其他设置保持不变。

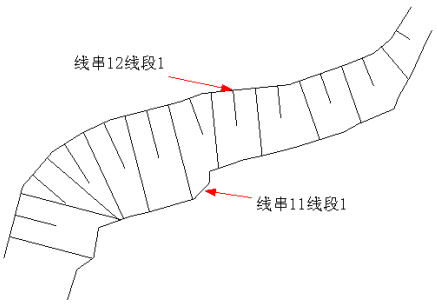



3. 然后选择悬崖符号。并选中**使用悬崖符号**后方选择框。将**底线偏移**后填写为-1。其他设置保持不变。




注意：需要解释一下悬崖符号，也就是示坡线符号。示坡线表示降坡方向，是与等高线垂直相交的短线,总是指向海拔较低的方向,有时也叫做降坡线。在露天采矿中主要是坡顶线到坡底线方向绘制一系列短线。绘制是从坡顶线到坡底线，坡顶线在绘制映射时指定，坡底线是依赖于**底线偏移**指定。也就是如果坡顶线编号为 12，则根据底边偏移为-1，那么坡底线就是 11 号线串。绘制结果将是在 12 号线串到 11 号线串防线绘制一系列短线，而且这里还有一个限制就是，12 号和 11 号线串的线段编号必须是一致的。如下图可以说明：




具体使用过程中，需要许多设置，和修改部分现文件。这里就不再做详细介绍。

# 第5章 排土场设计

露天开采的一个重要特点就是要剥离大量的覆盖在矿体上部的表土和周围岩石，并将其运往专门设置的场地排弃，接受排弃岩土的场地即排土场。排土场设计包含了排土场位置的选择，排土工艺的确定，排土场的稳定性及其病害治理，排土场环境污染等等内容。SURPAC 排土场设计是在结合设计人员根据实际情况确定了排土场的位置，根据剥离量估算排土场的容积，初步确定排土场顶部标高，边坡角等条件下建立排土场的 DTM 模型，并准确计算其容积和排土场需要容积进行比对，然后修改排土场设计，使之逐步获得一个最优化的排土场设计结果。

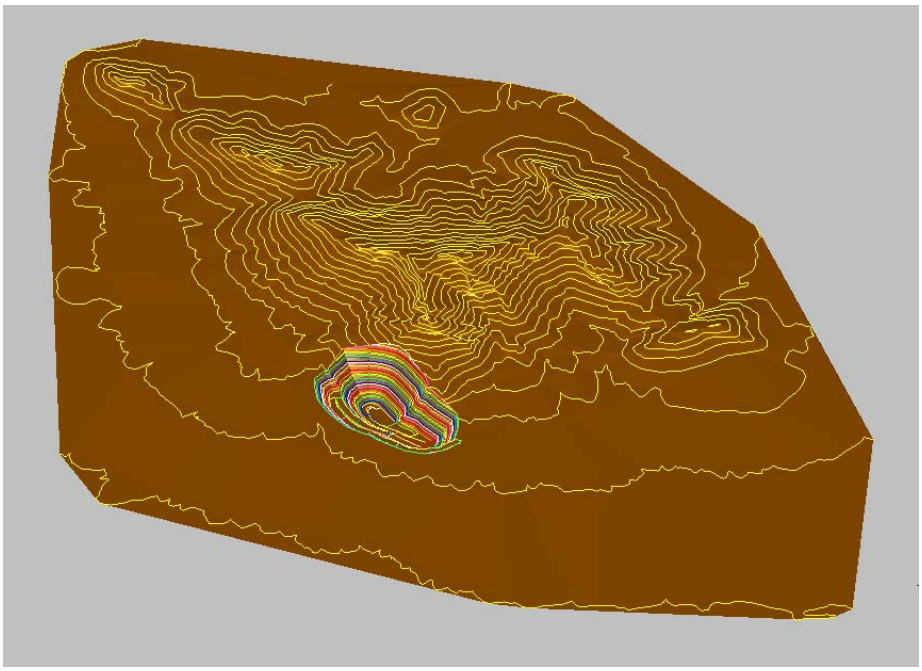
排土场的设计和露天采矿最终境界的设计有很多相似的地方，进行排土场设计所运用的工具与进行露天坑最终境界设计所用的工具也是十分相似的。这一章将学习用设计工具进行排土场设计，创建其 DTM 模型。然后生成一份排土场容积报告，及每一台阶可堆排的容积报告。

