

文章编号:1674-2869(2013)05-0027-05

三维矿业工程软件优化挖填土石方的方法

田昌贵,朱志林,肖 雪,黄良取,李 明,汪振东

(武汉工程大学环境与城市建设学院,湖北 武汉 430074)

摘 要:针对传统土石方挖填方法存在操作复杂、工期长、投资高的问题,提出在地形、地貌、岩石类型、地下障碍、原始标高、设计标高和工程地质影响因素下利用三维矿业工程软件(3DMine)优化挖填土石方的 4 种方法:三角网法、网格法、断面法、区域土方平衡法。通过在工程场地的特定面上设计出两个需要挖填的相交面 1.3 dm、2.3 dm,生成这两个面之间的闭合交线 3 ds,建立面 1.3 dm 和 2.3 dm 的三维模型,让其三维可视化,分别用三角网法中线分布结构和密度原理,网格法中微积分原理,断面法中条形地带和沿线原理,区域土方平衡法中扩展边坡角和平均松散原理来切割,模拟出挖填土石方三维详细模型,并对挖填土石方进行优化,提高了计算精度,使施工操作简单、工期缩短、投资降低。

关键词:三维矿业工程软件;挖填方;三维建模;优化方法

中图分类号:TD211

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2013.05.006

0 引 言

当前信息技术中计算机处理速度和处理能力发展迅猛,为数字矿山提供了强大的技术支持。数字矿山的兴起,赋予了矿山三维可视化技术新的意义与发展空间。三维可视化是实现数字矿山战略的关键技术,要真正实现矿山数字化,就必须以 3DMine 为基础^[1]。3DMine 矿业工程软件是我国第一款拥有自主知识产权、功能齐全、全中文界面、操作简便、兼容性强,达到国外同类软件可视化效果、模块功能、符合国际行业规范且易于操作的三维矿业工程软件系统。3DMine 矿业工程软件的研发,打破了国外同类软件长期垄断的局面,为我国矿业和建筑行业实现信息化和数字化提供了专业的软件平台。它的发展和应用情况标志着我们国家矿业和建筑业的现代化水平^[2-3]。

工程项目建设中经常会涉及到土石方的开挖和填埋,合理的开挖和填埋不仅能节约投资,而且能响应党中央提出的“环境友好型”的号召。利用 3Dmine 建立土石方挖填的三维模型,通过表面体积计算中的三角网法、网格法、断面法、区域土方平衡法来分析和计算土石方的开挖量和填埋量,根据不同的土壤松散系数设计出区域土方平衡标高,能优化土石方挖、填^[4]。

1 三角网法

三角网法是用坐标 (x, y, z) 的数字形式来表达区域内的地貌形态,以微缩的形式再现了地表形态高低起伏的变化特征,具有直观、形象、精确等特点,适用于所有地形,并且计量的精度相当高。

打开 3DMine 软件,从文件中调入已经建立好的面 1.3 dm 和面 2.3 dm,然后调整 z 坐标使两个面相交。在面 1.3 dm 上画一个任意闭合的边界线,即要计算的区域的边界线,该边界线在 xy 平面的投影内要确保面 1.3 dm 和面 2.3 dm 有相交部分,其 z 坐标并不重要,只要确定平面坐标就行。打开表面体积计算中的三角网法,会弹出两个 DTM^[5]之间体积计算的对话框,点击生成实体、打印报告、计算闭合线内的量,然后根据提示来操作即可得出如图 1 所示的挖方填方三维模型(第一层为填方部分,第三层为挖方部分)和如图 2 所示的工程量计算报告。

从图 1 挖方填方三维模型和图 2 工程量计算报告可知三角网法有以下优点:

a. 三角网中线的分布结构和密度完全与地表的特征协调,不改变原始数据,能很好地适应工程体不规则、起伏较大地形,从而将地表的特征呈现

收稿日期:2013-03-26

基金项目:武汉工程大学研究生教育创新基金(CX201244)

