

doi : 10. 3969/j. issn. 1005 - 3026. 2016. 10. 023

采空区三维实体模型的交互接口技术

秦亚光,罗周全,周吉明,汪 伟
(中南大学 资源与安全工程学院,湖南 长沙 410083)

摘 要: 为完善自主研发的采空区三维建模可视化集成系统数据输入输出功能结构,以及实现集成系统与主流三维矿业软件间的实体模型数据交互,设计了集成系统实体模型数据接口功能.在解析三维实体模型 3dm、dat 及 dtm 文件数据结构及总结其数据存储规律基础上,研究开发了基于该三种实体模型文件的集成系统实体模型数据接口.应用结果表明,该数据接口有效实现了集成系统与 Surpac 等三维矿业软件间采空区三维实体模型的交互与共享,进一步完善了集成系统文件数据输入输出功能,提高了其应用价值,同时为该类型文件格式的研究提供了有益借鉴.

关 键 词: 采空区;可视化集成系统;三维实体模型;交互接口;数据结构

中图分类号: TD 76 文献标志码: A 文章编号: 1005 - 3026(2016)10 - 1474 - 06

Interaction Interface of Three Dimensional Entity Model for Goaf

QIN Ya-guang, LUO Zhou-quan, ZHOU Ji-ming, WANG Wei
(School of Resources and Safety Engineering, Central South University, Changsha 410083, China. Corresponding author: QIN Ya-guang, E-mail: csuqyg@163.com)

Abstract : In order to further improve the self-developed functional structure and application of 3D modeling visualized integrated system of goaf and to realize the data of 3D entity model docking between the system and popular 3D mining software, the data interface function for entity model in integrated system was designed. The functional structure of data interface for entity model in integrated system was developed on the basis of analysis on data structure storage rule of 3dm, dat and dtm files. Practical application showed that the interaction and share of goaf's 3D entity model between integrated system and other 3D mining software could be achieved effectively, and the input and output functions of model data in integrated system are further improved and its application value is enhanced. Meanwhile, the analysis can provide great reference to further study the format of these three files.

Key words : goaf; visualized integrated system; 3D entity model; interaction interface; data structure

矿山深部资源开采形成的采空区是矿山主要灾源之一^[1],在有效探知其空间位置及三维形态等相关信息的基础上,精确构建其三维可视化模型是实现采空区安全管理和控制的重要基础性工作之一^[2].当前,采空区三维模型构建采用的三维矿业软件主要有 Surpac、3DMine 及 Dimine 等,这些软件由于其良好的三维可视化环境及其可操作性,在矿业领域取得了广泛的应用^[3-4].

采空区三维建模^[5]可视化集成系统(以下简称集成系统)是由作者所在团队自主研发的,集采空区三维建模、信息管理及可视化安全分析与计算等功能于一体的集成系统,与当前主流的矿业三维软件相比,其在采空区三维建模、可视化安全管理与分析方面具有独特优势.实现集成系统与主流三维矿业软件间的三维实体模型数据交互,能够进一步完善其数据输入输出功能、提高其应用价值,具有重要现实意义.

3dm、dat 文件及 dtm 文件是主流三维矿业软

件,常用于保存三维实体数据的文件格式,它们既可以实现与其他图形格式文件的数据交换,也可以从中直接提取所需数据,但当前极少有针对其数据存储结构及规律进行的研究.本文在深度分析实体模型 3dm、dat 及 dtm 文件数据存储规律的基础上,研究开发了集成系统实体模型数据接口,实现了集成系统与主流矿业软件间的实体模型交互与共享.

1 接口功能及开发方法

集成系统实体模型数据接口的开发是以实现集成系统与 Surpac、3DMine、Dimine 等主流三维矿业软件间三维实体模型交互为目的,其主要包

含三个功能:三维实体模型 3dm 文件数据读取及文件生成;三维实体模型 dat 文件数据读取及文件生成;三维实体模型 dtm 文件数据读取及文件生成.集成系统三维实体数据接口的功能结构如图 1 所示,其开发主要按照接口功能设计、接口文件的选取及解析、接口文件数据读取、接口文件生成和应用验证的技术路线实现,参见图 2.

