基于MapGIS的 DTM 模型应用
——以矿产储量计算为例

陈文杰

（天津市地质调查研究院，天津 300191）

摘 要：本文应用MapGIS平台DTM模型，采用分别计算上表面或下表面与基准Z平面之间体积的方法，求取体积之差，进行矿山储量评估；与平行断面法储量计算结果对比，DTM模型计算精度更高。

关键词：土方量计算，DTM，MapGIS

中图分类号：P624.7 文献标识码：A 文章编号：1007-1903(2008)04-0037-04

体积计算在工程量计算、洪水淹没分析、矿山储量计算等应用中十分重要，文献[1]提出在MapGIS平台的DTM子系统，利用两个空间曲面GRD之差的方法，计算两个曲面之间的体积，取得满意的效果。本文采用分别计算两个曲面和一个基准平面之间的体积、求取体积之差的方法，同样可以解决两个曲面之间体积的计算问题。并提出具有边界坡角矿界曲面的设计方法。

天津市在矿山检测工作中主要以估算矿山的保有储量为主，开采深度以采矿许可证上规定的深度为准，矿区边界边坡角均按60°进行控制。根据矿山调查和地质研究的结果，把天津蓟县山区白云岩矿区开采范围内的岩石全部视为矿体，矿床的边界外推至采矿许可证限定的边界为止。其范围之外视为越界开采。

矿产储量估算应该提交总开采量、界内开采量、越界开采量和保有量。

目前仍使用平行断面法进行储量核查，本文对两种算法进行对比，并简要说明造成误差的原因。

1 矿产储量估算方法

此次储量估算采用MapGIS软件的数字高程模型子系统，利用插值方法确定矿体开采前和开采后以及开采规划的形态，分别计算曲面与基准平面之间的体积，计算不规则多边形区域内的体积之差即为所求的储量。矿体开采前的曲面与开采后的曲面之间的体积为累计开采量；矿体开采前的曲面与开采规划的曲面之间的体积为设计开采量。

储量计算的网格精度设置为1×1（DX=1,DY=1）表明差分的网格面积为1 m^2。经过计算选择网格0.1×0.1分辨率与1×1分辨率相比误差小于1‰。

随机选取一个地形高程文件，分别形成分辨率为10×10、8×8、6×6、4×4、2×2、1×1、0.1×0.1m的GRD文件，并计算体积。其计算结果见表1。

表1 GRD文件的分辨率对体积计算的影响分析表

序号	分辨率	体积	体积差（Vi-V7）	误差(‰)
1	10×10	5082056.287	527.615	0.103829976
2	8×8	5081746.909	218.2366	0.042947037
3	6×6	5081660.296	131.6233	0.025902304
4	4×4	5081569.865	41.1931	0.008106439
5	2×2	5081548.072	19.3994	0.003817631
6	1×1	5081529.516	0.8438	0.000166052
7	0.1×0.1	5081528.672	0	0

2 矿产储量计算步骤(以金鑫矿区为例)