作者简介:田昌贵(1963-),男,湖北松滋人,教授级高级工程师,硕士研究生导师。研究方向:防灾减灾工程、矿山地质环境治理恢复与地质灾害评估。

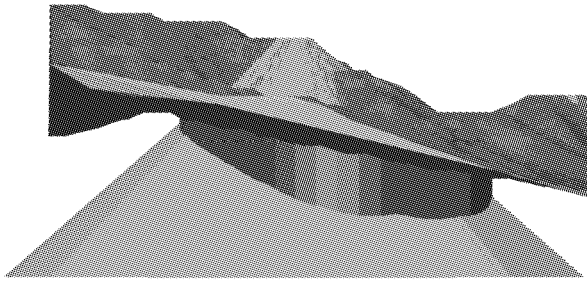


图 1 挖方填方三维模型(第一层为填方部分,第三层为挖方部分)

Fig. 1 Cut-and-fill three-dimensional model(the first layer is fill section,the third layer is cut section)

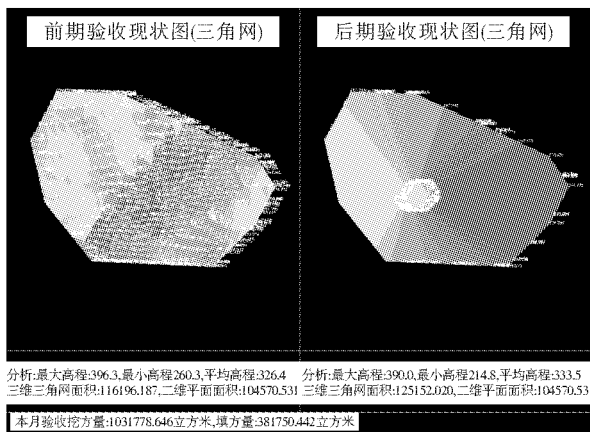


图 2 工程量计算报告

Fig. 2 Engineering calculation report

出来,而且土石方计算精度也较高。

b. 能够插入地性线保存其原有关键的地貌特征,坡地的坡肩、坡根为明显的沿地性线。对工程位置测量,并考虑到地性线生成三角网时,可真实直观的反映每个台阶坡面的形状。

c. 利用三角网建立 DTM 三维模型计算土石方量精度较高,在设计地表十分不规则的时候,用其他的方法很难精确计算出挖、填土石方量。而利用三角网法,可以建立设计地表 DTM 三维模型,当建立原始地表 DTM 的数据精确,且所构建的三角网趋于无穷多时,可以重现土石方量的地表形态与特征,与实际工程体最为接近,因此计算的土石方量最优。这是其他几种方法所不能做到的^[6]。

2 网格法

网格法的原理就是把工作区域分成 N 个网格,这些网格都是以 s 为底面积,以每个方格四个角的地平线高程和设计高程差的平均值 H_i 为高的长方体, N 个长方体的总体积和就是要挖(填)的土石方量。其中 $N = S_{\text{总}} / S$, $S_{\text{总}}$ 为整个工作区的投影面积,其公式简化为

$$V = \sum S_{Hi} \text{ (按微积分原理当 } N \rightarrow \infty \text{ 时, } V \text{ 趋}$$

向于真值)

(1)

网格法主要适用于平坦地区及高程差相差不很大的地区,对于高程差大的网格,可以通过加密其网格的办法提高该方法的计算精度。网格法优点在于方格网的底面积是定值 s , 计算 $V_i = S_{Hi}$ 简单。网格法只适用于平坦场地,或是经过施工后高程差相差很小的地形。