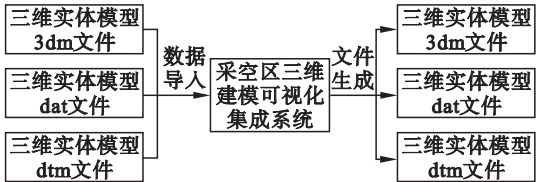


图 1 集成系统三维实体数据接口功能
Fig. 1 Functions of data interface about 3D model in integrated system

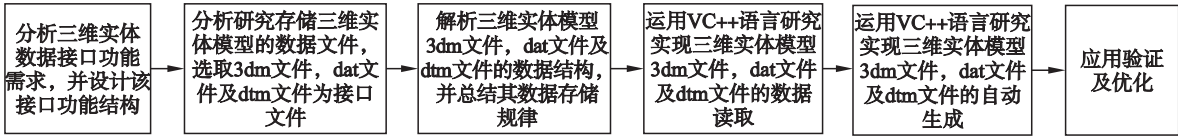


图 2 三维实体数据接口开发技术路线
Fig. 2 Technical route of developing data interface of 3D model

2 接口文件存储数据结构

接口文件的选取是决定接口研究难易程度及应用广度的重要环节之一,需要考虑三个方面的内容^[6-7]:文件数据存储规律是否便于解析,文件数据读取与写入难易程度及文件应用广度.在整理分析当前主流三维实体模型存储文件格式(如表 1)的基础上,综合考虑上述三方面影响因素,选取 3dm、dat 及 dtm 三种三维实体模型文件作为实体模型数据接口文件(dxfl 文件已作为集成系统 CAD 接口文件实现了其读写操作),通过这三种文件格式能够有效实现集成系统与主流三维矿业软件间的实体模型数据交互.

表 1 主流三维矿业软件支持的三维实体文件格式 Table 1 File formats about 3D entity in different 3D mining software	
三维矿业软件	支持三维实体文件格式
Surpac	dtm、dat、dxfl、dwg、
Datamine	dat、dtm、3dm、dxfl、dwg
3DMine	3dm、dtm、dxfl、dwg、stl
Dimine	dtm、dxfl、dwg、dat、dm
Minesight	dtm、dat、dxfl、
Micromine	dtm、dat、dxfl、dwg

2.1 3 dm 文件数据存储结构解析

3 dm 文件作为一种常见的三维数据文件格式能够被 Datamine、3DMine、3DMax 等主流三维软件所识别,其具有广泛的应用性.通过解析明码 3dm 文件数据结构可以看出,该格式三维数据文件主要由三个部分构成:文件信息、点云信息及实体三角面片信息.文件信息主要介绍文件的存放路径、文件类型及文件版本等信息;点云信息包含构成实体模型的所有空间点的三维坐标信息,三列数据分别对应点的 X、Y、Z 坐标值;实体三角面片信息中每一条记录对应一个三角面片,包含了构成三维实体模型的所有三角面片信息,三列数分别对应三角面片的第一顶点序号、第二顶点序号及第三顶点序号,该序号为顶点在点云信息中的顺序号.三维实体模型 3dm 文件的数据存储结构如表 2 所示.

2.2 dat 文件数据存储结构解

三维实体模型 dat 文件能够被 Surpac、Datamine、Minesight 和 Micromine 等主流矿业软件识别,其在存储三维实体模型数据过程中分为 pts.dat 和 tri.dat 两类文件格式,分别存储了不同数据信息.

