

利用 CAD 辅助计算土石方量

龙耀坤 李杰维 李晓焰 龙培辉

(广东省地质勘查局 757 地质队, 江门 529040)

摘 要 通过实例, 介绍一种利用数字化地形图结合 CAD 软件进行山体土石方量、矿山储量计算的新方法。这种方法与传统的利用求积仪计算储量相比较, 可极大提高计算的准确度。

关键词 土石方 储量 数字化 地形图 CAD

计算山体土石方量、采石场储量在地质灾害治理、工程施工、矿山评价中是经常遇到的问题。由于山体地形千差万变, 极不规则, 用圆锥体、圆柱体等规则物体的体积公式进行计算误差较大, 而且缺少专业的测量软件及数字化地形图, 使工程技术人员计算的土石方量、采石场储量准确性都难以保证, 与工程施工实际土石方量往往相差达 30% 以上, 给工程施工及造价造成极大的不确定性。本文根据作者在实际工作中的具体实践, 提供一种利用 CAD 软件结合地形图准确计算土石方量、露采矿山储量的方法, 供读者参考。

1 基本原理

结合地形图 (最好为数字化地形图), 把山体按地形等高线细分为若干小层, 则每两条相邻等高线的封闭面积分别就是某一小层顶面、底面的面积, 等高距为每层厚度, 按棱台分别计算每小层体积, 然后把每小层的体积求和后得到整个山体体积。计算公式为:

$$V = \sum \frac{1}{3} H (S_i + S_{i+1} + \sqrt{S_i S_{i+1}}) \quad (1)$$

式中: V 为山体体积, mm^3 ;

S_i —第 i 层等高线圈闭面积, mm^2 ;

S_{i+1} —第 $i+1$ 层等高线圈闭面积, mm^2 ;

H —每小层厚度, 即等高距, mm 。

根据式 (1), 利用 CAD 软件准确计算等高线的封闭面积 S_{i-n} , 就可计算山体的体积。根据积分的原理, 分层越细 (H 越小) 计算得到的储量就越接近实际储量, 即地形图越精确、等高距越小, 计算结果越准确。

由于在 CAD 中计算单位均为毫米, 因此根据式 (1) 计算得到的结果为立方毫米 (mm^3)。而实际施工中的土石方单位是立方米, 需要按地形图的比例尺和土石重度进行单位

换算。由立方毫米 (mm^3) 换算为立方米 (m^3) 的公式为:

$$V_m = V \times (1 \div B \div 1\,000)^3 \quad (2)$$

式中: V_m —以立方米为单位的土石方量;

V —以立方毫米为单位的土石方量;

B —地形图比例尺, 如 1:10 000, 则 $B = 1/10\,000$ 。

2 实例

下面以计算图 1 地形图所示山体土石方量为例对本方法进行说明。

按图 1 的山体地形图, 根据地形等高线分层计算的方法, 可把图 1 分为 5 层进行计算, 这 5 层分别是标高 15~20 m、20~25 m、25~30 m、30~35 m 和 35~36.5 m。计算步骤如下。

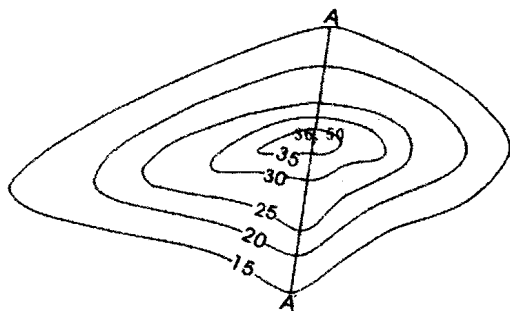


图 1 地形图

2.1 数字化地形图

在 PHOTOSHOP 中利用扫描仪把计算范围内的地形图按 1:1 比例扫描到电脑中, 用 PHOTOSHOP 的旋转工具校正图形, 再用裁剪工具把多余的部分裁剪。然后用鼠标单击菜单中的“图像→图像大小”, 系统显示“图像”对话框, 记录对话框中显示的图像宽度和高度, 以 JPG 格式或其他 CAD 能识别的图形格式存盘, 本例把地形图保存为“pmdxt.jpg”。

打开 CAD 软件, 利用默认设置创建新的图形。用鼠标点击菜单中“插入→光栅图像”命令, 系统显示“选择图像文件”对话框, 在对话框中选取图形文件“pmdxt.jpg”, 点击“确定”按钮, 此时系统显示“图像”对话框 (图 2), 把“缩放比例中”的“在屏幕上指定”选项按钮清空, 并在按钮下面的输入框中输入光栅图像的宽度, 单位为毫米, 点击“确定”按钮把图像以原图大小导入到 CAD 中。用鼠标选中导入的图形, 点击右键, 在弹出的菜单中点击“特性 (S)”, 在显示的特性对话框中查看光栅的高度和宽度, 确保导入到 CAD 的光栅与实际图形大小一致。

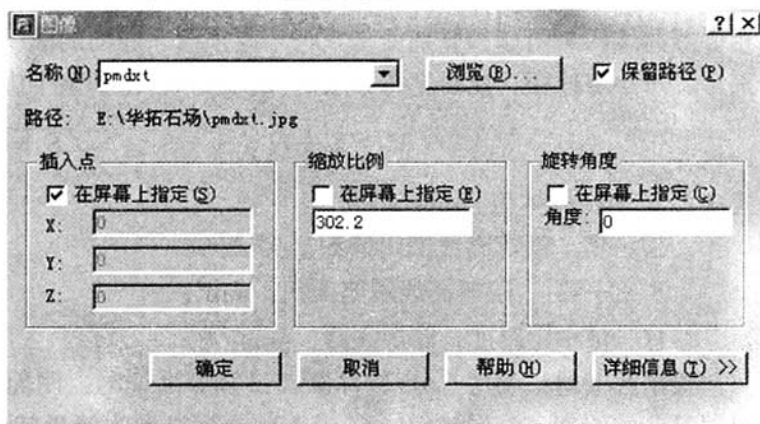


图 2 选择图像文件对话框

用鼠标点击 CAD 工具栏中的绘制多段线图标或在命令行中输入“pline”命令, 沿光栅

图中的等高线绘制封闭的多段线,绘制的多段线要与等高线重合,当多段线绘制到接近起点时在命令行中输入“C”命令结束多段线输入并封闭多段线。用同样的方法数字化每一条在计算范围内的等高线,完成地形图的数字化。