网格法不能直观的根据对象来选择线和面,这里需要事先建立好挖填的线和面。顶部 DTM 选择三角网法里面的面 1.3 dm,底部 DTM 选择三角网法里面的面 2.3 dm,边界文件选择已经事先编辑好的边界线 3 ds。打开表面体积计算中的网格法,输入上面的计算范围。在对话框中找到“网格密度”,“网格密度”越小,计算的精度就会越高,“网格密度”的大小同样也会影响计算的速度。对话框中的“最小厚度”指两个面之间小于所设置的厚度时不进行体积计算。该方法可以进行分层报量,这里不需要使用这个功能。这个方法中同样可以创建实体和生成打印文件。完成上面的步骤后,3DMine 生成如表 1 所示的工程量计算验收单和图 3 所示的计算三维模型。

表 1 工程量计算验收单

Table 1 Engineering calculation acceptance of a single

3DMine 工程量计算验收单			
区域	挖方量/ m^3	填方量/ m^3	填挖总量/ m^3
1	1 134 781.103	483 950.998	1 618 732.101
合计	1 134 781.103	483 950.998	1 618 732.101

在表 1 的工程量计算验收单里显示有各个区域的挖方量、填方量、填挖总量,从各个区域的挖方量、填方量、填挖总量、合计量可以选择出该土石方工程合理的投资和设计方案,用来减少该项目的工程量。

图 3 三维模型中给出的是计算体积的部分,图 3 是由一系列的柱状体组成的,设置的网格密度是让该土石方按照一系列的柱状体来填充两个面之间的部分来计算其体积,柱状体平面面积的边长就是我们设置的网格密度。

3 断面法

断面法是测定条形地带和沿线路的纵横断面,依靠设计线和实测断面线来计算每条断面的面积,根据断面与相邻断面的距离来计算该相邻断面的挖、填土石方量,再累加计算每条线路的挖方、填方量。用平行截取的断面来描述地貌形态,然后利用断面的面积及相应的数学公式

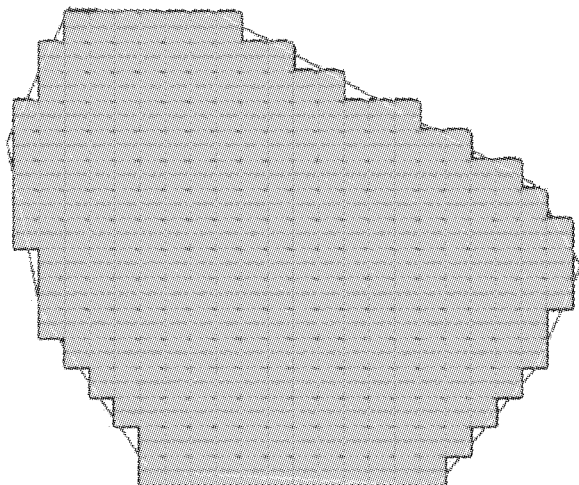


图 3 计算三维模型

Fig. 3 Three-dimensional calculation model

$$V_i = (\Delta S_{i-1} + \Delta S_i) L / 2 \quad (2)$$

来进行土石方量的计算.断面法的优点是:断面的数据容易采集,计算方法多样且简便,适用于特别复杂的带状地形场地.

清空屏幕后重新调入面 1.3 dm 和 2.3 dm,打开表面体积计算中的断面法,该方法与网格法有一定的相似处,只是断面的分法有些不同,其优点是设计出的方案施工起来更加方便,缺点是其计算的精度没有网格法高.在使用断面法前,要把两个面重叠之间的交线算出来.打开表面里面的两 DTM 之间交线,然后按照屏幕上的提示进行操作,即可求出两面重叠之间的交线,生成的白色闭合曲线就是要求的交线.断面法就是计算该交线之内的体积.

打开表面体积计算中的断面法,然后弹出相应的对话框,该对话框上有断面间距、断面切线方位角、输出断面图、计算闭合线内的量等选项.断面间距设置的越小其计算的值越精确;按照体积最佳方向设置一个方位角来切割这个剖面;输出剖面图可以选择输出一部分和全部的剖面,断面图间隔设置为 1 的时候就是输出全部的剖面,每列剖面数目暂时设置为 5.确定之后根据屏幕的提示来进行操作,然后再放入剖面图,这样就计算出体积报告中不同剖面的体积量.每一个剖面上的挖方面积、填方面积、挖方体积、填方体积以及剖面总数、挖方总体积、填方总体积在断面体积报告中都有显示.如图 4~6 及表 2 所示.