## 5.1 排土场设计

排土场设计学习前应完成，露天坑设计的内容，因为许多在露天坑设计中所讲过的概念和这里是相同的。在这个练习中将不再详细讲解。

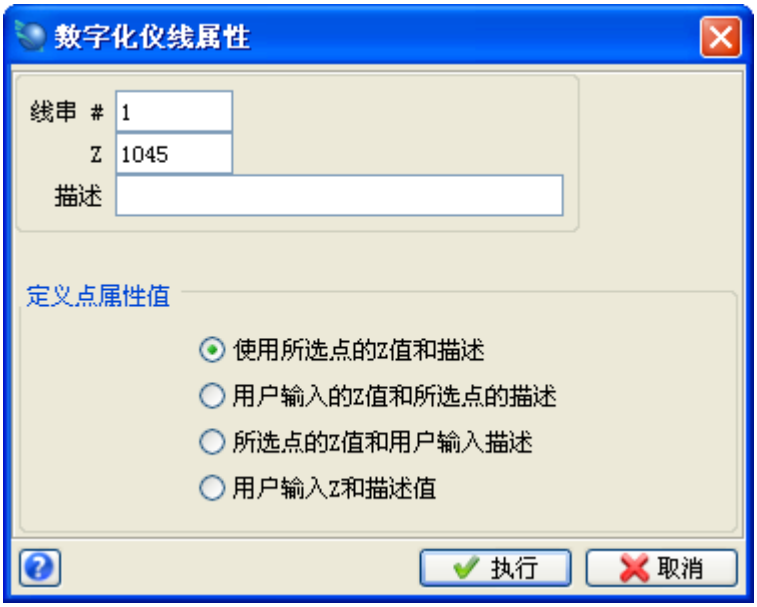
### 任务：排土场设计

1. 打开**地表 2.dtm** 文件，显示设计的开采终了 DTM 模型，并选择**显示>>线>>显示为线**将线同时显示在图层中。显示结果如下：

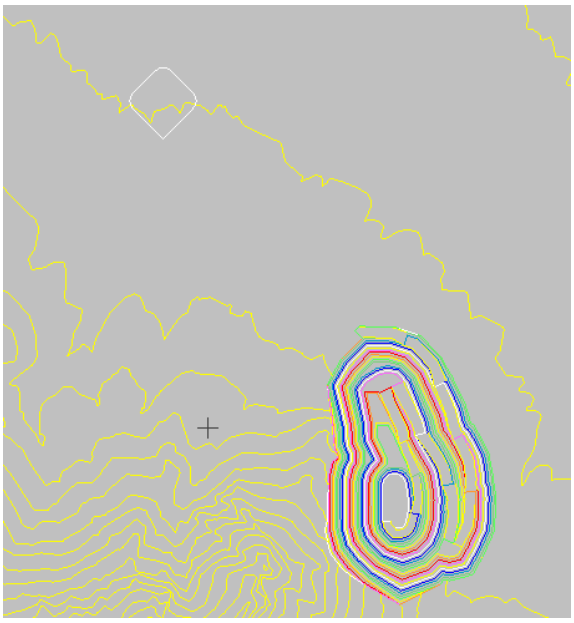


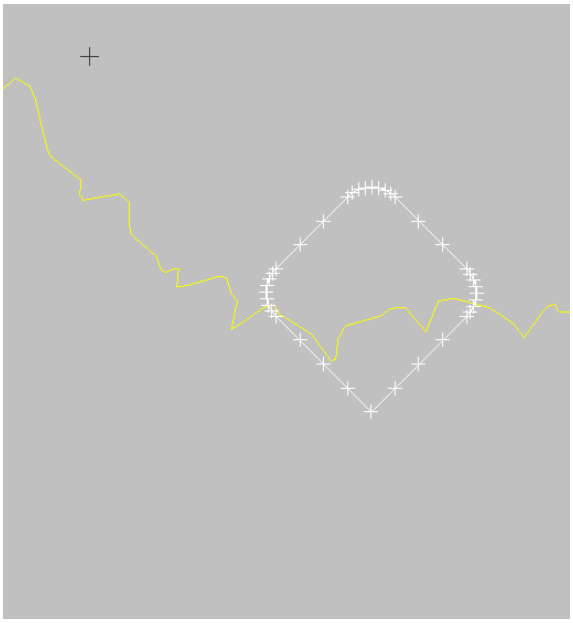
2. 创建一个新的图层，图层名为**排土场**，用画线功能在确定的排土场位置，例如西北方定义排土场顶部的大致范围。假设估算获得排土场顶部大约高出地表 50 米，标高为 1045 米。则利用创建>>画点>>开始新线串，或者利用工具栏上相应的按钮。见画点时的 z 值确

