

内蒙古吉林郭勒二号露天煤矿真三维实体模型构建^{*}

白润才¹ 李成盛^{*,1} 刘光伟¹ 贺俊梅²

(1. 辽宁工程技术大学矿业学院, 阜新 123000; 2. 辽宁工程技术大学环境科学与环境工程学院, 阜新 123000)

摘要: 内蒙古吉林郭勒二号露天煤矿真三维实体模型是数字矿山的一个应用。以 AutoCAD 作为平台, 根据露天煤矿现场实际测量数据 1:1 比例进行数字建模。通过运用 AutoCAD 的图形绘制、处理和三维可视化显示技术, 形象、立体地展现矿山工程的空间数据规律, 为露天煤矿的准确、安全、高效生产发挥着重要作用。

关键词: 露天煤矿; 数字矿山; 真三维实体模型

中图分类号: TD824 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1006-6055.2013.05.008

Real Three-dimensional Solid Model Building for Inner Mongolia Jilin Guole 2 Open-pit^{*}

BAI Runcai¹ LI Chengsheng^{*,1} LIU Guangwei¹ HE Junmei²

(1. College of Mining, Liaoning Technical University, Fuxin 123000;

2. College of Environmental Science and Environmental Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000)

Abstract: The open-pit real three-dimensional solid model is an application of digital mine. AutoCAD is used as a platform, according to the actual measurement data of the open-pit site, digital modeling is carried out in accordance with the 1:1 ratio. Through the use of AutoCAD graphics, image processing and 3D visualization display technology, the spatial data mining project is shown regularly, vividly and visually, playing an important role in the accurate, safe and efficient production of the open-pit.

Key words: open-pit; digital mine; the real three-dimensional solid model

1 引言

矿产资源是国家发展的根基, 能源资源是发展的动力。在我国, 煤炭是最主要能源之一, 也是最丰富的能源之一。建设数字化矿山已成为我国当前矿业领域研究的焦点, 带领矿业发展翻开了一个崭新的篇章。1998 年“数字地球”的概念首次诞生后, 第二年“数字矿山”的概念就在首届国际数字地球大会上被提出, “数字中国”、“数字城市”、“数字企业”等随之应运而生。数字矿山作为数字地球、数字中国的一个重要组成部分, 在矿山开采行业中发挥着极其重要的作用^[1]。

随着三维建模理论与技术的逐步成熟, 三维虚拟可视化矿山模型的构建已可实现。用传统的二维等高线、平面图形、地形地貌符号、数字标注、及汉字解释等来表示矿山采场现状特征, 直观感差、效率低, 没有空间立体概念, 目前已经无法满足矿山合理规划、各工程设计及动态优化的需要。矿山三维虚拟可视化技术是指在计算机上对数字地面模型中的地形数据实时地进行三维逼真显示、模拟仿真、虚拟现实和多分辨率表达等内容的一项关键技术, 在矿山设计及工程管理中具有广泛的应用前景^[2]。

2 露天煤矿真三维实体模型介绍

露天煤矿真三维实体模型源于虚拟现实技术, 以矿山真三维动态实体模型为基础, 将露天矿山虚拟在一个真三维环境中, 表达复杂的地下三维地质与工程问题及进行矿山空间分析, 包括复杂地形、地质矿体、断层、褶皱等不连续体的真三维建模、三维可视化等, 采用动态和交互的方式, 实现露天煤矿三维可视化^[3]。具有形象、直观、准确、动态、信息丰富

等特点, 有助于改进采矿工作者对地质数据的理解, 提高信息的利用率和空间分析能力, 提高开采设计和生产计划精准性的功能^[4]。同时该实体模型的构建可以为实现数字可视化、技术装备智能化、信息传输网络化与资源高度共享化提供模型基础。

以内蒙古吉林郭勒二号露天煤矿为工程实例, 进行三维可视化建模。实体模型的构建以 AutoCAD 为软件平台, 应用数字化露天煤矿三维构模技术, 构建了露天煤矿真三维实体模型^[5]。给用户提供一个动态、直观、立体的数字化露天煤矿, 用真三维的空间视角认识露天煤矿采场的形态。三维虚拟可视化可以将计算结果用图形或图像形象直观地显示出来, 使许多抽象的、难于理解的原理和规律变得容易理解, 使许多冗繁而枯燥的数值计算变得生动有趣。模型既可用于现场应用, 也可用于课堂教学, 具有较强的理论意义和实用价值。