图 4 总断面示意图

Fig. 4 Total cross section diagram

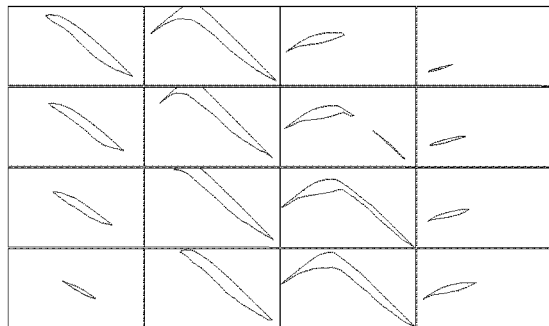


图 5 各个断面示意图

Fig. 5 Sketch of each profile

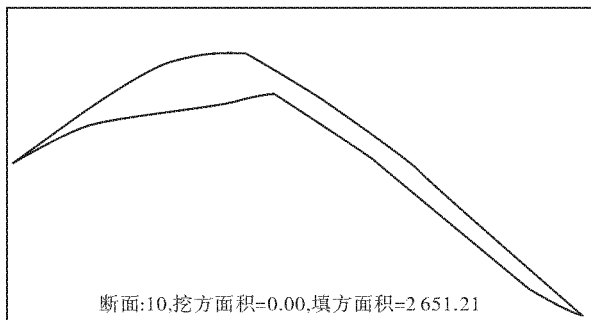


图 6 断面 10 的示意图

Fig. 6 Schematic of section 10

从图 4、图 5 和表 2 可知该土石方被切成 16 个剖面,每个剖面的工程量大小都不一样,通过断面号可以在图 4 中查看该断面的形状,在表 2 中查找出该断面的挖方面积、填方面积、挖方体积、填方体积以及总挖方体积和总填方体积.

表 2 各个断面挖、填详表
Table 2 The cut-and-fill in the details section

断面号	挖方面 积/ m^2	填方面 积/ m^2	挖方体 积/ m^3	填方体 积/ m^3
1	0	261.12	0	1 392.63
2	0	1 212.05	0	10 857.28
3	0	1 993.91	0	25 389.54
4	0	2 774.4	0	37 974.95
5	0	3 137.78	0	47 267.60
6	0	3 132.59	0	50 162.93
7	0	3 360.33	0	51 932.68
8	0	4 029.18	0	59 035.16
9	0	3 796.41	0	62 595.49
10	0	2 651.21	0	51 307.57
11	0	1 464.63	0	32 460.71
12	0	990.59	0	19 518.56
13	0	692.28	0	13 391.83
14	0	422.13	0	8 826.64
15	0	248.46	0	5 303.70
16	0	90.11	0	2 603.67
合计	0	30 257.18	0	480 020.96

4 区域土方平衡

在工程项目中,如果在土石方项目中能够达到平衡,便可以节约很多运费和劳动力,而在 3DMine 软件中很容易就能让该想法得到实现,并且可以运用到极致,而该方法也很容易理解和掌握.区域土方平衡法的最终目的就是帮我们在考虑填方平均松散系数、向上扩展边坡角、向下扩展边坡角的情况下计算出一个经济合理的高程使得挖出的土石方刚好可以用来填埋^[7-8].