定为 1045 米，线串编号为 1。

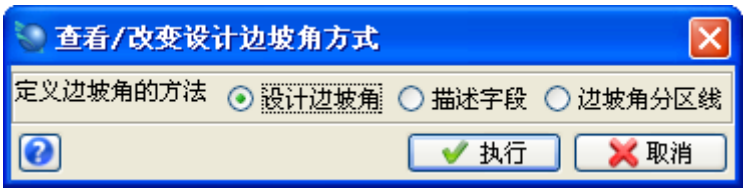



3. 根据初步确定的排土场顶部绘制顶部边线，如图（右图为排土场顶部边线放大）：

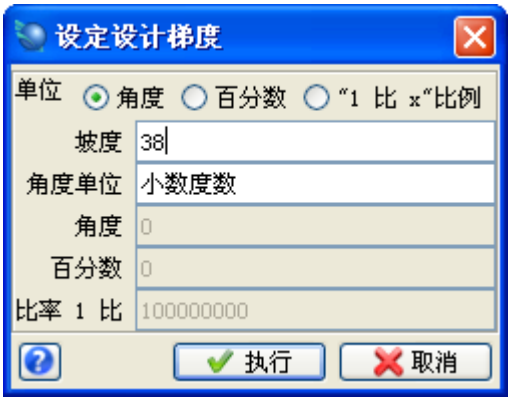




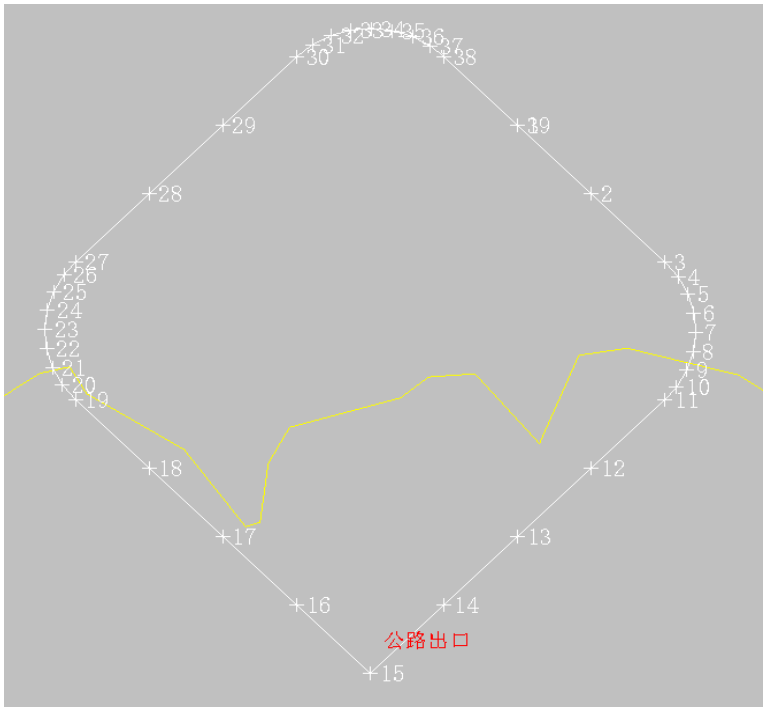
4. 确定边坡角的定义方式和边坡角大小。选择**设计>>露天采场设计>>设计边坡角的方法**。这里选择**设计边坡角**。



