

# 基于 ArcGIS 的土地整治项目土方量计算及三维可视化

白晓慧, 侯占东 (江苏中煤地质工程研究院有限公司, 江苏常州 213018)

**摘要** 填挖土方量对于土地整治项目具有重要意义。传统计算土方量的方法有很多, 但存在计算方法繁琐、工作量大、效率低下、精度不足等缺点。以某地美丽乡村建设项目局部区域为研究对象, 应用 ArcGIS 软件平台建立数字高程模型的方法, 并计算土方量, 并与 CASS 软件计算结果进行对比分析。研究表明, ArcGIS 方法计算土方量更快速、准确, 且能够实现三维可视化。

**关键词** DEM; 土方量; ArcGIS; 三维可视化

中图分类号 F 301.2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)08-0204-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.08.051

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Earthwork Volume Calculation and 3D Visualization of Land Remediation Project Based on ArcGIS

BAI Xiao-hui, HOU Zhan-dong (Jiangsu China Coal Geology Engineering Research Institute Co., Ltd., Changzhou, Jiangsu 213018)

**Abstract** Earthwork volume of filling and excavation is of great significance for the land consolidation project. There are many traditional methods of earthwork calculation, but they have disadvantages of complicated calculation, heavy workload, low efficiency, insufficient accuracy, etc. In this paper, taking the local area of Beautiful Rural Construction Project as the research object, the method of building digital elevation model with ArcGIS software platform was established to calculate the earthwork volume, and the calculation results were compared with CASS software. The results showed that ArcGIS method was faster, more accurate and it could realize 3D visualization.

**Key words** DEM; Earthwork volume; ArcGIS; 3D visualization

土地整治对耕地保护和土地资源集约具有非常重要的意义。土地整治是通过土地整理、复垦、开发和城乡建设用地增减挂钩等手段, 综合治理、改善农村生产及生态环境、促进城乡一体化进程的一项系统工程<sup>[1]</sup>。土方量是土地整治项目的重要组成部分, 其计算精度直接关系到项目预算和实施方案的选择, 因此土方量的精确计算十分重要。传统的土方量计算方法有方格网法、等高线法、断面法等。其中, 方格网法适用于大范围的、地势平坦的、高差不太大的工程, 计算精度与方格网宽度有关, 且计算精度越高, 计算花费时间越长<sup>[2]</sup>; 等高线法适用于地形变化大的区域, 容易受地形条件和软件算法限制, 导致计算精度受限; 断面法适用于道路、沟渠和管线等带状地形, 其前期工作量大, 计算方法繁琐<sup>[3]</sup>。由此可见, 传统计算土方量的方法虽然很多, 但均存在计算方法繁琐、工作量大、效率低下、精度不足等缺点。

ArcGIS 是当今流行且先进的软件平台, 具有强大的空间统计分析、图形显示与处理等功能<sup>[4]</sup>。运用 ArcGIS 软件建立数字高程模型的方法来计算土方量, 不受地形复杂程度的限制, 不仅可以大大提高计算精度和效率, 而且可以实现三维可视化建模, 能真实反映地形地貌特征, 与传统技术相比具有明显的优势。目前已有学者对 ArcGIS 在土方量计算中的应用开展了研究。赵瑞<sup>[5]</sup>从土地整治角度, 利用 ArcGIS 软件平台进行土地平整土方量计算的研究; 李春梅等<sup>[6]</sup>通过与传统土方量计算方法的比较, 运用 ArcGIS 软件计算土方量; 陈勇<sup>[7]</sup>从地统学角度, 应用 ArcGIS 原理和方法对土方量计算进行研究并应用。笔者采用 DEM 法, 结合 ArcGIS 软件强大的空间统计分析和三维建模能力, 根据实例项目的地貌特点, 分析传统方法与 DEM 法在计算土方量的优缺点。同

时, 运用 CASS 软件平台 DTM 法进行对比分析, 论证应用 ArcGIS 计算土方量的可行性与精确度。

## 1 应用原理及方法

数字地形模型(DTM)是一个表示地面特征空间分布的数据库, 一般用一系列地面点坐标及地表属性形成数据阵列, 以此组成数字地面模型。为了能够在地理信息系统中表现三维的地形表面特征, 对获取的地形数据进行建模, 使用真实的地形高程数据, 建立一种数字的地形表达模型, 称为数字高程模型(DEM)<sup>[8]</sup>。