2.2 计算等高线圈闭的面积

本方法主要利用CAD软件中求多段线面积的“AA”命令来计算等高线圈闭的面积。下面以图1中15 m标高等高线为例说明求等高线面积的方法。

在CAD命令行中输入“AA”命令,然后据命令行的提示输入字母“O”,用鼠标点击标高为15 m的数字化等高线,CAD在命令提示行显示该等高线的面积及周长等数据,记录下面积 S_1 (图3)。另一种求面积的方法是用鼠标点击15 m高程等高线,再单击鼠标右键,在弹出的对象特性框中显示该等高线的圈闭面积 $S_1 = 29\ 012.7328$ 及等高线的标高(图4)。用上述方法分别求取标高20 m、25 m、30 m、35 m等高线的面积,结果见表1。

2.3 计算体积

将以上求出的各小层的面积代入体积计算公式,分别计算5个小层的体积,如15~20 m等高线间的体积:

$$V_1 = \frac{1}{3} \times 5 \times (29\ 012.73 + 16\ 053.25 + \sqrt{29\ 012.73 + 16\ 053.25}) = 111\ 078.649\ \text{mm}^3$$

用同样的方法计算其他层的体积(V_1, V_2, V_3, V_4, V_5),然后把各层的体积相加,即可得到整个山体的体积为203 250.352 mm^3 ,计算结果见表1。

2.4 单位换算

由于CAD绘图时以毫米为单位,因此上述的计算结果单位是立方毫米,需要根据地形图的比例尺换算成施工中实际应用单位。本例地形图比例尺为1:10 000,根据式(2)换算为立方米的计算如下:

$$V_m = 203\ 250.352 \times (1 \div 1/10\ 000 \div 1\ 000)^3 = 203\ 250\ 352\ \text{m}^3$$

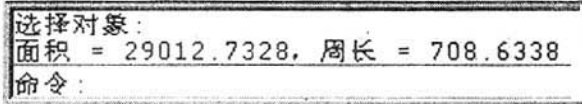


图3 CAD在命令提示行显示的计算结果

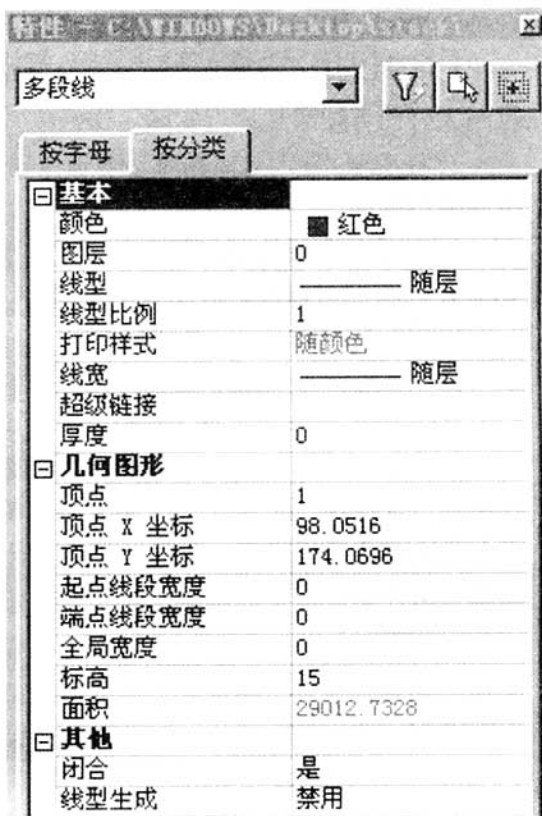


图4 15 m高程等高线和圈闭面积及标高

表 1 计 算 结 果 表

标 高 (m)	15~20	20~25	25~30	30~35	35~36. 5
面 积 (mm ²)	S ₁ = 29 012.73	S ₂ = 16 053.25	S ₃ = 7 807.73	S ₄ = 2 746.58	S ₅ = 545.43
体 积 (mm ³)	V ₁ = 111 078.649	V ₂ = 58 427.483	V ₃ = 25 308.561	V ₄ = 7 526.609	V ₅ = 909.050
合 计 (mm ³)	203 250.352				
(m ³)	203 250 352				

3 注 意 事 项

- 1. 应用本方法进行计算，计算结果的准确度取决于地形图的精度及比例尺，一般比例尺越大，计算结果越接近实际。
- 2. 在 CAD 导入光栅图时，要确保导入到 CAD 中的光栅与原图是 1:1 大小，否则计算结果将不准确。
- 3. 在沿等高线绘制封闭多段线时，多段线要尽量与等高线重合。
- 4. 本方法可以灵活应用到矿体储量计算中，特别是采石场评价等方面。

4 结 语

电脑、扫描仪等设备日益普及，电脑正不断改变传统的地质工作方法。在以往的地质工作中利用求积仪、曲线仪、透明方格纸等方法手工计算面积求储量的方法人为操作误差很大。本文向读者提供了一种简单易用、计算准确的新方法供读者参考，应用这种方法可避免传统方法计算过程中的误差，极大地提高储量计算的准确度。