3 露天煤矿真三维模型的构建

模型的构建以 3D Mine 矿业工程软件、AutoCAD、Microsoft Office、SMCAD(辽宁工程技术大学露天研究所自主研发)等矿用软件混合建模, 采用了露天煤矿真三维实体耦合构模技术, 将地形模型、地质模型、机械模型有机组合而成, 即在地形实体模型和地质实体模型建立的基础上, 通过两两之间的实体布尔取舍运算, 实现几何无缝拼接, 再按照采场实际情况把各个机械实体模型放置在相应的位置。模型构建的数据主要来源于内蒙古吉林郭勒二号露天煤矿地形等高线、煤层顶底板等高线、采、剥工程位置平面图、台阶线、测量验收数据、露天矿山机械设备参数等。

具体建模流程如下:

1) 根据露天煤矿的地质构造与煤层产状、工程地质与水文地质条件、煤质以及勘探程度等几个方面对该露天煤矿的地质特征进行了归纳总结。在此基础上, 按照“分析数据表

^{*} 辽宁省教育厅科学研究一般项目(L2011051)资助

^{**} E-mail: licsaass@163.com; Tel: 15241888243

结构——建立空数据库——录入数据”的流程,构建地质数据库,实现地质数据库的三维显示与数据提取功能。

2)以地质数据库为基础,进行矿山三维建模与可视化研究,主要通过空间插值技术、三角网、三维地形模型的构建、矿床实体模型的构建及布尔运算(交、差集)的应用来构建集成模型。

3)在集成模型上加入卡车,凿岩机,电铲,推土机等采矿机械模型,使整个模型更加贴近于露天煤矿的实际生产情况。

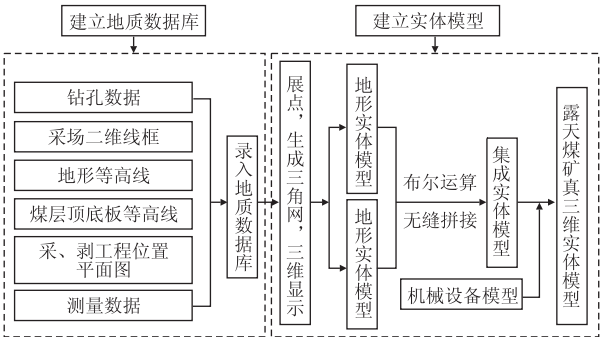


图1 建模流程图
Figure 1 Modeling flow chart

3.1 地形实体模型

地形实体模型包括原始地形和采场现状两部分。首先完成对露天煤矿采、剥工程位置平面图的初步转化,提取平面图上关键点的数字高程对台阶坡顶线、台阶坡底线进行赋高程(如图2所示),利用采场平面及三维点、线生成三角网(如图3所示),最后利用面模型拉伸形成实体的方法构建三维地形实体模型(如图4所示)。构建地形三角网采用带约束条件的不规则三角网法^[6],首先生成无约束的三角网,再以地形等高线、台阶线作为强约束限制,对无约束的三角网进行剖分,建立露天矿地形面模型^[7]。

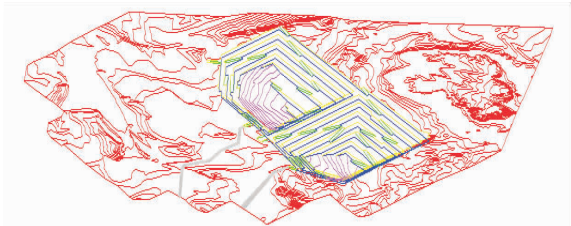


图2 台阶线和地形等高线
Figure 2 Step line and topographic contours

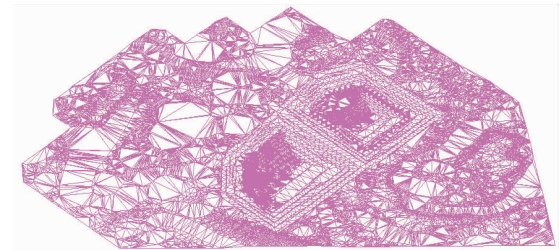


图3 台阶线和地形等高线生成三角网
Figure 3 Step line and topographic contours to generate a triangular net