数字高程模型可分为规则格网模型和不规则三角网。格网模型在不改变格网实际大小的情况下, 难以将复杂多变的情况进行准确表达<sup>[9]</sup>。不规则三角网(TIN)是根据区域的有限个点集将区域划分为相连的三角面网络, 三角面的形状和大小取决于不规则分布的测点的密度和位置, 既能避免地形平坦时的数据冗余, 又能按地形特征点表示数字高程特征<sup>[10]</sup>。TIN 模型是通过将空间内的点和折点构建不规则三角网来创建。

该研究运用不同软件平台, 根据某地美丽乡村建设项目局部区域数据构建不规则三角网, 从而建立数字模型来计算土方量。CASS 软件平台通过地面点坐标和高程, 将相邻点分化为不同大小的三角形, 构成区域三角网, 最后将 2 期数据模型叠加计算出填挖方土方量。ArcGIS 软件平台通过 2 期 DEM 模型叠加得到填挖土方分界线, 再对每个区域建模求出各个三棱柱体积, 统计得到填挖土方量。ArcGIS 软件相较于 CASS 软件更便于存储、更新、传播, 计算机自动处理能力更强大, 还可以进行三维建模等。因此, 目前 ArcGIS 软件被已广泛应用于工程建设和城市规划等多个领域。

## 2 研究区概况与数据来源

**2.1 研究区概况** 研究区位于长江金三角地区, 北濒长江, 东临太湖, 西倚茅山, 南扼天目山麓, 地处 119°08' ~ 120°12'E,

**作者简介** 白晓慧(1992—), 女, 河北邢台人, 助理工程师, 从事地理信息与工程测量等方面工作。

**收稿日期** 2019-11-04; **修回日期** 2019-11-26

31°09'~32°04'N。研究区地貌类型属于高沙平原,山丘平圩兼有;属于北亚热带海洋性气候,常年气候温和,雨量充沛,四季分明;春末夏初时多有梅雨发生,夏季炎热多雨,冬季空气湿润,气候阴冷;雨季为6—7月。常年平均气温 15.4℃;年平均降雨量 1 074.0 mm。

**2.2 数据来源** 数据来自某地美丽乡村其中一个景观建设项目,实地采集原始地形数据和施工后数据,对其土方量进行计算研究。

平面采用地方独立坐标系,高程采用 1985 年国家高程基准。

### 3 数据处理与分析

分别用 CASS 与 ArcGIS 2 种方法对数据来进行土方量计算,通过对结果进行对比分析,探讨 ArcGIS 在土方量计算中的优势。

**3.1 原始地形数据处理与分析** 采用 CASS 与 ArcGIS 2 种方法对原始地形数据进行土方量计算,并对计算结果进行对比分析。

CASS 根据 DTM 模型利用原始地形数据建立不规则三角网(TIN)。具体操作步骤如下:对原始地形数据进行检查,检查无误后在 CASS 中加载原始地形高程点数据,进行展点;然后,利用 DTM 模型工具构建不规则三角网(图 1),同时生成一个坐标数据文件,用于后期土方量计算。

