

可视化三维露天矿模拟开采技术

王李管
(中南工业大学资源开发工程系, 长沙 410083)

摘 要 可视化三维露天矿模拟开采系统(简称 MPLAN)是一套以电铲工作为核心,建立在三维块段法开采模型基础上的功能完善、能模拟实际开采工艺和开采技术条件下各种约束条件的高集成度三维视图模拟开采及进度计划编制软件系统。主要介绍了 MPLAN 系统的逻辑结构、工程定义、开采模型建模、模拟开采与报表生成的原理与方法。

关键词 模拟开采 采剥进度计划编制 辅助设计

采剥进度计划编制是露天矿日常生产中一项技术性极强的工作。就计划的编制过程而言,是一项对开采资源条件、开采工艺、采掘设备及开采目标多因素进行优化配制的过程,其中要考虑的因素极为繁多,这些因素的重要程度及复杂程度随矿山及生产时期的不同而千差万别。因此,要将全部约束条件和不确定的人为因素抽象为较为合理的数学模型是相当困难的。MPLAN 正是根据上述特点设计的,在具有丰富经验的采矿工程师所确定的开采方案条件下,以开采模型为基础,在微机上模拟实际开采过程,从而达到合理编制采剥进度计划的目的。

1 系统的逻辑结构

MPLAN 由工程定义、开采模型建模、三维视图、模拟开采及图表处理五个部分组成一个完整的逻辑整体(如图 1),其中模拟开采是一个过程,同时也是 MPALN 的核心部分,工程定义与开采模型为模拟开采提供数据支持,三维视图为模拟开采提供在线图形支持,图表处理为模拟开采结果提供图表服务,也是采剥进度计划编制的最终结果。

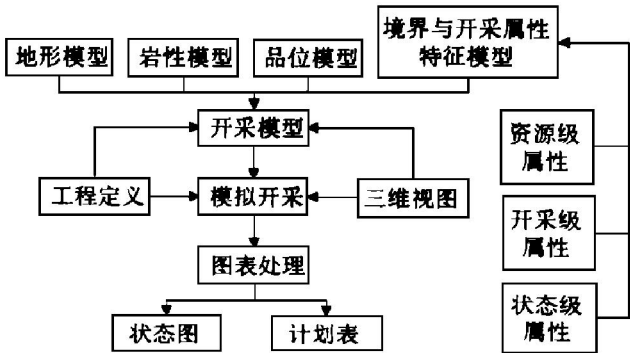


图 1 MPLAN 系统逻辑结构图

2 工程定义

工程定义是对开采对象的全部工程信息的描述与说明,它主要包括开采模型的工程名、地理位置、范围、块段三维尺寸,有用矿物元素个数、名称、边界品位、质量分级,矿岩名称及在开采模型中的代号、体重,电铲台数、位置及其在不同矿岩类型中的采、掘工作效率,台阶序号、顶底及中部标高以及台阶颜色设置等所有与模拟开采有关的参数。

针对大量的工程定义菜单选项及域编辑项,系统采用了菜单和域编辑器在线处理与全

浮动技术, 实现了菜单或域编辑器在需要时自动产生结构, 收回时自动删除结构的动态处理方式。同时, 模拟开采所需数据均由具有明确意义的域编辑项输入、修改与管理。

3 开采模型建模

开采模型由地形模型、岩性模型、品位模型及境界与开采属性特征模型组成, 除地形模型为二维网格数据外, 其余模型均为三维块段模型。地形模型、岩性模型和品位模型由 DMS 系统^[1]采用多种方法建立, 为了提高模拟开采精度, 系统提供了块段水平方向尺寸细化处理功能。块段的境界与开采属性特征模型由 CONE 和 MCAD 系统^[1]产生的带有特征属性的境界多边形经本系统自动生成。