2.1 划分计算区域

根据开采和规划范围把金鑫矿区储量计算分为四个区域，详见图1、表2。

作者简介：陈文杰（1949-），男，副总工程师、高级工程师，从事地理信息系统研究以及GIS在水工环应用。E-mail:Tjddy@sina.com

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

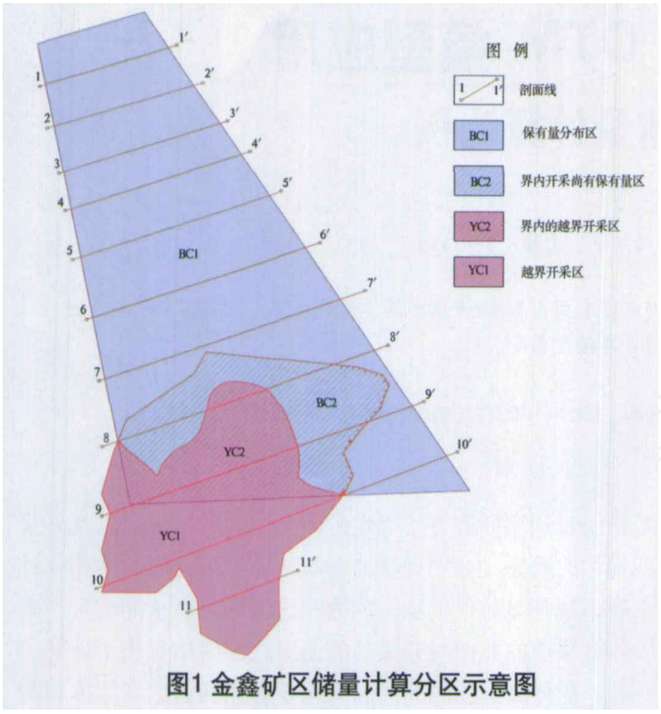

图1 金鑫矿区储量计算分区示意图

表2 储量计算分区表

序号	名称	代号
1	保有资源范围1区	BC1
2	保有资源范围2区	BC2
3	开采越界范围1区	YC1
4	开采越界范围2区	YC2

2.2 形成三个地形表面网格文件

（1）将地形图（比例尺1：1000）等高线挂接高程属性。利用MapGIS软件中DEM模块中“点/线栅格化”功能，将其转换成GRD文件。

（2）将实测点文件挂接高程属性。利用Mapgis软件中的数字高程模型，将其转换成GRD文件，并形成等高线，再按照现状开采范围进行裁剪；将原始地形等高线按照现状开采范围掏空，填补现状等高线，并将其转换成GRD文件（图2）。

（3）在规划区域内，绘制开采后底界之平面投影线。本矿区控深标高为120m，边坡角度为60°。首先掏空原始等高线；然后在掏空部分通过矿区边界与等高线的交点作法线；根据三角函数关系确定法线段的长度，即该交点的高程与设计探深的高程之差为一直角边，这个直角边在平面的投影为另一直角边，直角边的数值之比为$\sqrt{3}$：1；连接法线段的这些端点即可形成探深线，填写其属性值为120，并将该等高线文件转换成GRD文件（图3）。