表 2 3dm 文件数据存储结构
Table 2 Data storage structure of 3dm file

数据存储结构	注释
C :\Users\PR04JS\Desktop\0. 3dm , 3DMine Solid File file_version = 3DMine_2009	文件信息 文件路径及文件版本信息
4 227. 384 00 2 562. 077 00 , -746. 984 00 , 4 227. 430 00 2 562. 153 00 , -746. 990 00 , 4 227. 460 00 2 562. 219 00 , -746. 996 00 ,	点云信息 实体模型中所有空间点的三维坐标值
solids 1 0 1. 00 1. 00 0. 00 0. 00 0. 00 0. 00 , valid angle angle , < >	三角面片信息 描述三维实体模型信息
302 0 #55 0 1 303 1 2 304	一条记录对应一个三角面片 , 三列数字分别对应三角面片三个顶点在点云信息中的顺序号
End	文件结尾

_pts. dat 文件主要存储构成三维实体模型的所有空间点信息 , 其主要包含文件信息和点云信息. 文件信息包含了该文件的创建软件及创建时间 , 文件包含的 5 个变量及变量存放占据位置长度、变量保留小数位 ; 点云信息作为该文件的核心

主要用以存储空间点的有关信息 , 其主要由五列数据构成 , 前三列按顺序分别存储了空间点的 X , Y , Z 坐标值 , 第四列为空间点所在的线串编号 , 第五列为空间点所在线段的编号. _pts. dat 文件数据存储结构如表 3 所示.

表 3 _pts. dat 文件数据存储结构
Table 3 Data storage structure of _pts. dat file

_pts. dat 数据结构	注释
Created By Surpac 27 - Jun - 14 5 VARIABLES X N 16 3 Y N 16 3 Z N 16 3 NAME C 4 0 CODE C 4 0 4 227. 328 2 561. 995 -746. 978 1 0 4 227. 384 2 562. 077 -746. 984 1 0 4 227. 430 2 562. 153 -746. 990 1 0	创建文件信息及包含的变量数量及变量信息 前三列数分别是点的 X , Y , Z 值 , 第四列数字为点在线串编号 , 第五列数为所在线段编号

_tri. dat 用以存储构成三维实体模型的所有三角面片信息 , 其分为文件信息和三角面片信息. 文件信息包含文件类型 , 文件四个变量及变量存放占据位置长度、变量保留小数位 ; 三角面片信息包含四列数据 , 其中第一列数据表示三角面片的编号 , 后三列分别是构成三角面片的三个顶点在 _pts. dat 文件中的顺序号. _tri. dat 文件数据存储结构如表 4 所示.

2. 3 dtm 文件数据存储结构解析

dtm 文件即数字地形模型文件能够被 Surpac , Dimine , 3DMine 等主流三维矿业软件识别^[8 - 10] , 是实现三维实体模型数据存储的最主要文件格式之一 , 其在存储三维实体模型数据过程

中同样将所有空间点的三维坐标数据和三角面片的构成、空间位置信息分别进行了存储 , 其中实体模型空间点三维坐标信息存储于 dtm 文件对应的 str 文件中 , 三角面片的构成及空间位置信息存储于 dtm 文件中. 因此 , 解析 dtm 文件的数据存储结构主要包括两方面的工作 : 对应 str 线文件的数据存储结构解析 , dtm 文件的数据存储结构解析.

str 线文件是 Surpac 等矿业软件用以存储线条、线段的文件格式 , 其数据存储结构分为文件信息及线段信息. 其中文件信息主要为文件的生成信息及来源信息 , 线段信息包含四列数据 , 第一列数据为空间点所在线串编号 , 后三列数据分别为空间点的 X , Y , Z 坐标数据 “ 0 , 0. 000 , 0. 000 ,