系统将每一块段区别于其它块段的特征称为块段属性, 依据其表述特征意义的不同可将其分为资源级、开采级和状态级三类。资源级属性包括块段地理位置、矿物元素类型与品位、天然岩性或矿石类型等, 该属性是处理后的 DMS 结果。开采级属性包括块段的境界特征、开采时间、开采设备、矿石储量级别及表内外特征等, 该属性是处理后的 CONE 及 MCAD 结果, 其开采时间和开采设备随采填工作的推进不断得以更新。状态级属性包括块段的动态可采填状态及约束方式等, 该属性是模拟开采过程中根据开采条件自动产生的, 它具有全动态特征, 可根据约束条件的改变自动产生与解除。

4 模拟开采

模拟开采是 MPLAN 系统的核心, 在模拟开采以前, 必须进行工程定义, 并完成开采模型的建模工作。

4.1 数据的装入与存放

模拟开采所需要的数据量较大, 通常有数兆之多, 这些数据的调用与更新比较频繁, 为

了提高数据的存取与系统运行效率, 系统将与开采年有关的全部开采模型数据一次装入扩展内存, 并通过扩展内存管理器统一对这些数据进行管理。工程定义与视图参数则存放在常规内存中。

4.2 三维现状视图

模拟开采开始时, 系统自动将上一开采年年末或本开采年内某一时期以前的开采现状图以三维正交投影图的形式显示在屏幕上, 供在其上进行模拟开采。在三维视图上, 各开采台阶及开采境界外的地形的颜色均可根据需要自行定义, 各裸露块段的矿石质量级别通过标注在块段中心的色点加以区别。在模拟开采过程中, 随着采填作业的不断进行, 现状图动态得以更新, 同时, 开采模型中各块段的开采级及状态级属性也随之得以改变。

4.3 开采限制

为了真实模拟实际开采过程, 系统设计与采矿工艺和进度计划编制相适应的多种开采约束条件, 主要包括:

(1) 台阶开采顺序

在模拟开采过程中, 除了对上下台阶之间开采的超前关系进行限制外, 系统对各台阶开采的先后顺序几乎不作任何限制。在某一年内, 电铲可以分期多次在同一台阶上工作。

(2) 最小工作平台宽度限制

系统允许加载和解除最小工作平台宽度限制。当加载工作平台宽度限制时, 模拟开采之前, 系统将自动搜索出与当前开采台阶相邻的上一台阶的工作线边界, 并按用户所定义的最小工作平台宽度向内平推一距离, 形成当前开采台阶的可采填边界。在模拟开采状态下, 只有位于当前开采台阶境界内, 且未超出可采填边界的未采填块段才是可采填块段。

与加载约束所不同的是, 当解除工作平台宽度限制时, 系统将直接把与当前开采台阶相邻的上一台阶的工作线边界作为当前开采台阶的可采填边界。

(3) 采坡与护坡限制

采坡和护坡是为了保护临时运输线路而设

计的。当系统处于采坡状态时,位于当前开采台阶境界内未超出可采填边界的,且块段高程在本台阶坡顶线与坡底线高程之间的任一块段,均定义为未采填块段。

当系统处于护坡状态时,位于当前开采台阶境界内未超出可采填边界的,且块段高程等于本台阶坡顶线高程的块段,才定义为未采块段;同样,块段高程等于本台阶坡底线高程的块段,定义为未回填块段。

(4) 电铲移动限制

系统提供了移铲和开采两种电铲状态改变在线开关。

当电铲为移铲状态时,电铲可在整个开采模型范围内随意移动。当电铲为开采状态时,若系统处于限采状态,则电铲只能在可采填块段范围内移动。这样,只要电铲可以到达的块段均为当前可采填块段,而电铲无法到达的块段均为当前不能进行采填作业的块段。

4.4 采填作业

系统提供了多种采填作业方式,各种作业方式的实施是通过多组在线式功能开关的组合来实现的。下面分功能开关、采剥、掘沟和回填四个内容分别给予讨论。

(1) 功能开关

系统根据电铲状态、采填方式及多种开采约束条件设置了与之相对应的六组在线功能开关,各功能开关及功能如表 1 所示。

表 1 各功能开关及所对应功能表

功能键名	F1	F2	F3	F4	F5	F6
功能	开	移	单	采	采	采
	关	铲	块	掘	剥	坡
		开	多	回	掘	护
		采	块	填	沟	坡
						非
						限
						采