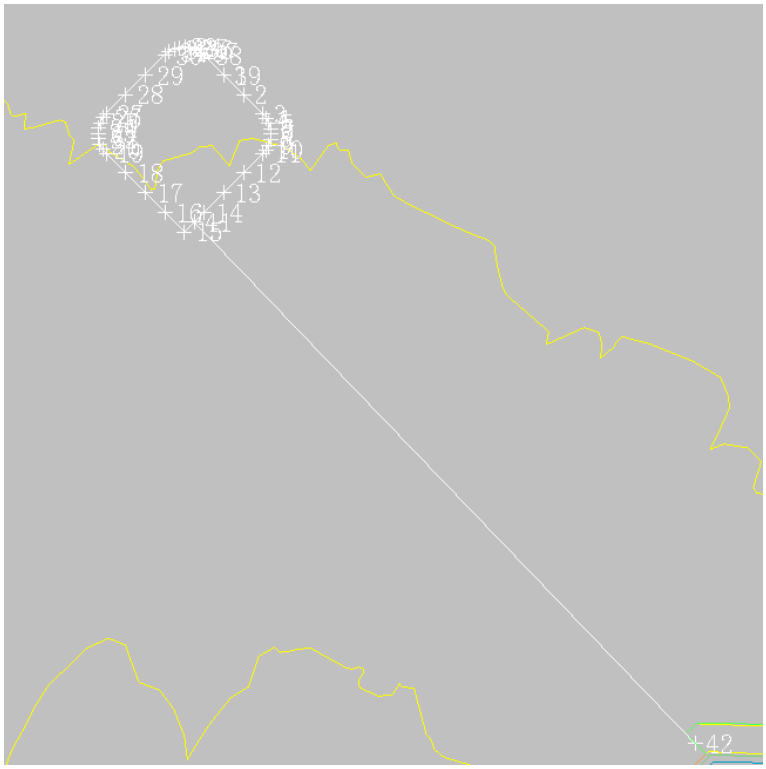

选择**设计>>露天采场设计>>设计边坡角，**边坡角是根据岩石的性质，碎石的安息角等因素确定的，本例中输入边坡角的角度为 38 度。




5. 确定公路出口和中心线（同时确定了坡度）。公路的类型有顺时针，逆时针和直穿型三种，顺时针和逆时针公路类型在露天境界设计时已经学习了，排土场公路设计学习设计直穿型公路。直穿型公路的设计需要先确定公路的出口和公路的中心线，本例中，公路的出口选择在点编号为 14 和 15 的两个点之间，如图：



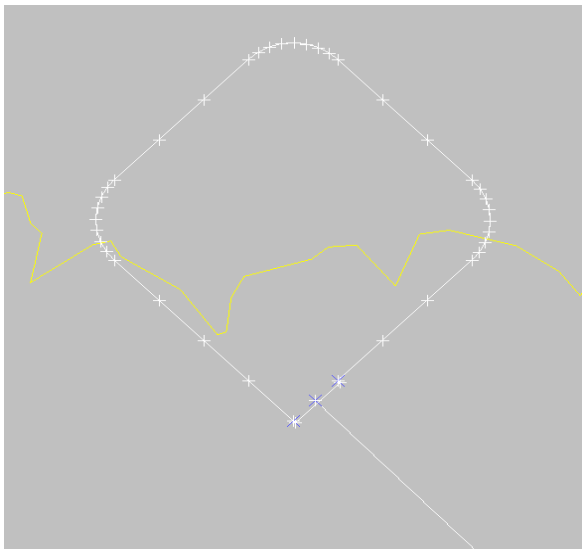

并绘制公路中心线，利用在两点中点数字化一个点，分别选择 14 和 15 号点，确定了公路在排土场最高的出口，然后确定公路的方向。中线只是确定了公路的方向，公路的坡度在确定公路类型的时候确定。注意公路的长度需要大于实际的公路长度。公路中线如下：



6. 创建直穿型公路。选择**设计>>露天采场设计>>创建公路**。分别选择公路的两端，也就是 14 和 15 两点。



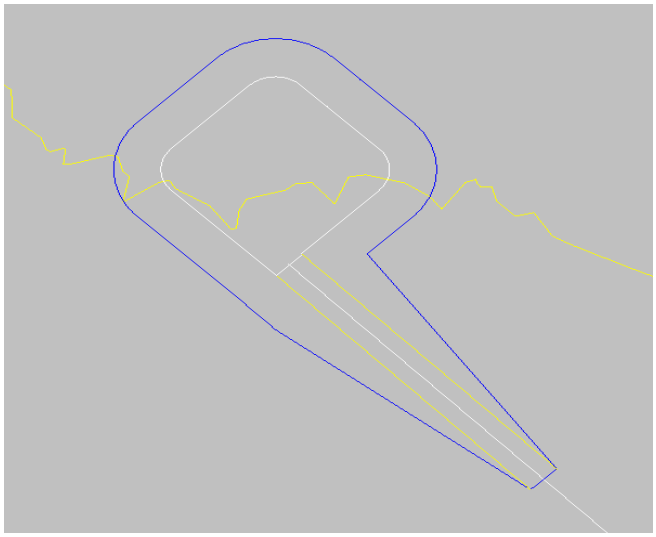

填写公路的名称，公路线号第一次默认为 100，以后每定义一次线号加 1，选择公路的类型为直穿型，输入公路的宽度为 20，公路的坡度为 1:10。执行后需要选择公路的中线，选择完成后，就创建了一条直穿型公路。注意顶部公路出口处的变化，这种变化是由软件自动处理的。