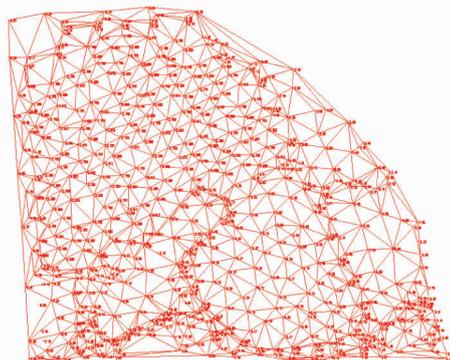
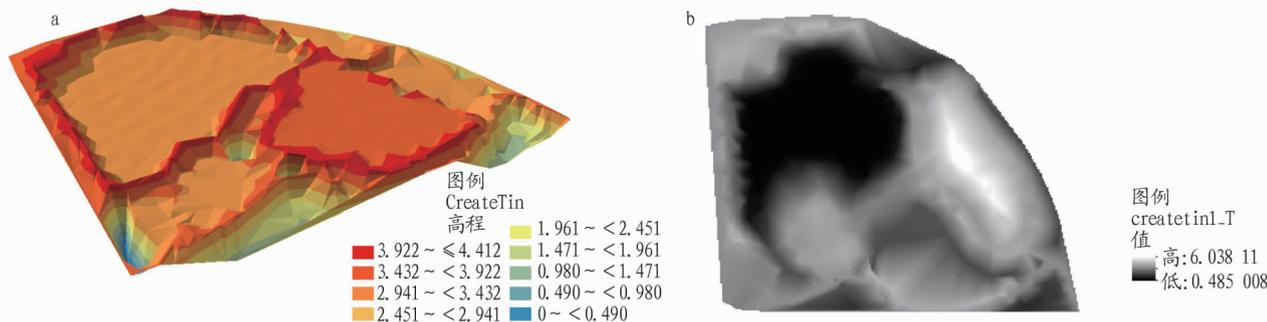


图 1 原始地形 DTM 模型(CASS 法)

Fig.1 DTM model of original terrain(CASS method)

基于 ArcGIS 软件 DEM 模型方法,利用原始地形数据建立不规则三角网(TIN),将其转换为栅格模型。具体操作步骤如下:运用 ArcGIS 自带转换工具将原始地形的基础数据 dwg 格式转换为 Shapefile 格式;检查数据是否有无效点,无误后在 3D Analyst 扩展模块利用基础数据建立 TIN 模型(图 2a),TIN 模型在主界面显示出高程分段值彩色图,其中的色带、分段、高程值范围等可在属性中按需求调整;DEM 模型通过内插方法将不规则三角网转换为栅格(图 2b),为后期运用 DEM 模型实现土方量计算做准备。



注:a.TIN;b.DEM

图 2 原始地形 TIN 和 DEM 模型(ArcGIS 法)

Fig.2 TIN and DEM models of original terrain(ArcGIS method)

采用 2 种方法利用原始地形数据进行数据前期处理,建立 DTM 模型(图 1)和 DEM 模型(图 2),并对其结果进行对比分析。由图 1、2 可以看出,研究区原始地形总体地势较平坦,最大高差约 4.4 m。研究区西边浅黄区域地势较低,周围红色地势较高,也可以通过阴影区分地势高低,而东边橘黄区域地势明显高于西部浅黄色区域,周围红色实为田坎,地势较高。原始地形西边实际为养螃蟹的池塘,东边为荒芜草地。

CASS 法建立的 DTM 模型不够直观,地势高低只能通过对比高程点加以区分。高程点密集图形数据量大时,运行速度缓慢甚至卡死。与 CASS 相比,ArcGIS 软件功能强大,简单易行、快速方便,能够提高工作的信息化和自动化水平。ArcGIS 法建立的 TIN 模型通过色彩和阴影可以直观地描述在平面和空间分布的形态特征和构造关系。TIN 模型可以在 ArcScene 中进行三维表达,通过移动鼠标可以全方位地旋

转缩放查看原始地形各个区域,生动地描述地形地貌特征。

**3.2 设计高程数据处理与分析** 根据“3.1”方法采用设计数据创建设计高程 DTM 模型(图 3)和设计高程 DEM 模型(图 4),用于后期土方量的计算。

由图 3、4 可知,研究区设计地形区域划分明显,地形走向平滑,最大高差约 6 m。研究区西边蓝色区域地势较低,分层明显,可看出是一块洼地,而东边红色区域地势明显高于西边蓝色区域,颜色越接近红色,地势越高,可看出是一个小岛。按设计要求,将其西边开挖水塘建设水乡特色,挖出的土方在东边建设小岛美化乡村既可以实现土地资源集约利用又可以美化环境。CASS 法不能将地形直观地呈现出来,而 ArcGIS 法不仅可以地形完美呈现出来,而且对实地分析有很好的展示效果。

