

## DEM 在土地勘测定界中的应用\*

张述清<sup>1</sup>, 李佳明<sup>2</sup>, 周江<sup>2</sup>, 黄波<sup>2</sup>

(1. 云南省国土资源规划设计研究院, 云南 昆明 650216; 2. 云南省地矿测绘院, 云南 昆明 650218)

**摘要:** 分析土地勘测定界工作中起伏地区地表面积与平面面积的差异, 探讨地表面积计算的方法。从理论上分析空间平面投影到平面上的面积变形情况, 指出利用 DEM 来实现地表面积计算是可行的, 并给出了在 ArcGIS9.3 制图软件中计算地表面积的具体方法。

**关键词:** 土地测绘; 土地勘测定界; DEM; 地表面积; TIN

**中图分类号:** P 218 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-9394(2010)01-0024-03

## Application of DEM on Boundary Measurement of Land Reconnaissance

ZHANG Shu-qing<sup>1</sup>, LI Jia-ming<sup>2</sup>, ZHOU Jiang<sup>2</sup>, HUANG Bo<sup>2</sup>

(1. Yunnan Land Resources Planning and Design Research Institute, Kunming Yunnan 650216, China; 2. Yunnan Institute of Surveying and Mapping of Geology and Mineral Resources, Kunming Yunnan 650218, China)

**Abstract:** This paper analyzes the difference between the earth's surface area and plane area of land reconnaissance in the rough area, discusses the calculation method of the earth's surface area. Theoretically, the paper analyzes the area deformation when projecting to the plane, it is feasible that using DEM to calculate the earth's surface area, and gives the specific calculation method by means of software ArcGIS9.3.

**Key words:** surveying and mapping of land; boundary measurement of land reconnaissance; DEM; the earth's surface area; TIN

## 0 引言

在土地征收、征用、划拨、出让、农用地转用、土地利用规划及土地开发、整理、复垦等工作中所面临的一项重要技术工作就是土地勘测定界, 而各类占地面积的计算又是关键。《土地勘测定界规程》<sup>[1]</sup> 规定的面积为地表在平面上的投影面积, 然而在实际工作中, 根据规程得到的面积常常得不到土地所有权人的认可, 特别在农用地转用时, 农民经常认为面积减少了要求重新测量, 实际上测量精度是足够的, 只是因为农民所指的面积是地表面积, 与按规程要求测量的地表投影面积不一致, 这个差异在坡度越大的地方越明显。为了消除或减少此差异, 应计算地表面积。地表起伏不规则, 不可能用一个数学曲面模型来表达, 从而也就不能精确地计算其面积, 但可以采取一些方法最大限度地模拟地表曲面, 从而提高计算精度。随着信息技术的发展, 测量方法也发生了革命性的变化, 地形测图也从传统的模拟测图发展到数字化测图, 这些测量方法的改变为高精度计算局部地表面积提供了可能。

数字化测图所采集的地形、地物等特征点都具有三维空间坐标, 相邻点相连可构成连续的带坡度的空间三角形(这也正

是数字化测图中 DEM 的一种表示方法), 这些连续的空间三角形面积之和可以作为相应的表面积。

## 1 空间平面的投影变形

设空间平面的面积为  $S$ , 其在投影面上的面积为  $S'$ , 空间平面与投影面的夹角(即坡度)为  $\alpha$ , 则面积投影比为:

$$\frac{S}{S'} = \frac{1}{\cos \alpha} = \sec \alpha \quad (1)$$

面积投影变形比率为:

$$\frac{S - S'}{S} = 1 - \cos \alpha \quad (2)$$

从表 1 可以看出: 当坡度达到  $25^\circ$  时, 投影变形近 10%; 当坡度达到  $45^\circ$  时, 投影变形近 30%, 且坡度越大变化越快。

## 2 空间三角形面积计算

如图 1 所示,  $A, B, C$  为空间 3 点, 坐标为  $(X_A, Y_A, H_A)$ 、 $(X_B, Y_B, H_B)$ 、 $(X_C, Y_C, H_C)$ , 面积的计算方法有海伦公式法、向量法、仿射变换法等, 在测量工作中主要应用海伦公式, 即:

$$S = \sqrt{P(P - S_{AB})(P - S_{AC})(P - S_{BC})} \quad (3)$$

式中:  $S_{AB}$ 、 $S_{AC}$ 、 $S_{BC}$  为三角形  $ABC$  的 3 边;