各功能开关的不同组合构成了模拟开采命令集,同时,也确定系统的工作状态。

(2) 采剥作业

系统提供了单块和多边形两种采剥方式。

在采剥状态下,可采块段的定义遵循各种开采约束功能键组合方式的定义结果。

系统以单块方式采剥时,电铲的移动步距为工程定义中所确定的块段水平方向的尺寸。每移动一次电铲,电铲所在位置的可开采块段

将会被采出,同时,与此块段相关联的所有开采信息将被修改。

系统支持两种方式定义的开采多边形,一种是由 MCAD 通过数字化方式所定义的精确多边形,另一种是采用鼠标或键盘在屏幕上直接定义的开采多边形。在开采多边形定义的过程中,系统提供了多边形采填信息在线求助功能,以确保所定义的开采多边形的开采信息与计划所要求的量较好地保持一致。当某一开采多边形被确认后,系统将自动采出多边形内所有可采块段,同时,与各采出块段相关联的所有开采信息将被修改。

(3) 掘沟作业

系统处于掘沟状态时,除工作平台宽度约束方式功能开关有效外,其它功能开关均无效。

掘沟作业中当半沟宽(m)和坡度(°)两个参数被确认后,系统采用鼠标或键盘确定开沟中线起点位置及终点位置。在掘沟过程中,沟的起始高程为开沟中线的起点块段的绝对高程,沟的最低点高程由沟的起始高程、沟长及坡度确定,其值不小于开采台阶的坡底线高程值。实际坡长由沟的起始高程、最低点高程、坡度及实际沟长共同确定。

(4) 回填作业

回填功能是为模拟开采过程中,修改开采计划而设计的。其作业过程可视为采掘作业过程的逆过程。同样,系统提供了单块和多边形两种回填方式。与采剥作业不同的是,在回填作业中不仅要考虑当前的开采条件及开采现状图,而且要考虑原始地形,即只有当前开采台阶已被开采过的块段才是可回填块段。

当对某一已开采的块段或某一回填多边形内的已开采块段进行回填作业时,与各回填块段相关的所有开采信息将自动得以恢复。

4.5 在线信息提示

在模拟开采过程中,系统提供了多窗口多信息在线服务,所有信息窗口均可采用功能开关在线打开或关闭,同时,所有信息窗口的屏幕位置,均可动态移动,从而加大了信息显示

密度。动态信息显示内容包括: (1) 电铲位置信息, 即电铲所在模型位置的行、列及台阶号、块段实际高程及大地坐标值。(2) 块段属性信息, 即当前开采台阶、电铲采掘工作状态及所在块段境界属性、岩性码及主要有用元素品位。(3) 当前开采信息, 即当前开采年份、工作电铲号、采出矿石平均品位、采剥总量、矿石量、金属量、电铲当年工作时间及生产剥采比。

4.6 结果统计与计算

模拟开采中, 采出或回填的每个块段的矿岩量或有用矿物元素品位的统计, 是通过随时调用与块段相关的各种数据来实现的。当确定了开采方式与采填类型, 并将模拟电铲移动到指定位置进行采填作业时, 系统将自动提取与各单元块相关的所有信息, 并分门别类地进行统计、计算工作。

在单块采填时, 各可采填单元块的实际体积, 是根据单元块的水平面积和该单元块形心的实际高度来计算的。在多边形采填时, 采填的矿岩量用多边形的精确面积与包含在多边形内的所有块段开采实际高度的加权平均值的乘积来计算。在多边形内所有不能进行采填作业的块段的有效高度计为零。