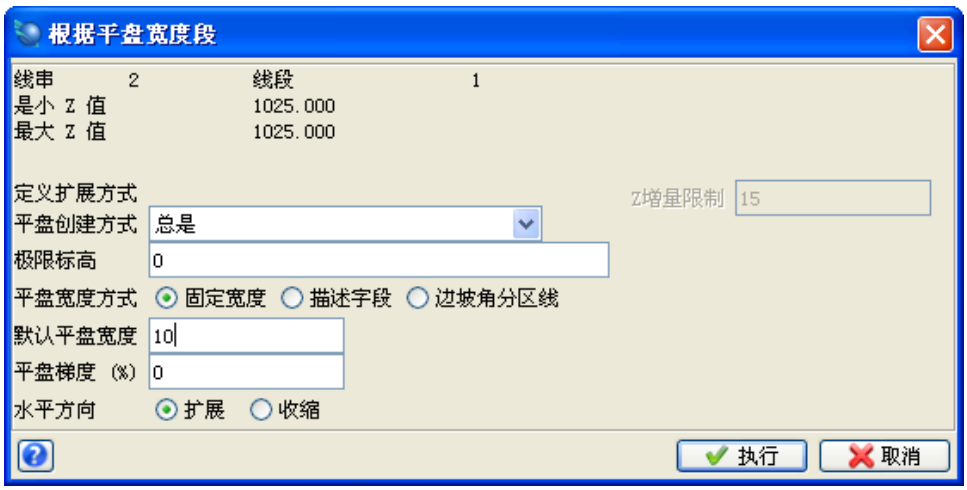
7. 排土场设计同样需要保留安全平台，可以利用根据台阶高度向下扩展形成一个 20 米的台阶或者也可以用至某一标高来指定标高。这里用至标高，学习以下在露天采场设计中没有用到的功能。选择**设计>>扩展段>>至标高**。目标标高为 1025，台阶高度为 20，向下扩展。




根据坡度角和台阶高度形成了如下图



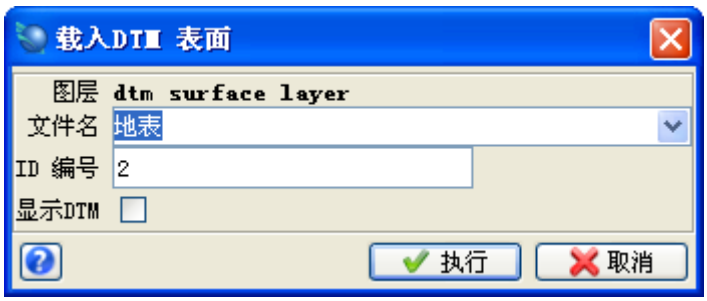
8. 然后扩展形成平台，选择**设计>>扩展段>>根据台阶宽度**。扩展形成一个 10m 宽的平台。




