

煤层工作面三维地质建模

于 坤, 张亚伟

安徽理工大学, 安徽 淮南

收稿日期: 2022年12月10日; 录用日期: 2023年1月11日; 发布日期: 2023年1月19日

摘 要

煤层工作面模型的构建是煤炭智能开采的研究热点, 是复杂构造煤层开采的重要手段。以往三维煤层建模方法无法准确表达复杂煤层工作面异常地质构造, 本文基于进风、回风巷道地质揭露数据、钻孔测量数据, 构建高精度煤层工作面复杂构造模型。该方法能够有效构建工作面煤层揭露断层, 陷落柱异常地质构造, 为安全、高效采掘工作提供地质保障。本文通过对煤层工作面模型实例研究, 说明了所提出的方法。

关键词

煤层工作面, 三维地质建模

3D Geological Modeling of Coal Seam Working Face

Kun Yu, Yawei Zhang

Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

Received: Dec. 10th, 2022; accepted: Jan. 11th, 2023; published: Jan. 19th, 2023

Abstract

The construction of the coal seam working face model is a research hotspot for intelligent coal mining and an important tool for mining complex tectonic coal seams. The previous 3D coal seam modeling method cannot accurately express the abnormal geological structure of complex coal seam working face, this paper constructs a high precision coal seam working face complex structure model based on the geological exposure data of inlet and return airway and borehole measurement data. This method can effectively construct the working face exposure, fold, washout zone and other bad geological anomaly areas, and provide a geological guarantee for safe and efficient mining work. In this paper, the proposed method is illustrated through an example study of

the coal seam working face model.

Keywords

Coal Seam Working Face, 3D Geological Modeling

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

国内外对三维地质建模及应用进行了大量研究,对建模所需要的三维数据结构进行了界定,将其划分为面模型、体模型和混合模型。与三维地质体建模不同,煤层工作面建模需要高精度、多源地质数据。高精度煤层工作面模型才能指导工作面进行实际开采,因此工作面模型的建立对于煤层体内异常地质分析,储量估值都具有重要指导意义。张小艳等[1]为直观展现采煤工作面煤层地质分布和煤岩体空间赋存状况,利用 UMDE-Kriging 空间插值算法结合规则格网法提出了一种基于 Three.js 技术和 Catmull-Rom 样条曲线构建煤层三维可视化模型。贾庆仁等[2]为了体现煤层动态变化的过程,提出了一种基于采样数据和普通克里金法对三角网节点的高程及厚度属性进行插值,用三棱柱作为实体填充,建立初始煤层模型后对初始模型进行动态修正的方法。刘万里等[3]为了体现煤层模型的动态变化,解决静态模型垂向分辨率较低的问题,提出一种煤层三维模型的动态精细修正技术,进而提升煤层三维模型局部精度,实现工作面的有限透明。肖静[4]为了提高煤层建模的精度,提出一种基于伪点剔除与四域样条插值的三维煤层精确建模算法,对于外界断层、岩层、地势起伏等具有很好的鲁棒性。提高了三维煤层建模的精度,并减少了数据计算量。荆永滨等[5]通过钻孔与煤层顶底板的交点对煤层边界线、断煤交线、无煤区边界线上点的高程值和煤层顶底板面上网格点的高程值进行插值,对已插值的内外边界线和网格点进行约束 Delaunay 三角剖分,建立了煤层顶底板表面模型,并对逆断层的重叠区域按上下盘分别进行断煤交线和网格点的高程插值及煤层表面建模,最终形成煤层三维模型。薛国华[6]为了体现煤层顶底板动态变化的过程,提高煤层顶底板高程的预测精度,提出一种基于透明地质的综采工作面三维煤层建模方法,获得更为精确的工作面动态三维煤层模型。但目前综采工作面三维煤层建模方法对于复杂地质构造的煤层工作面预测精度不高,难以满足采煤实际需求。基于以上分析,本文提出一种基于多源异构地质数据,利用离散平滑插值(Discrete Smooth Interpolation, DSI)算法结合规则网格法(Grid)构建高精度复杂构造、可移植、跨平台的煤层工作面模型,为采煤工作面开采掘进提供重要参考。