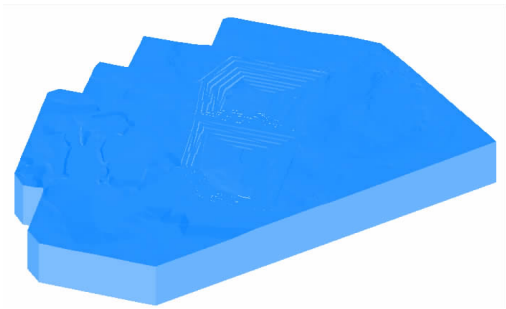


图4 露天煤矿采场实体模型
Figure 4 Open pit mining field solid model

3.2 地质实体模型

按照多层 DEM 的建模思想,构建煤层的顶、底板面模型;利用顶底板的自然边界创建侧面模型;再将上述面模型缝合成实体包络面模型;最后通过包络面固化成体技术构建地质实体模型^[8]。

首先连接地质数据库,提取钻孔数据获得煤层顶、底板数据点,将有煤层的边界钻孔用闭合三维多段线连接,形成建模区域多边形;利用距离幂次反比法^[9]对数据点进行内插值,并以断层线作为约束线^[10],建立煤层顶、底板面模型;裁剪掉建模区域以外的多余三角网,生成煤层顶、底板面模型的边界线;根据煤层顶、底板面模型的边界线生成煤层的侧面模型;最后将三者进行合并,生成地质的实体模型(如图5所示)。



图5 三维渲染后的4煤、5煤实体模型
Figure 5 3D rendered solid model of 4-coal and 5-coal

3.3 其他模型

包括机械设备、人物、房屋、交通线路及交通设备等辅助模型,主要采用布尔运算及 AutoCAD“定义块”功能来共同实现。基本面模型采用 3D MAX 制作^[11],通过布尔运算实现基本模型的拼接组合,另存为外部块,利用 AutoCAD 插入外部块的方式将其导入采场模型(如图6、图7所示)。

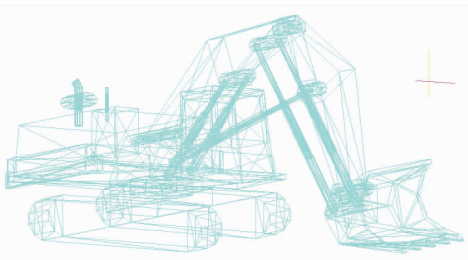


图6 装载机二维线框模型
Figure 6 2D wireframe model of loaders

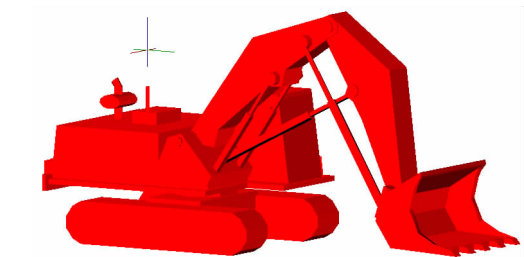


图 7 装载机三维实体模型
Figure 7 3D solid model of loaders

3.4 露天煤矿真三维实体模型的实现

在地形实体和地质体实体模型建立的基础上,以地形实体模型为基态模型,先与主要地质体作布尔干涉运算,得到境界内的地质实体,然后将露天煤矿采场现状实体作为基态实体,与主要地质体做布尔差集运算,形成基岩实体模型,再将境界内的煤层实体进行“反插”,进而共同构建出露天煤矿三维集成模型^[5](如图 8 所示)。



图 8 布尔干涉运算后的 4 煤、5 煤实体模型
Figure 8 4-coal and 5-coal solid model after boolean operation