**3.3 土方量计算与对比分析** 根据“3.1”和“3.2”方法创建

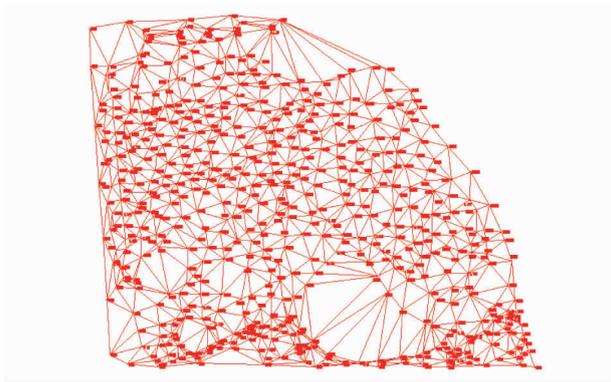
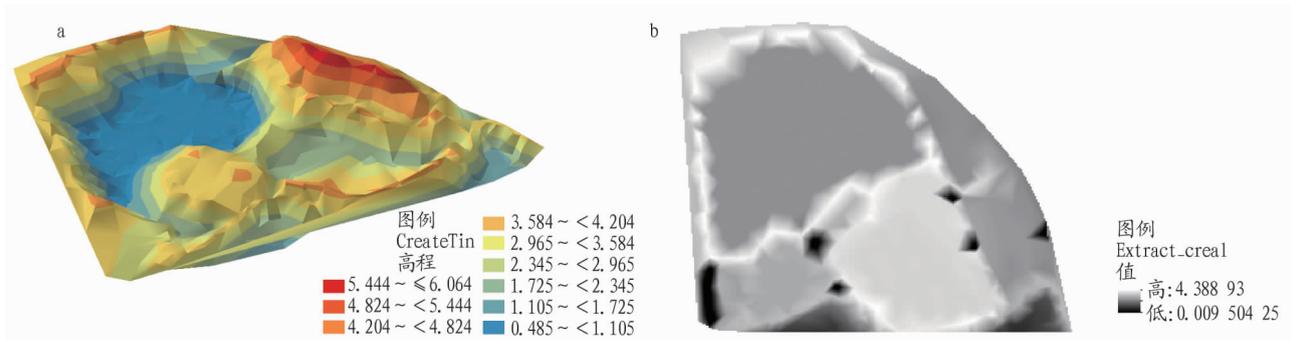


图3 设计高程 DTM 模型 (CASS 法)

Fig.3 DTM model of design elevation (CASS method)

的模型分别用 CASS 与 ArcGIS 2 种方法对数据进行后期土



注: a.TIN; b.DEM

图4 设计高程 TIN 和 DEM 模型 (ArcGIS 法)

Fig.4 TIN and DEM models of design elevation (ArcGIS method)

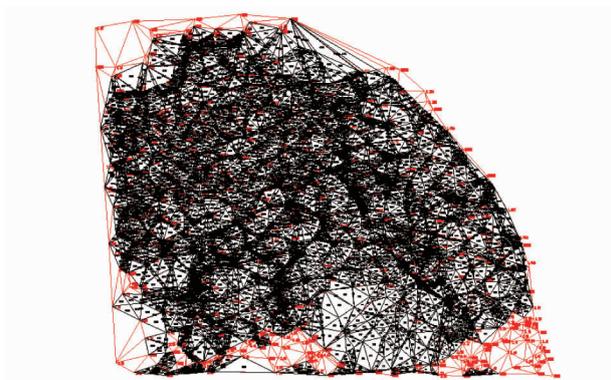


图5 计算成果图 (CASS 法)

Fig.5 The calculation results (CASS method)

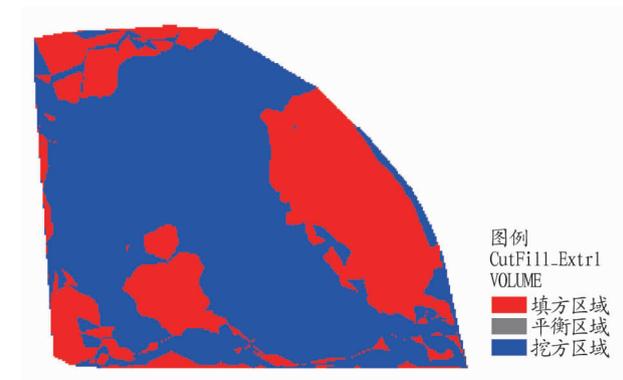
由图 6 可以看出, 研究区填土方量主要集中在南侧和东侧, 北侧有少量的填方区, 其他为挖方区域。由图形对比可以看出, 原始地形养螃蟹池塘加深开挖为水塘, 开挖土方量将荒芜草地美化为小岛。CASS 法相对 ArcGIS 法计算成果图不仅图形数据密集, 略显杂乱无章, 而且填挖方分界线不能显示出来。ArcGIS 法图形美观, 填挖方分界线清晰, 还具有图层叠加分析、属性检索等功能。