并对扩展结果做一些必要的修正。结果如下图：



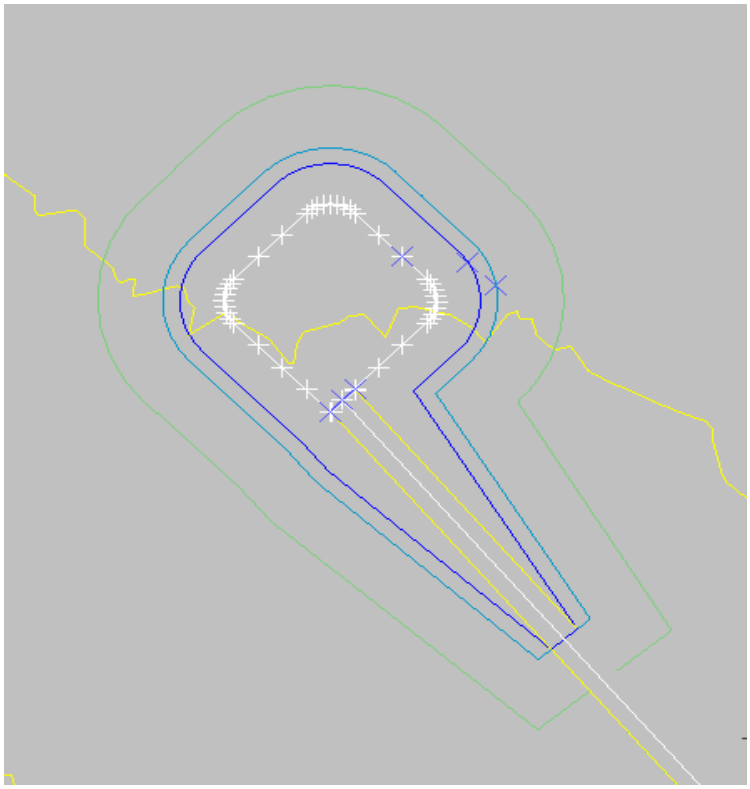
9. 扩展到 DTM 表面，由于本例地势比较平坦，此时平台和地表的高度也就是 20m 左右，所以不用另形成平台，只要扩展到地表即可，如果情况比较复杂，需要根据实际情况根据露天境界优化用的的工具完成排土场设计。这里和露天设计内容几乎相同。输入 DTM 表面。选择**设计>>露天采场设计>>输入 DTM 文件**。