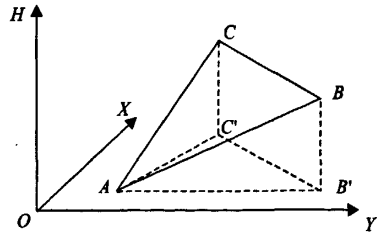
$$S_{AB} = \sqrt{(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2 + (H_A - H_B)^2};$$
$$P = \frac{S_{AB} + S_{AC} + S_{BC}}{2}.$$


图 1 空间三角形投影  
Fig. 1 Spatial triangle projection

表 1 空间平面投影变形  
Tab. 1 The deformation of spatial plane projection

坡度 $\alpha$ /(°)	投影比	投影变 形/%	坡度 $\alpha$ /(°)	投影比	投影变 形/%
0	1	0.00	70	2.923 804 400	65.80
2	1.000 609 544	0.06	80	5.758 770 483	82.64
6	1.005 508 280	0.55	85	11.473 713 250	91.28
15	1.035 276 180	3.41	88	28.653 708 350	96.51
25	1.103 377 919	9.37	89	57.298 688 500	98.25
35	1.220 774 589	18.08	89.5	114.593 013 500	99.13
45	1.414 213 562	29.29	89.9	572.958 086 000	99.83
60	2	50.00	90		100.00

3 土地勘测定界的面积计算

土地勘测定界(简称勘测定界、勘界),是根据土地征收、征用、划拨、出让、农用地转用、土地利用规划及土地开发、整理、复垦等工作需要,实地界定土地使用范围、测定界址位置、调绘土地利用现状,计算用地面积,为国土资源行政主管部门用地审批和地籍管理等提供科学、准确的基础资料而进行的技术服务性工作<sup>[1]</sup>。由此可以看出,面积计算在勘测定界中的重要性,文献[1]的面积计算公式为:

$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n Y_i (X_{i-1} - X_{i+1})$$
$$= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n X_i (Y_{i+1} - Y_{i-1}) \tag{4}$$

式中:  $X_i$ 、 $Y_i$  为界址点坐标;  $n$  为界址点个数。  
从式(4)可知,在土地勘测定界中的面积为平面面积。

4 DEM 及其建立

数字高程模型 (DEM, Digital Elevation Model), 它是定义在  $X$ 、 $Y$  域(或经纬度域)离散点(矩阵或三角形)上以高程表达地面起伏形态的数据集,它是数字地形模型 (DTM, Digital Terrain Model) 的子集。

为了建立 DEM,必需量测一些点的三维坐标,即 DEM 数据的采集。DEM 数据采集的方法主要有地面测量、现有地图数字

化、空间传感器、数字摄影测量方法等,利用电子全站仪、GPS-RTK 等在野外实测,其记录的数据通讯输入到计算机中进行处理的地面测量方法是土地勘测定界目前使用最常用的方法。  
DEM 最主要的 3 种表示模型是:规则格网模型、等高线模型和不规则三角网模型(TIN)。常用 TIN 模型表示(见图 2),这也便于地形图等高线的绘制。

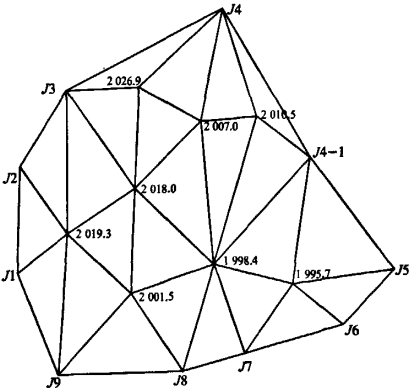


图 2 不规则三角网  
Fig. 2 Irregular triangulation network

5 土地勘测定界地表面积计算

对于不规则地貌,其表面积很难通过常规的严密数学方法来计算,但可以通过 DEM 建模,在三维空间内将高程点连接为带坡度的三角形,再通过每个三角形面积累加得到整个范围内不规则地貌的面积。对于含有特征的格网,将其分解成三角形,对于无特征的格网,可由 4 个角点的高程取平均即中心点高程,然后将格网分成 4 个三角形(见图 2)。

6 应用实例

某勘测定界项目,地形图如图 3 所示。以 ArcGIS9.3 软件来说明表面积的计算方法,南方 CASS 软件也能完成此工作。



图 3 地形图  
Fig. 3 Topographic map

1) 数据准备,将带高程的 DWG 数据导入加载到 ArcGIS9.3 中,加载后自动分为点、线、面及注释。然后根据所带的属性提取所需数据。一般须提取等高线 (DGX) 数据、高程点 (GCD) 数据及需计算面积 (AREA) 的地块。通过“根据属性选取”功能选取所需要素(如:将选取条件设为“Layer = DGX”,可选取图层内的等高线),然后用“Export Data”功能将所选数据导出为 Shape