运用 2 种方法计算土方量的结果相差不大, 说明基于 ArcGIS 软件使用 DEM 法计算土方量的可行性与有效性。DTM 模型和 DEM 模型误差主要来源于采样密度及地形过于复杂等原因。ArcGIS 法不仅计算速度快、准确, 而且在操作

方量计算, 对结果进行对比分析。

CASS 法是将 2 期 DTM 模型进行叠加计算, 求出填土方量和挖土方量。在 CASS 软件中, 运用 DTM 法的“计算两期间土方”工具, 通过图面选取和三角网文件 2 种选取方法进行土方量的计算, 输出计算结果图形 (图 5)。填挖土方量运算结果如下: 填方量 4 089.2 m<sup>3</sup>, 挖方量 13 371.9 m<sup>3</sup>。

ArcGIS 法是将 2 期 DEM 模型采用空间分析和面域叠加功能计算出填挖方分界线及填挖土方量。3D Analyst 扩展功能模块具备计算土方量的工具 (填挖方), 使用工具将原始地形 DEM 模型和设计高程 DEM 模型输入, 确定合理路径, 将其保存并按确定键, 即可得到填挖方栅格图 (图 6)。将数据导出 EXCEL 表格, 并叠加计算, 方可求出填挖土方量。计算结果如下: 填方量为 4 150.9 m<sup>3</sup>, 挖方量 13 416.8 m<sup>3</sup>。



注: 蓝色区域代表挖方, 红色区域代表填方

Note: The blue area represents excavation of earth and the red area represents filling of earth

图6 填挖方图 (ArcGIS 法)

Fig.6 The excavation of earth (ArcGIS method)

步骤上简单易行, 减少了计算工作量。此外, ArcGIS 软件平台具有面向对象结构的可视化表达, 可以更加客观地显示, 也可以直观地根据图形查看其属性, 进行查错修正, 以保证计算数据的精确度。

4 结语

该研究采用 CASS 法和 ArcGIS 2 种方法计算土方量, 以某地美丽乡村建设项目为研究对象, 进行土方量计算, 并对 (下转第 211 页)

术工艺,使受损的并且重金属污染严重的山体坡达到森林化生态修复的目的。

项目于 2006 年 10 月实施,重点进行废弃铅锌矿山的稳定性治理,矿山绿化也曾同时全面展开,至今矿山稳定,无崩塌、滑坡和泥石流等地质灾害发生,修筑的截排水沟和砌筑

的挡坝完好有效,但植被仍然得不到有效修复,因此,于 2017 年重点进行绿化提升专项行动,并以城郊型森林公园的建设目标进行生态修复,项目自 2018 年 10 月开始按设计施工,目前已基本完工,昔日满目疮痍的废弃矿区已成为庆元县城郊森林公园的雏形(图 8)。



图 8 庆元废弃铅锌矿山(红线内)绿化生态修复提升改造森林公园雏形

Fig.8 The greening of the Qingyuan abandoned lead-zinc mine (inside the red line) for ecological restoration and upgrading

#### 4 结论

对于废弃矿井大量土地被破坏和长期荒废的现状,应根据具体条件,因地制宜地选择确定生态修复方法。该研究结合生态修复进行废弃矿井综合治理,在消除地质灾害隐患基础上将废弃铅锌矿山打造提升成城郊型森林公园,特别是重金属污染区域的植物修复技术为我国废弃铅锌矿山综合治理创立了一种示范模式,值得同类研究推广与应用。

#### 参考文献

- [1] 陈丽,黎良财,王昆,等.基于 TM 影像的泗顶铅锌矿区森林景观动态分析[J].广东农业科学,2012(9):144-147.
- [2] 何绪文,王宇翔,房增强,等.铅锌矿区土壤重金属污染特征及污染风险评价[J].环境工程技术学报,2016,6(5):476-483.
- [3] 姚柏华,唐名富,周洁军,等.广西某铅锌矿区水文地质及地下水重金属污染途径分析[J].矿产与地质,2015,29(1):110-113.
- [4] 杨立辉,柯钊跃,谢志宜,等.广东某铅锌矿周边地区大气颗粒物重金属水平及人群暴露风险评价[J].中国环境监测,2015,31(4):48-53.