打开文件调入已经建立好的面 1.3 dm,转入 xy 平面后进行操作.在面 1.3 dm 上画一个将要进行操作的面,大小和面积自己设置,该面就是要挖填建立的平台,也就是说当把这个标高设置在哪个位置的时候,挖出的土方正好把需要填的地方填平,达到一个区域的土方平衡.打开表面体积计算中的区域土方平衡,在弹出的对话框中,将填方松散系数设置为一个合理的值,设置填方松散系数主要是考虑到土石方在开挖后再用来填埋其体积就会变大,这里设置为常用的平均值 1.1.设置的这个平台上面和下面都是有边坡角的,也就是所指的扩展边坡,该边坡也要设置合理,否则等到平台建立好后会带来不必要的像滑坡、泥石流

等这样的地质灾害,造成一定的经济损失.这里将向上的边坡角设置为 60° ,向下的边坡角设置为 45° .线内插点,当扩展时加密一些点,使这个点扩展的线条更加完美的符合到表面上,从而更贴近地形,这里内插点距离设置为 5.确定之后根据提示来选择边界线和面,然后在界面的信息栏中就给出了挖方量,填方量,设计标高^[9-13],如图 7 所示.

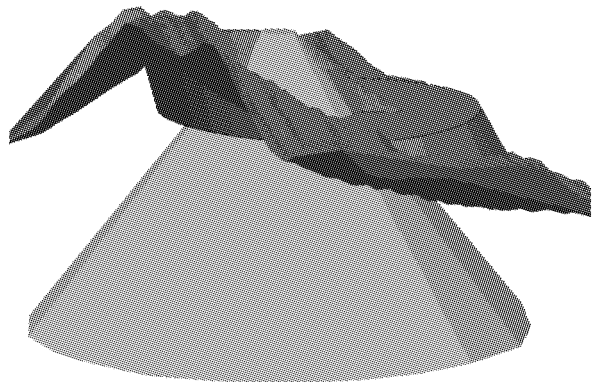


图 7 区域土方平衡三维模型(上部圆形为填方部分,下部圆形为挖方部分)

Fig. 7 Regional earthwork balance three-dimensional model (upper circle to fill, lower circular cut section)

从图 7 可知,当把标高设计为 290.39 m 的时候,挖方和填方能达到平衡,而此时的挖方量 = $6\,232\,258.18\text{ m}^3$,填方量 = $6\,855\,484.04\text{ m}^3$.

5 结 语

综上所述,随着科学技术的进步,土石方挖填建模是矿山数字化中重要的一步,也是基础的一步.土石方的开挖,特别是在考虑开挖和填埋平衡设计标高时,使用 3DMine 矿业工程软件表面体积计算中的四个方法无疑会给我们带来很大的方便.在计算两个面之间的体积时选择三角网法;设计不同且数目较多的开挖剖面以及想确定每个断面的剖面图和工程量时选择网格法和断面法;设计经济合理的标高来实现挖填平衡时选择区域土方平衡法.这些方法合理的使用,会给工程设计和施工带来一定的经济效益.

致谢

本研究得到了武汉工程大学科研经费的资助,在此表示诚挚的谢意.

参考文献:

- [1] 陈竞文,吴仲雄,陈德炎. 3DMine 矿业工程软件在构建五圩矿三维可视化模型中的应用[J]. 现代矿业, 2012, 1(1): 4-7.