然后选择**设计>>扩展段>>扩展到 DTM**。选择要扩展的线串 3。注意台阶的高度是不确定，需要填写一个较大的数，保证所有的点都扩展到 DTM 表面上。




这个操作容易出现一些问题，需要手动进行调整，结果例如下图。

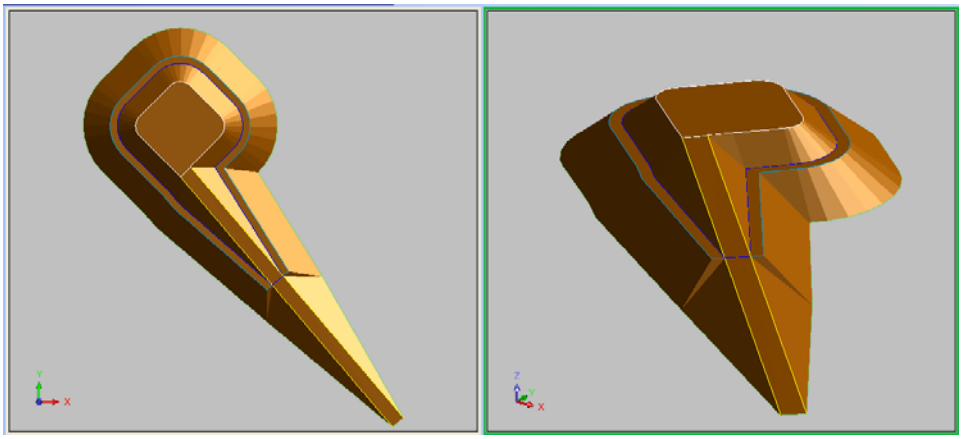


这个结果可以先保存为线文件然后重新打开，做一些调整，就可以获得想要的结果，如图：



删除中心线，获得设计排土场。

10. 利用当前层形成 DTM，结果如下：



上述操作可以通过运行**排土场设计/m1_排土场设计.tcl** 宏文件来实现。

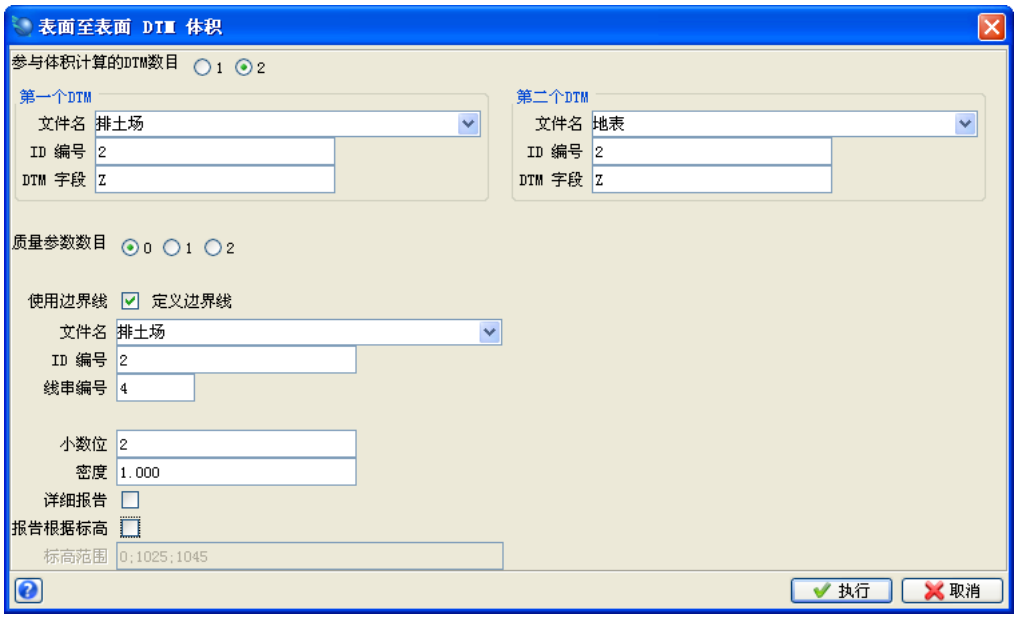
## 5.2 排土场容积计算

获得排土场 DTM 模型后，可以计算排土场容积。

### 任务：排土场容积计算

1. 利用 DTM 间净体积计算排土场容积。选择 **DTM 工具>>体积运算>>DTM 间净体积**。注意选择 DTM 文件，特别注意边界线利用排土场线文件，其中指定线串编号，也就是指定计算的边界，本例中选择的是线串编号为 4。小数位数一般取两位。如果密度为 1 则只计算方量，或者填写平均密度，可以计算出矿石吨位。如果要根据台阶报告，在选择**报告根**

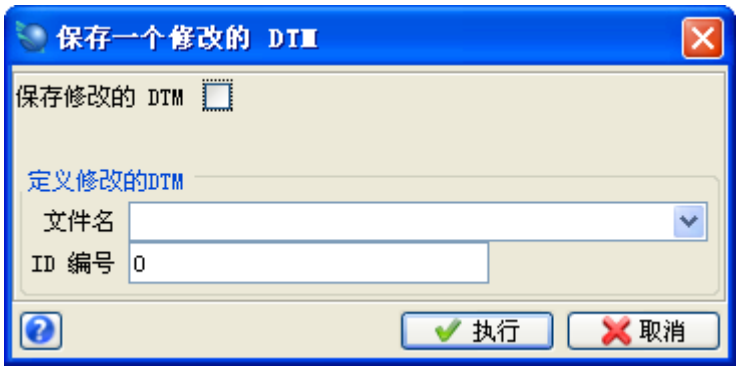
**据标高**。本例中填写为 900;1025;1045，两个台阶。如果不选择标高，则只计算从体积。第一次只计算从体积。