- [5] 熊万胜.凡口铅锌矿地质环境综合治理方法[J].现代矿业,2014(12):145-146,151.
- [6] 王志国.庆元县铅锌矿废弃矿山地质环境综合治理方法初探[J].中国水运,2012,12(Z1):36-38.
- [7] 郑绍金,蒋林,滕维超,等.刨花润楠对硝酸铅胁迫的生长和生理响应机制[J].林业科技开发,2015,29(3):25-30.
- [8] 胡仲义,李修鹏.铅胁迫对全缘冬青幼苗生长与生理的影响[J].浙江林业科技,2008,28(1):19-22.
- [9] 吴若菁,庄捷,陈清松,等.铅胁迫下马尾松微核率与生理指标变化的相关分析[J].林业科学,2010,46(8):78-83.
- [10] 姜永刚,彭涛.铅锌工业喜中有忧[J].中国有色金属,2014(9):75-77.
- [11] 王妙媛,李达,于晓英.铅胁迫对红花檵木生理特性的影响[J].安徽农业科学,2011,39(15):8938-8939.
- [12] 吴际友,王旭军,程勇,等.铅胁迫对 4 种苗木叶片过氧化物酶和超氧化物歧化酶的影响[J].中国城市林业,2011,9(5):9-12,16.
- [13] 杨晋.土壤铅胁迫对核桃幼苗生长的影响[J].绿色科技,2015(2):73-75.
- [14] 葛永金,袁位高,江波,等.浙江省生态公益林土壤理化性质的初步研究[J].江西农业大学学报,2006,28(6):828-832.

(上接第 206 页)

其结果进行对比分析。结果表明:ArcGIS 方法与传统方法相比,ArcGIS 方法精度高、简单易行、快速方便,可以三维可视化,真实地反映地形信息,形象逼真;ArcGIS 方法可以将空间数据与属性数据有机地结合起来,能更加有效处理数据,提高信息化和自动化水平。因此,ArcGIS 方法在工程建设和城市规划等领域有更广阔的应用前景。

#### 参考文献

- [1] 刘美娥,乐晶,夏昆,等.土地整治项目土方工程量计算方法研究[J].广东土地科学,2011,10(5):33-39.
- [2] 吴清海.基于 CASS 的土方量计算精度分析[J].工程勘察,2017(2):61-63.

- [3] 陈朝霞,吴向南,朱记伟,等.基于 ArcGIS 的土地开发整理挖填土方量计算研究及应用[J].测绘与空间地理信息,2015,38(2):63-65,68.
- [4] 刘天成,史常青.基于 ArcGIS 的土地整治项目土方量计算方法研究[J].西部大开发(土地开发工程研究),2018,3(9):16-19.
- [5] 赵瑞.利用 ArcGIS 进行土地平整土方量计算的应用[J].安徽农业科学,2018,46(33):170-171,192.
- [6] 李春梅,景海涛.基于 ArcGIS 的土方量计算及可视化[J].测绘科学,2010,35(2):186-187,116.
- [7] 陈勇.利用 ArcGIS 地统计分析进行土地平整土方量计算的研究[J].安徽农业科学,2007,35(1):70-71,103.
- [8] 潘红飞,赵翠薇.基于 TIN 模型较高精度土方量计算方法[J].价值工程,2012(5):63-65.
- [9] 杨仲吕,李亮,向虹宇.基于 ArcGIS 的场平工程土方量计算及可视化[J].安徽建筑大学学报,2017,25(5):16-20.
- [10] 王晨旭,胡引翠,王崇倡,等.基于 TIN 的露天矿区地形精细模型构建研究[J].金属矿山,2019(9):147-153.