0.000,”表示一条线段的结束。str 线文件的数据 存储结构如表 5 所示。

表 4 _tri.dat 文件数据存储结构
Table 4 Data storage structure of _tri.dat file

_tri.dat 数据结构				注释
Triangles file				
4 VARIABLES				
TriangleId	N	6	0	三角形文件及包含的变量数量及变量信息
PointId1	N	6	0	
PointId2	N	6	0	
PointId3	N	6	0	
0	342	1	685	第一列数字为三角形的编号 ,后面的三列数字分别是构成点在点信息文件中的点的排序号
1	1	2	344	
2	2	3	345	

表 5 str 文件数据存储结构
Table 5 Data storage structure of str file

str 数据结构	注释
54 - ,05 - Mar - 08 ,3DM from CMS survey , 0 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000	文件属性部分 描述文件的生成时间及来源
12 #25.660 ,4 450.212 , -746.357 , 12 #25.733 ,4 450.177 , -746.365 , 12 #25.813 ,4 450.150 , -746.375 ,	单个线段数据存储结构 包含构成该线段的所有空间点的坐标信息 第一列数为空间点所在线串编号 后三列数分别对应空间点的 X ,Y 和 Z 值
0 ,0.000 ,0.000 ,0.000 ,	
0 ,0.000 ,0.000 ,0.000 ,END	str 文件包含的所有线段信息 str 文件结尾

dtm 文件用以存储实体模型的三角面片数据信息 ,其结构分为文件信息及三角面片信息。其中三角面片信息包含三维实体模型的所有三角面片信息 ,文件每一行记录对应一个三角面片 ,且文件由七列数据构成 ,第一列数据为三角面片序号 ,第

二至四列数据为三角面片三个顶点在 str 线文件中的顺序号 ,后三列数据为该三角面片在空间上相邻的三个三角面片序号。dtm 文件的数据存储结构如表 6 所示。

表 6 dtm 文件数据存储结构
Table 6 Data storage structure of dtm file

数据存储结构	注释
3 - 4. str 0459861800 algorithm = standard fields = x y 0 ,0.000 ,0.000 ,0.000 ,END	文件头部 对应 str 线文件及计算转化信息
OBJECT ,1 , TRISOLATION , 1 , neighbours = yes , validated = true , closed = yes , direction = solid	实体编号及实体性质注释
1 ,305 ,3 ,934 ,46 494 ,2 ,269 , 2 ,3 ,4 ,934 ,46 495 ,3 ,1 ,	构成实体的所有三角面片信息 ,每行记录对应一个三角面片 ,第一列数字为三角面片编号 ,第二至第四列数字为三角面片构成空间点序号 ,第五、六、七列数字为对应顺序的三个相邻三角面片序号。
47 103 ,47 319 ,47 320 ,47 324 ,46 492 ,47 104 ,47 102 , 47 104 ,47 320 ,46 977 ,47 324 ,46 493 ,46 762 ,47 103 ,	
END	dtm 文件包含的其他实体数据信息 dtm 文件结束

3 三维实体模型交互接口开发

以 Microsoft Visual Studio 2010 作为开发的工具,运用 Visual C++ 编程语言设计开发了基于 3dm 文件、.dat 文件及 .dtm 文件的实体模型数据接口,实现了采空区可视化集成系统与 Surpac, 3DMine, Dimine 等主流三维矿业软件间的三维实体模型交互与共享. 该三维实体模型数据接口的开发分为两个方面:接口文件数据读取功能的开发及接口文件生成功能的开发.

通过解析三维实体模型 3dm, .dat 及 .dtm 文件的数据存储规律发现,这三类文件在存储实体模型数据时均将模型空间点坐标信息及实体模型三角面片信息分别进行了存储,因此,将读取接口文件存储数据信息的过程分为三个步骤:从接口文件点云信息部分中读取所有空间点三维坐标信息,并按照读取顺序存入点 Vector 容器中;从接口文件实体三角面片信息部分读取每一个三角面片三个顶点的序号等信息;根据读取的三角面片顶点序号,从点 Vector 容器中提取对应点的三维坐标信息,将数据信息整理后保存于新定义的三角面片 Vector 容器中,并将该数据容器提供给集

成系统实现三维模型的构建.