5 报表

模拟开采的结果, 均以表格的形式进行输出。为了满足不同矿山及矿种对采剥进度计划报表形式和内容不同要求, 系统设计了自动

报表功能, 用户可根据需要对报表形式和内容进行选择。可选择的报表形式包括: 年度每台电铲在不同开采台阶的采剥工作计划表、各开采台阶年度采剥工作计划表及整个矿山年度采剥工作计划总表三个方面。可选择的报表内容包括: 分别按采剥和掘沟两种作业进行统计的年度采掘总量、不同储量级别的矿石量、岩石量、各有用元素的平均品位及金属量、剥采比及各电铲在不同生产台阶进行各种作业的起始时间和工作时间长度等。

6 实例

作者采用 MPLAN 系统建立了两个新建矿山的开采模型, 并以此为基础进行了模拟开采及采剥计划编制。某铜矿小露天开采模型参数见表 2。

表 2 某铜矿小露天开采模型主要工程参数表

模型范围			块段尺寸/m		
行数	列数	台阶数	行	列	台阶
100	140	20	5	5	12
有用矿物元素	岩性种类		开采最低 高程/m	电铲数	
Cu	S	4	- 52.0	4	

上表所列某铜矿小露天开采模型中, 地形模型、品位模型及岩性模型均采用 DMS 系统的建模结果, 开采境界采用 MCAD 数字化境界多边形。图 2、图 3 及图 4 分别以等值线图 and 三维透视图的形式表示模拟开采中所表现的不同开采时期的开采状态图。

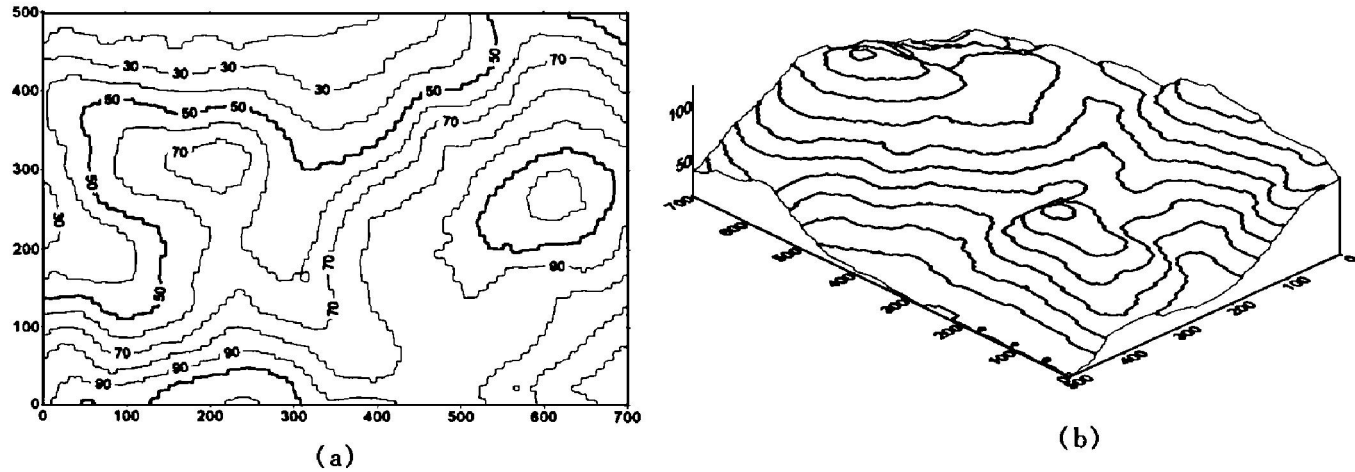
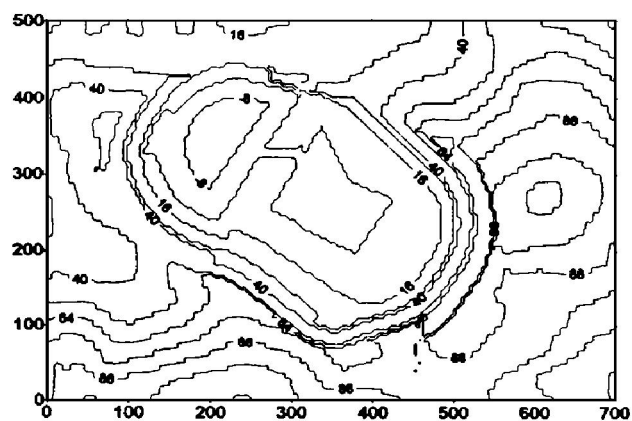
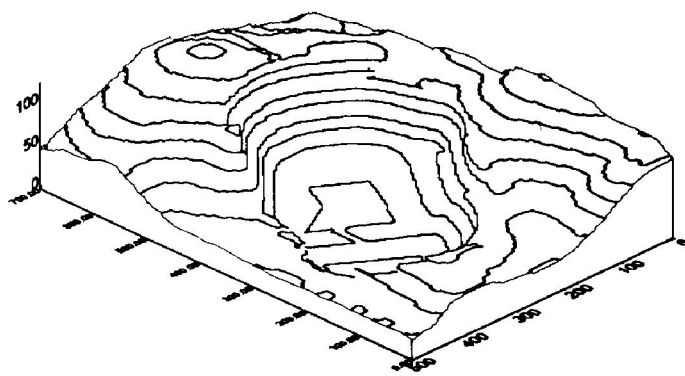