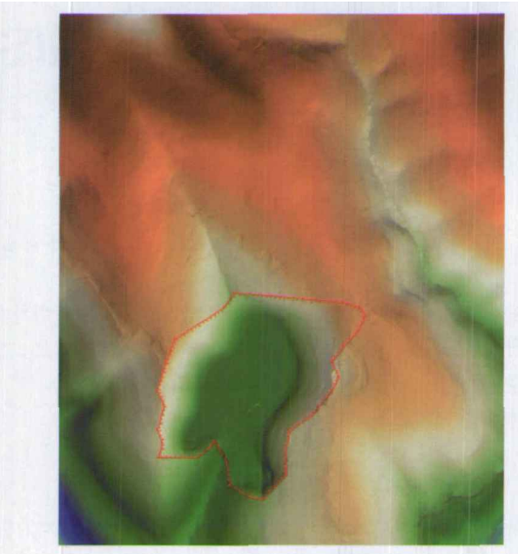

图2 矿区现状地形图

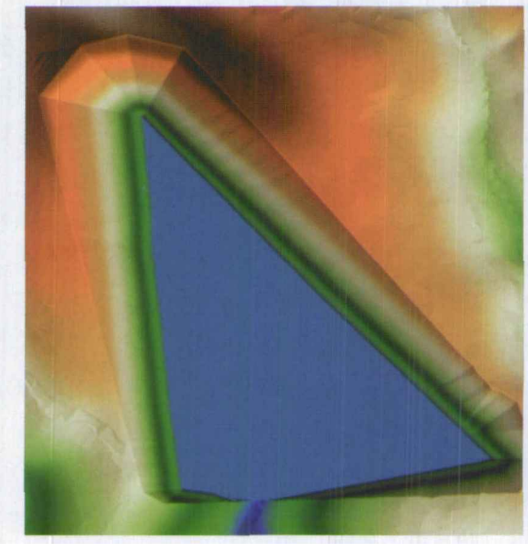

图3 矿区设计地形图

2.3 矿产体积计算（计算剖面见图4）

（1）总开采量计算

选择原始地形和现状地形GRD文件，分别计算现状开采范围，包括YC1、YC2、BC2两个表面与基准平面之间的体积，计算结果为407361m^3。

（2）选择原始地形和现状地形GRD文件，分别计算设计开采范围，包括BC1、BC2、YC2两个表面与基准平面之间的体积，计算结果为2008969m^3。

（3）保有量计算

1）BC1区保有量计算：选择原始地形和规划地形GRD文件，分别计算BC1区两个表面与基准平面之间的体积。计算结果为1581321m^3。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

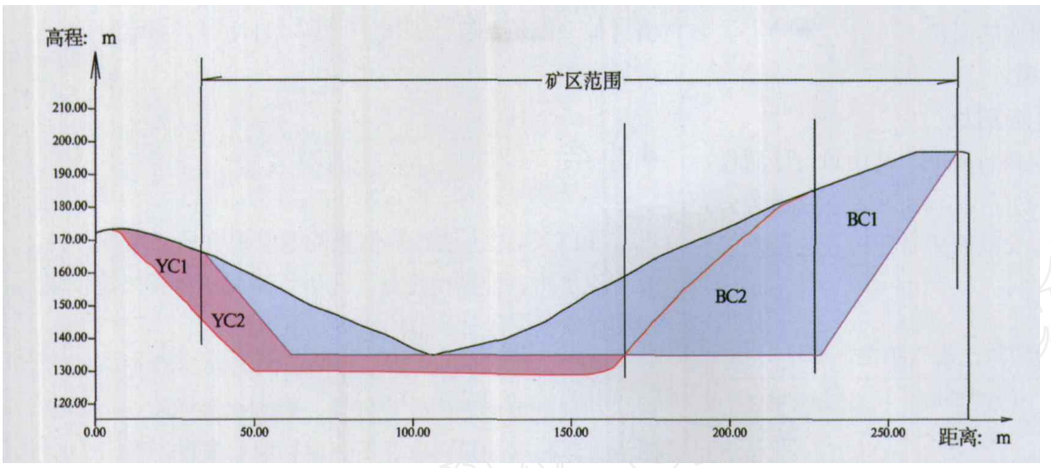

图4 储量计算9-9剖面图

2）BC2区保有量计算：BC2区分布范围较难确定，采用计算现状地形和规划地形GRD之差的办法解决。要注意采用的两个GRD文件之分辨率必须完全一致，即网格行列数以及网格的大小完全一致。利用GRD之差绘制等值线，提取等值线等于0的线称为0线，0线为保有量和越界量的分界线在平面的投影。将0线与现状开采范围以及矿区范围两条线合并拓扑造区（见图1）。经计算BC2区保有量为220207m^3。

3）保有量合计：BC1区和BC2区保有量合计为1801528m^3。

（4）越界量计算

1）YC1区越界量计算：YC1区位于矿界之外，其现状开采量等于越界量。选择原始地形和现状地形GRD文件，分别计算两个表面与基准平面之间的体积，其体积之差即为现状开采量。经计算YC1区为144083m^3。

2）YC2区越界量计算：通过剖面图(图4)可以看出YC2区向下方和侧方越界情况，YC2 区分布范围的确定方法如同上述BC2区。选择现状地形和规划地形GRD文件，分别计算两个表面与基准平面之间的体积，其体积之差即为越界开采量。经计算YC2区为55837m^3。

3）越界量合计：YC1区和YC2区越界量合计为199920m^3。

（5）界内开采量计算

1）在BC2区无越界量，界内开采量等于实际开采量。选择原始地形和现状地形GRD文件，分别计算两个表面与基准平面之间的体积，体积之差即为现状开采量。BC2区界内开采量为102448m^3。

2）在YC2区无保有量，界内开采量等于界内储量。选择原始地形和规划地形GRD文件，分别计算两个表面与基准平面之间的体积，求体积差。YC2区界内开采量为104991m^3。