文件。TIN 参数的设定,如表 2 所示。

表 2 TIN 参数设定  
Tab. 2 TIN parameter setting

图层名	构 TIN 方式	高度	含义
GCD	Mass points	elevation	高程点为三角网顶点
DGX	Hard lines	elevation	等高线上两个点间的连线为三角网的一条边
AREA	Soft clip	None	TIN 的裁剪范围

2)定义空间参考,ArcGIS 中的许多运算均与空间参考有关,数据导出后,使用 ArcToolbox 中的“Data management tools”工具集中的“define projection”工具将所有要素定义好空间参考。

3)生成 TIN,使用 3D 分析“Create TIN from features”工具创建 TIN,按表 2 设定参数。TIN 模型,见图 4。



图 4 TIN 立体模型  
Fig. 4 TIN stereoscopic model

4)计算表面积,有了 TIN,就可根据 TIN 计算某个区域的表面积。ArcGIS 中未提供专门计算表面积的工具,但可使用 ArcToolbox 中的 3D Analyst Tool 工具集中的“TIN Polygon Volume”工具,该工具不但可计算表面积,还可计算体积。因此需要在计算前指定地块中每一块斑斑的参考平面。运行此工具后,选定已生成的 TIN 及地块图层,设定好地块图层的高度字段并指定了参考面的类型(向上或向下),就可计算出所有地块的表面积和体积(默认体积为 Volume、表面积为 SArea)。

5)若须计算平面面积,可新增一个字段(如:PlaneArea)来保存平面面积。打开属性表,右键单击新增的字段,在快捷菜单中选择“地理计算”,将要素的平面面积赋给此字段。

6)最终计算结果,见图 5。

## 7 结论

通过对 DEM 在土地勘测定界中的应用进行探讨,笔者得出如下结论:

1)在地形起伏较大的地区进行土地勘测定界工作,面积计算时应充分考虑起伏的地表表面积与其平面面积的差异,这对土地征收、征用、农用地转用等具有重要的实际意义。

2)对相关规范、规程作一定的补充,规定在地面坡度超过一定时应同时计算相应的表面积。

3)随着数字化测量的普及,对于地表表面积的计算已经不是一件难事。

4)DEM 分辨率越大,所描述的地形越真实,所计算的表面积精度越高。因此,在地形变化较大的地方应采集足够的特征点,以提高构建 DEM 的精度。如果地形较完整,也可使用 ArcGIS 提供的各种插值工具进行插值后再构建 TIN,然后再进行表面积计算,可以提高计算精度。

FID	Shape	Height	Volume	SArea	PlaneArea
0	Polygon	1980	6801797.73508	79287.249528	76199.32
1	Polygon	1980	3565198.39788	39437.945391	38047.818
2	Polygon	1980	2058998.36714	52395.931467	49693.447
3	Polygon	1980	5225171.28293	110742.587296	105456.264
4	Polygon	1980	12707735.8132	140652.027957	136619.322
5	Polygon	1980	7023365.79062	75988.848064	72132.703
6	Polygon	1980	9116028.92881	96068.951731	92848.609

图 5 体积、表面积、平面面积计算结果

Fig. 5 Calculation result of the volume, the earth's surface area and plane area

## 【参 考 文 献】

[1] 中华人民共和国国土资源行业标准. TD/T1008—2007 土地勘测定界规程[S]. 北京:标准出版社,2007.

[2] 邬伦. 地理信息系统——原理、方法和应用[M]. 北京:科学出版社,2002.

[3] 王秀云,陈晔,周厚华,等. DEM 在林地资源表面调查中的应用[J]. 南京师范大学学报:工程技术版,2006,6(1):86~90.

[4] 冯仲科,刘永霞,王小昆,等. 林地面积量算方法的比较研究[J]. 北京林业大学学报,2004,26(5):17~21.

[5] 李精忠,艾廷华,王洪. 一种基于谷地填充的 DEM 综合方法[J]. 测绘学报,2009(3):272~275.

[6] 陈吉龙,王伟,刘洪斌. DEM 在林地表面积计算中的应用研究[J]. 西南农业学报,2008,21(5):1348~1352.

[7] 王文利,梁耘,陈俊英. 任意封闭区域面积计算方法的研究[J]. 测绘技术装备,2008,10(1):6~8.

作者简介:张述清(1965~),男,重庆人,正高级工程师,硕士生导师,研究方向为测绘、3S 技术在国土测绘领域的应用。