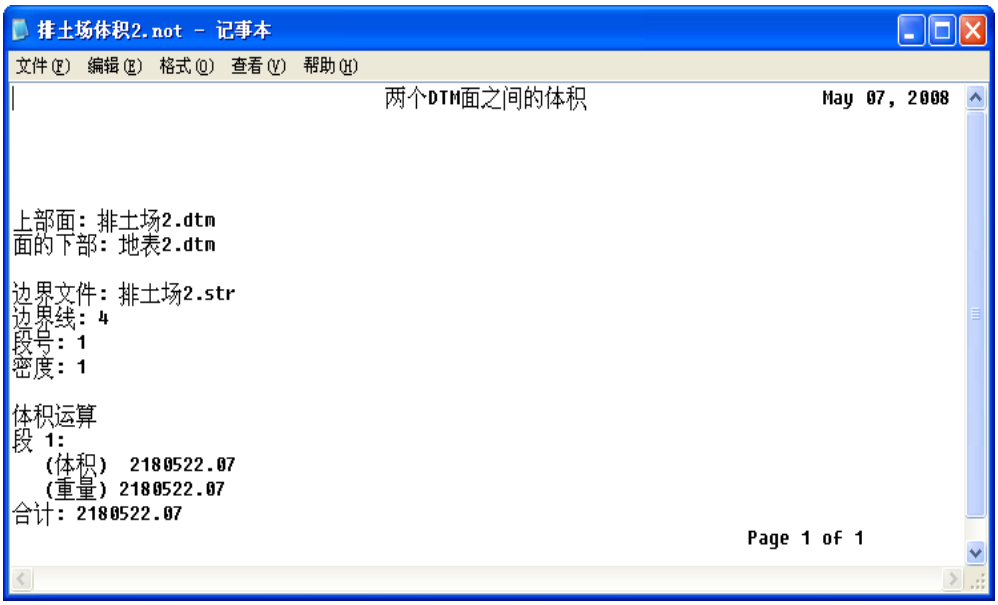

填写报告名称，选择报告文件格式，不保存新的边界线：



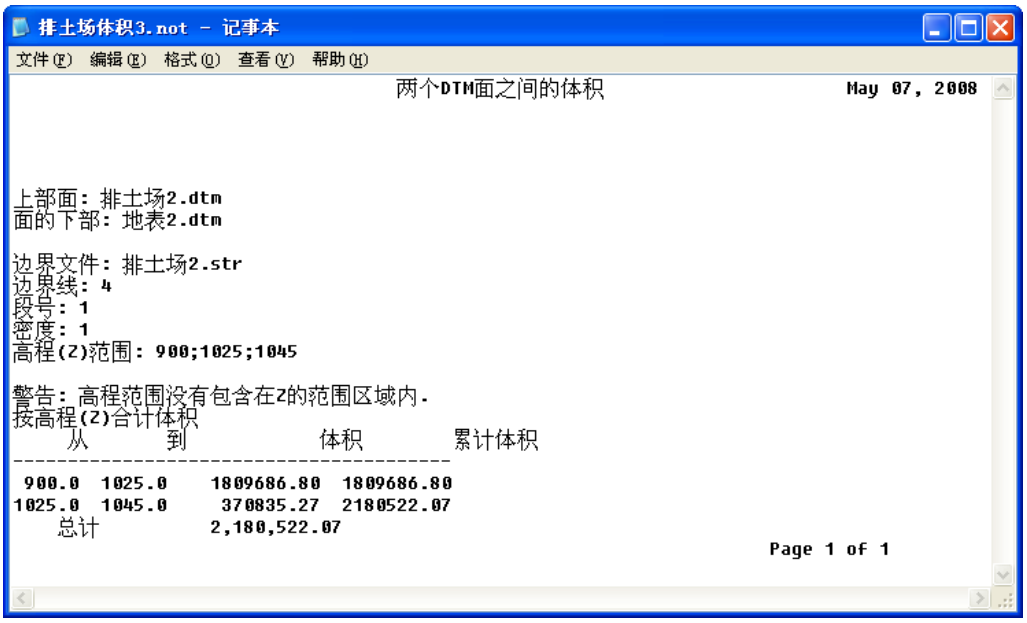

接着是两个完全一样的窗口，询问是否要保存为新的 DTM，这里选择不保存，也就没有必要做任何修改，直接选择执行即可。




最后弹出体积报告如下：




也就是体积为 2180522.07m$^3$。如果要报告每个台阶的方量，根据前文的叙述填写标高，其他操作完全一样，获得结果如下：




下方台阶的体积为 1809686.80m$^3$，上方台阶的体积为 370835.27m$^3$。总体积和原来计算结果一致，都为 2180522.07m$^3$。

上述操作可以通过运行**排土场设计/m2_排土场容积计算.tcl** 宏文件来实现。

根据以上计算结果，对比剥离量考察排土场设计容积是否合理。如果不合理，需要做调整，重复设计多套方案，比较获得最佳设计方案。

# 结　束　语

本套手册是在参考原版英文教程的基础上，在中文界面环境下编写而成。本版本完成于2008 年 6 月，共 9 本，分别为：

☆**《SURPAC 基础指南》**
☆**《SURPAC 地质数据库》**
☆**《SURPAC 实体模型》**
☆**《SURPAC 块体模型》**
☆**《SURPAC 境界优化》**
☆**《SURPAC 露天采矿设计》**
☆**《SURPAC 地下采矿设计》**
☆**《SURPAC 测量》**
☆**《SURPAC 打印绘图》**

本套手册中尚有很多内容没有涉及到，我们会在今后工作中补充完善。我们期望本套手册能为广大客户尽快使用和理解 SURPAC 软件起到应有的作用。

如果在使用中遇到任何问题，请及时与我们联系。

**GEMCOM 国际软件公司 SURPAC 中国办事处**
地址 ： 北京市石景山路 22 号长城大厦 701 室
邮编 ： 100043
电话 ： (010) 8868 2561/2562/2560
传真 ： (010) 8868 2560
邮箱 ： support@surpac.com.cn
网址 ： www.surpac.com.cn

GEMCOM