在露天煤矿三维集成模型构建完毕的基础上,把各机械及其他模型按照采场内开采工艺实际的工程位置,移动到集成模型上相应的特征点,以演示露天采矿工艺的各个环节(如图 9、10 所示)。

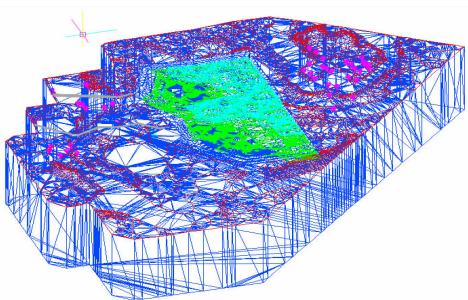


图 9 二维线框下的集成模型
Figure 9 2D wireframe integrated model

4 结论

本文以内蒙古吉林郭勒二号露天煤矿采场现状为例,详细介绍了露天煤矿真三维实体模型的构建与应用。
1)以 AutoCAD 为软件平台,应用数字化露天煤矿三维构模技术,构建了地形模型、地质实体模型、集成模型、机械设备模型及其他辅助模型。实现了露天煤矿的三维可视化,

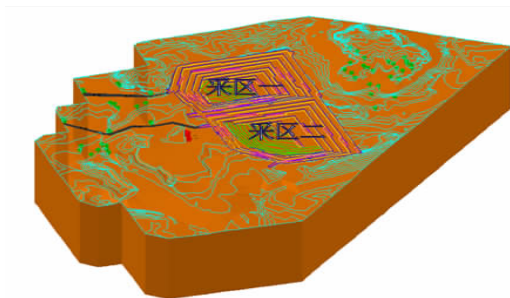


图 10 三维渲染的集成模型
Figure 10 3D rendered integrated model

能够更加形象、立体的表达矿山地形地质数据的空间关系。
2)实体模型的基本及拓展功能:直观、形象地表达穿爆、采装、运输等露天开采工艺;实现模拟开采、工程模拟、方案优化、产量估算及系统管理;是数字化矿山技术的一个基础应用,为数字矿山进行三维特征分析、矿岩量计算、分析研究优化开采工艺和设计方案以及制定环境综合治理方案等提供可视化模型。
3)实体构模方法创新性:应用三维构模技术、可视化技术、CAD 辅助设计、DEM 建模思想及空间插值法;建模方法简单、思路清晰、算法设计容易实现,不规则实体的自动计量快速而精确;既适用于教学,又适用于露天煤矿企业使用,具有广泛的推广与应用前景。

参考文献

[1]吴立新,殷作如,邓智毅,等.论 21 世纪的矿山——数字矿山[J].煤炭学报,2000,25(4):337-342.
[2]刘光伟,白润才,曹兰柱,等.基于多层 DEM 的露天矿三维地质模型构建及其应用[J].煤炭工程,2010,382(9):73-75.
[3]刘光伟.数字化露天矿虚拟开采模型构建技术及应用研究[D].阜新:辽宁工程技术大学,2007.
[4]毕林,王李管,陈建宏,等.基于 CDT 与布尔运算的露天矿三维建模[J].辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2009,28(4):529-532.
[5]刘光伟.基于 VBA 的 AutoCAD 二次开发在露天矿床建模中的应用研究[D].阜新:辽宁工程技术大学,2007.
[6]史文中,吴立新,李清泉,等.三维空间信息系统模型与算法[M].北京:电子工业出版社,2007.
[7]陈世乾,魏春启,高永利.顾及台阶属性 Delaunay 三角网形成方法的研究[J].露天采矿技术,2007,(4):45-53.
[8]刘光伟,白润才,曹兰柱,等.基于 AutoCAD 的露天矿三维地质模型的三维可视化构建方法[J].世界科技研究与发展,2008,30(6):758-760.
[9]宋子岭.现代露天矿设计理论与方法研究[D].阜新:辽宁工程技术大学,2007.
[10]王李管,曾庆田,贾明涛,等.复杂地质构造矿床三维可视化实体建模技术[J].金属矿山,2006,(12):46-74.
[11]孙倩.基于 3D MAX 的三维建模及其在 Virtools 环境中的应用[J].中国科技信息,2008,(12):94-95.