生成三维实体模型 3dm, .dat 和 .dtm 文件过程中,数据写入主要分为两个步骤:实体模型中所有空间点三维坐标信息数据写入及实体模型中所有三角面片信息数据写入. 当以 3dm 文件存储三维实体模型数据时,所有数据信息写入同一文件对应位置;当以 .dat 文件存储三维实体模型数据时,所有空间点云数据信息写入 _pts. dat 文件中,所有三角面片数据信息写入 _tri. dat 中;当以 .dtm 文件存储三维实体模型数据时,所有空间点云数据信息按照线文件数据存储格式写入对应 str 文件中,所有三角面片数据信息写入 dtm 文件中. 通过集成系统三维实体模型数据接口文件的数据读取及生成功能,能够有效实现集成系统与 Surpac, 3DMine, Dimine 等主流矿业软件间的三维实体模型交互与共享,已知某采空区长 62.5m,宽 10m,高 24.8m,采空区空间点云数据为 26 858 个,通过该数据接口实现交互的矿山某采空区三维实体模型在集成系统与 Surpac, 3DMine 及 Dimine 软件中的显示效果如图 3 所示. 由图 3 可知,通过集成系统接口生成的 .dtm 文件在 Surpac, 3DMine, Dimine 等主流矿业软件中都能够正确显示,显示效果良好并能够进行相关计算.

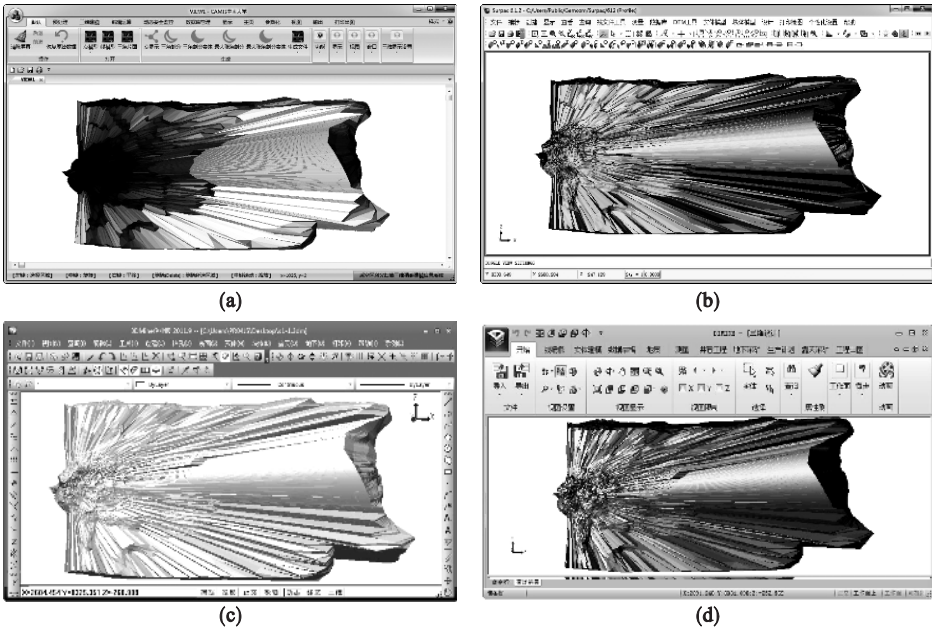


图 3 采空区三维实体模型
Fig. 3 3D entity model of goaf

(a)—集成系统;(b)—Surpac;(c)—3DMine;(d)—Dimine.

4 结 论

1) 在数据接口功能需求分析的基础上,设计

了采空区三维建模可视化集成系统实体模型接口功能,并提出了其有效开发方法;在对比分析主流三维实体模型文件特征的基础上,选取了目前应
(下转第 1490 页)