图 2 原始地形(a)等值线图(b)透视图(单位: m)

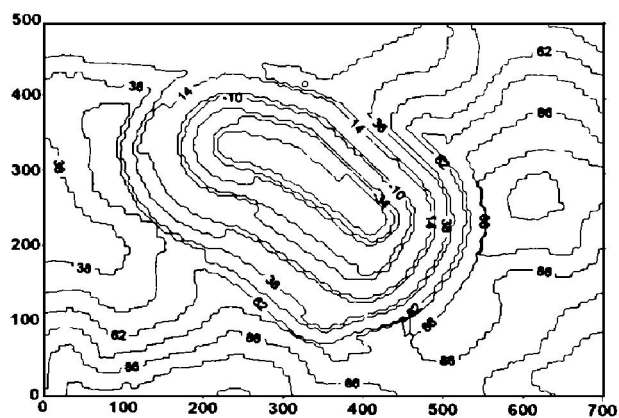


(a)

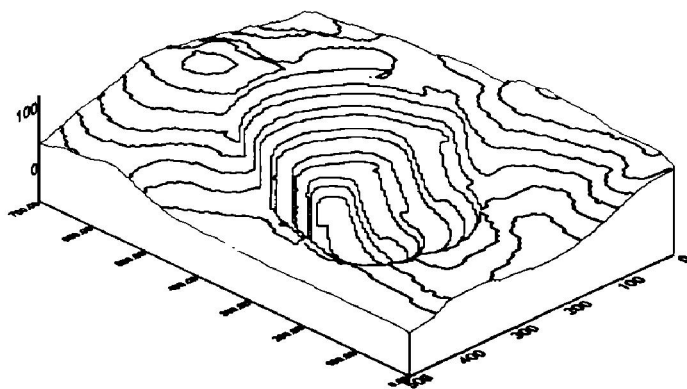


(b)

图3 某年末开采状态(a)等值线图(b)透视图(单位: m)



(a)



(b)

图4 最终境界(a)等值线图(b)透视图(单位: m)

参考文献

- 1 王李管, 邓顺华, 陈建宏. 中南矿冶学院学报, 1994, (5): 575-580.

A 3D VISUAL TECHNIQUE OF MINING SIMULATION IN OPEN PIT MINE

Wang Liguan

*College of Resource, Environment and Civil Engineering,
Central South University of Technology, Changsha 410083*

ABSTRACT The 3d visual mining simulation in open pit mine system(MPLAN) is a multi-functions and highly integrated 3d graphs software system. It based on the 3d block mining models and can be used to simulate open pit mining and work out the production plans according to the actual conditions of open pit mining technology and technique. The principles and methods of the system was presented, which includes logical structure, defining of projection, mining models, simulating of open pit mining and report forms. Then, a sample of the application of the software system in a copper mine was discussed.

Key words mining simulation in open pit mine work out a production plan computer aided design

(编辑 何学锋)