3）界内开采量合计：包括以上两项合计为207439m^3。

2.4 计算结果汇总

见计算结果汇总表3。

表3 计算结果汇总表（单位：m^3）

名称	合计	分区名称	体积
界内采量	207439	BC2	102448
		YC2	104991
保有量	1801528	BC1	1581321
		BC2	220207
越界量	199920	YC1	144083
		YC2	55837
总采量	407359		
设计	2008969		2008969

注：总开采量为界内采量+越界量

3 DTM法与平行断面法对比

3.1 平行断面法

以下为平行断面法的计算公式。

（1）相邻两个断面之间的块段作为一个块段计算时，块段的体积公式：

$$V=\frac{S_1+S_2}{2}L$$ （两断面面积差<40%）；

$$V=\frac{S_1+S_2+\sqrt{S_1\cdot S_2}}{3}L$$ （两断面面积差≥40%）；

（2）外推线状尖灭的矿体，用楔形公式计算体积，块段体积公式：$V=\frac{S}{2}L$

（3）外推点状尖灭的矿体，用锥体公式计算体积，块段体积公式：$V=\frac{S}{3}L$

V——块段体积，

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

S_1 、S_2——两剖面相对应的面积，

L——两剖面之间的距离。

3.2 DTM法与平行断面法对比

对两种方法的计算结果进行对比，其中总设计储量两种方法计算分别为200.89万m^3和198.79万m^3，误差为1.06%，相对较小，但是与实际开采量比较，其误差较大（表4）。

表4 DTM法与平行断面法对比表（单位：m3）

名称	GRD法	平行断面法	误差%
设计	2008969	1987900	1.06
实际开采	407352	371800	9.56
界内开采	207439	184900	12.19
越界开采	199920	186900	6.97

由于平行断面法以棱台、椎体等体积计算公式模拟复杂的多边形围成的体积，实际地形形状与棱台、椎体等越接近则误差越小，否则，误差就越大。而GIS平台的DTM用插值的办法构造空间曲面，然后用梯形法、辛普森法或者辛普森3/8法计算体积。可以最大程度的逼近地形表面，网格的分辨率越高，则计算精度越高，DTM方法远胜于平行断面法。

平行断面法除了计算公式不合理外，如果想接近实际，就需要设置更密集的剖面，编制更多的剖面图，成倍增加工作量，包括编图、计算、打印等，影响时效、增加成本。

4 小结

（1）GRD方法计算储量的数学模型严谨合理，计算方便实用，计算精度高，比平行断面法计算快捷、减少图件绘制工作量，节约成本，值得推广。

（2）注意通过快速制作剖面的方法，检查原始、现状和规划地形表面的合理性。规划探深线时，可多设断点，以防线抽稀、取样不合理和地形失真。当GRD制作合理，计算精度完全可以满足储量核查的需要。

（3）金鑫矿区开采设计欠合理，因地形由南向北逐渐增高，矿界范围逐渐变窄，造成探深线形状像一个三角形，在保证地形60°坡角的前提下，矿界北端施工困难。建议新一轮矿产开发规划时，对矿界进行调整。

参考文献

[1]胡华科.MapGIS中任意基准面土方量的计算方法（J）.武汉：GIS时代，2007(5)：68～69.

[2]王 健，白世彪，陈 晔. Surfer 8 地理信息制图(M) .北京：中国地图出版社，2004，8：171～176.

Applications of the MapGIS-based Digital Topographic Model ——A Case Study of the Mineral Reserves Calculation

CHEN Wenjie

(Tianjin Institute of Geological Survey, Tianjin 300191)

Abstract: Using the DEM model on the MapGIS platform, the paper introduces the assessment of reserves in mines by respectively calculating the volumes between the upper or lower surface and the Z datum plane to obtain the difference of the volumes. Compared with the results of the parallel section calculation method, the DTM model shows a higher accuracy.

Key word: Digital Topographic Model; parallel section method;MapGIS

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net