- CHEN Jingwen, WU Zhongxiong, CHEN Deyan. Application of 3DMine Mining Industry Engineering Software on Wuwei Mine 3d Visualization Model Construction[J]. Express Information of Mining Industry, 2012, 1(1): 4-7. (in Chinese)
- [2] 胡建明. 3DMine 矿业软件在地勘工作中的应用[J]. 矿产勘查, 2010, 1(1): 78-80.
- HU Jianming. Application of 3DMine software on geological exploration [J]. Mineral Exploration, 2010, 1(1): 78-80. (in Chinese)
- [3] 杨建成, 高超, 曾广然. 生产建设项目土石方平衡探讨[J]. 中国水土保持, 2012(5): 62-65.
- [4] 吴光玲, 李守杰. 3DMine 在建立空区和残矿模型中的应用[J]. 现代矿业, 2010(9): 15-17.
- WU Guangling, LI Shoujie. Application of 3DMine in the Establishment of Model of Goaf and Remnant Ore[J]. Express Information of Mining Industry, 2010(9): 15-17. (in Chinese)
- [5] 杨秋侠, 贾怡良, 肖振文. 台阶式场地平整的土方优化[J]. 四川建筑科学研究, 2011, 37(3): 128-131.
- YANG Qiuxia, JIA Yiliang, XIAO Zhengwen. The optimization of earth quantity in stepped ground leveling[J]. Sichuan Building Science, 2011, 37(3): 128-131. (in Chinese)
- [6] 谢宗繁, 王文贯. DTM 模型法在土石方计算中的应用[J]. 水利规划与设计, 2010(4): 34-35.
- [7] 钟德云, 胡柳青, 吴国栋. 基于 3DMine 软件的露天矿开采设计[J]. 现代矿业, 2012(10): 11-14.
- ZHONG Deyun, HU Liuqing, WU Guodong. Open-pit Mine Exploitation based on 3DMine Software[J]. Express Information of Mining Industry, 2012(10): 11-14. (in Chinese)
- [8] 鲁彦, 朱岩, 曲建国. 建筑土方工程施工中设计标高的确定[J]. 石油化工高等学校学报, 2003, 16(4): 83-86.
- LU Yan, ZHU Yan, QU Jianguo. Confirmation of Architecture Earthwork Project in Construction Design Elevation [J]. Journal of Petrochemical Universities, 2003, 16(4): 83-86. (in Chinese)
- [9] 王祖东. 路线设计中填挖平衡的再认识[J]. 中外公路, 2005(4): 18-21.
- [10] 李婷, 叶海旺. 基于 3DMine 大塘石灰石矿地质建模及露天开采境界设计[J]. 矿冶工程, 2012(32): 495-497.
- [11] 焦学军, 朱静. 基于 3DMine 小秦岭金矿三维建模研究[J]. 城市建设理论研究: 电子版, 2012(6): 1-8.
- [12] 罗先何, 陈庆发, 潘桂海. 铜坑矿锌多金属矿体三维可视化模型构建[J]. 新疆地质, 2012, 30(2): 235-237.
- LUO Xianwei, CHENG Qingfa, PAN Guihai. Study on the 3D Visual Model Establishment of Zinc-Poly-metallic Ore Body of Tongkeng Mine[J]. Xinjiang Geology, 2012, 30(2): 235-237. (in Chinese)
- [13] 钟德云, 胡柳青. 利用 3DMine 软件进行露天矿境界优化[J]. 金属矿山, 2012(1): 128-130.
- ZHONG Deyun, HU Liuqing. Optimization of the State of Open-pit Mine by Using 3DMine Software [J]. Metal Mine, 2012(1): 128-130. (in Chinese)

Optimum method of excavating and filling earthwork by 3D mine software

TIAN Chang-gui, ZHU Zhi-lin, XIAO Xue, HUANG Liang-qu, LI Ming, WANG Zheng-dong

(School of Environment and Civil Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Aimed at the disadvantages of traditional methods, such as complicated operation, long construction period and high investment, four optimum filling earthwork methods of triangulation, grid, section and regional earthwork balance by 3D mine software(3Dmine) were proposed under the influence of terrain, landform, rock type, underground obstacles, original elevation, design elevation, engineering geology. Firstly, the two intersecting faces of 1.3 dm and 2.3 dm which need to excavate and fill were designed on specific off-site surface, and the closure of intersection line 3 ds between the two faces was generated. Secondly, visual three-dimensional model between face 1.3 dm and face 2.3 dm was established. Thirdly, the detailed three-dimensional model of excavating and filling earthwork was designed after three-dimensional model was respectively optimized using principle of line distribution structure and density, principles of calculus, principles of strip zone and roads. It improves the calculation accuracy, which increases the three-dimensional effect, simplifies construction process, shortens construction period, and reduces investment.

Key words: 3Dmine; excavation and embankment volume; three-dimensional modeling; optimization method

本文编辑: 龚晓宁