2. 煤层工作面模型三维构造关键技术

煤层工作面模型的构建取决于多源异构地质数据的整合。在工作面建模中使用两部分信息。

1) 区域地质和地球物理调查数据,包括钻孔、横截面和来自槽波地震勘探解释的煤层底板等高线图、煤层厚度等值线图。

2) 在煤矿开采阶段获得的煤层地质数据。包括煤层点观测和煤层工作面的地质素描图。根据数据不确定性性质,数据可分为两大类:软数据(即槽波地震勘探地解释数据,如异常地质区域解释数据、煤层底板等高线图、煤层厚度等高线图)和硬数据(即观测数据,如钻孔、煤层点观测和地质资料)。

煤层工作面三维建模在使用混合建模方法的基础上对硬数据和软数据进行数据融合,构建技术为多

源异构地质数据融合解释技术。工作面模型的建立需要对多源数据空间坐标系进行统一, 涉及到软数据和硬数据的初始坐标系融合。煤层工作面建模主要使用地质、地震资料完成对工作面异常构造的解释。工作面形成前后, 基于多源融合技术收集掘进巷道揭露的顶底板、煤厚和异常构造等地质信息; 以上述地质信息为约束, 对槽波地震勘探数据进行二次解释, 更准确地描述煤层顶底板空间形态和异常地质构造产状及分布范围。

3. 煤层工作面构造框架

复杂构造煤层工作面建模主要包括煤层顶底板和异常地质的构造。其中断层异常构造占据主要成分。模型构造框架如图 1 所示:

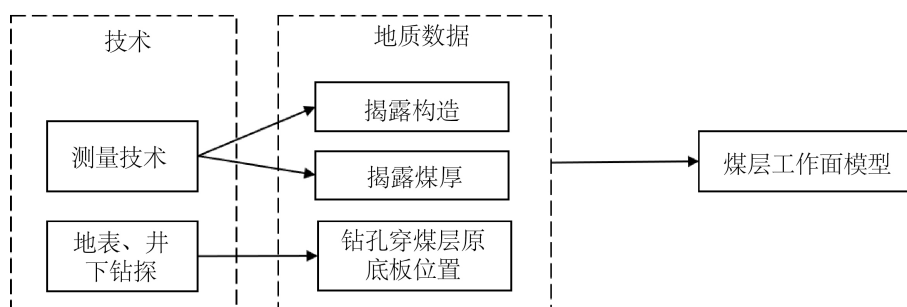


Figure 1. Coal seam working face model construction framework
图 1. 煤层工作面模型构建框架

基于工作面硬数据, 建立工作面初始模型。然后基于工作面软数据对初始模型进行约束, 综合分析异常类型及范围, 修正煤层空间构建模型, 显示出煤层揭露、隐伏断层、陷落柱等地质构造异常。经过硬数据和软数据的先后处理, 得到煤层工作面静态地质模型。

4. 煤层工作面实体建模及展示

1) 导入空间坐标系坐标统一后的硬数据和软数据。数据一般为点、线、面格式。

2) 确定工作面模型边界。边界的确定对于模型的建立至关重要, 根据巷道揭露数据及切眼数据约束工作面边界。此法对于煤层工作面模型边界构建较为精确。

3) 建立断层面

揭露断层的构建:

初始数据为巷道揭露断层倾角, 断层揭露线。选取揭露断层线与煤层顶板和底板的交点作为主要揭露断层构造点。

揭露断层面作为构造断层面, 解释断层几何形状, 同时也作为煤层面错动的约束条件。

4) 建立煤层面

煤层面的构建首先忽略断层对煤层顶底板的影响, 构建断层位移前的煤层面模型, 然后将煤层面建模解释为断面对初始煤层面的错动分割。

5) 生成实体

通过建立的煤层顶底面, 网格化实体。在煤层面无异常地质构造处使用六面体网格, 在属性变化较快区域如断层使用截断网格来反形态, 便于反应煤层体内地质异常, 以观察工作面实际情况, 指导工作面掘进作业。

6) 巷道的建立

根据地质勘探得到的硬数据, 即巷道进回风巷、切眼数据。提取出煤层侧巷道数据, 结合巷道宽度, 利用 Delaunay 三角剖分得到工作面巷道模型。

7) 煤层工作面模型展示

利用地质建模软件或三维可视化软件对工作面煤层模型展示。

5. 实例应用

本文以某工作面为例, 以地质勘探数据为基础, 进行复杂煤层工作面三维地质模型的构建。

1) 煤层顶板模型构建: 根据巷道煤层顶板揭露及切眼数据, 利用 DSI 算法结合 Grid 方法生成煤层顶板模型。如图 2:

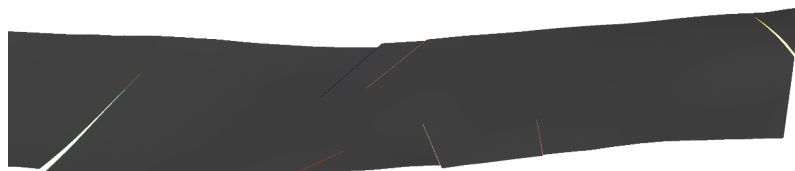


Figure 2. Model of coal seam roof
图 2. 煤层顶板模型

2) 煤层底板模型构建: 根据巷道煤层底板揭露、切眼数据及煤层底板等高线, 通过 DSI 算法结合 Grid 方法生成煤层底板模型。如图 3:

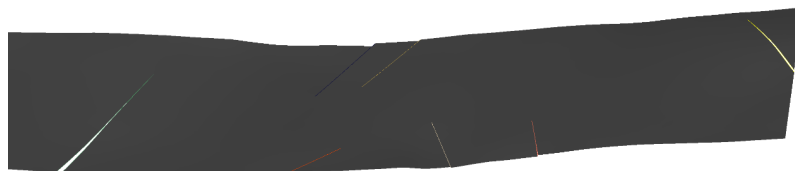


Figure 3. Model of coal seam floor
图 3. 煤层底板模型

3) 工作面断层构建: 根据主要揭露断层构造点, 运用 DSI 算法结合 Delaunay 三角剖分进行揭露断层面构建, 如图 4:

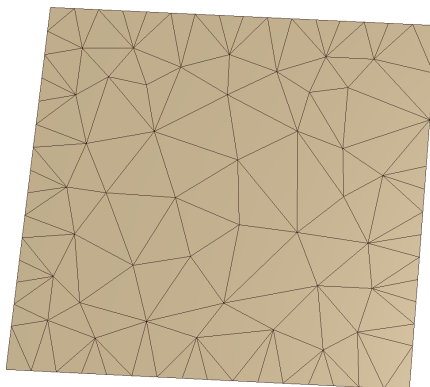


Figure 4. Exposed fault modeling
图 4. 揭露断层模型

4) 煤层工作面模型构建: 通过二次构建煤层顶底面对煤层实体进行生成展示, 如图 5:

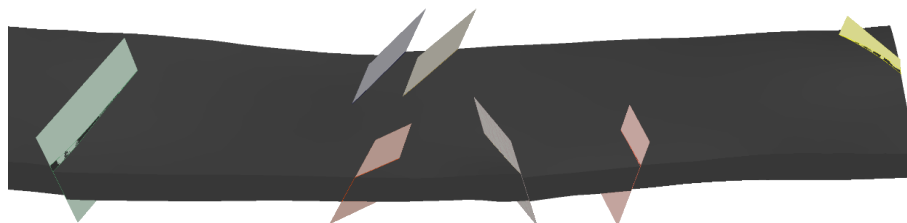


Figure 5. 3D geological model of coal seam working face

图 5. 煤层工作面三维地质模型

6. 总结

1) 基于独特断层面约束煤层顶底板构建方法能够有效反应煤层面断层构造异常。

2) 基于进回风巷地质数据、工作面切眼数据、钻孔测量数据, 应用离散光滑插算法(DSI)结合规则网格法实现了煤层工作面模型的建立。对煤层工作面的回采具有重要指导意义。

参考文献

- [1] 张小艳, 朱圣凯, 杨鑫磊. 采煤工作面煤层三维地质建模[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(10): 4049-4055.
- [2] 贾庆仁, 车德福, 李佳徐, 陈凯. 动态精化的煤层三维建模方法[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2018, 39(5): 726-730.
- [3] 刘万里, 张学亮, 王世博. 采煤工作面煤层三维模型构建及动态修正技术[J]. 煤炭学报, 2020, 45(6): 1973-1983.
- [4] 肖静. 基于伪点剔除与四域样条插值的三维煤层建模[J]. 科技通报, 2014, 30(12): 166-168.
- [5] 荆永滨, 杜学胜, 张瑞林, 孙光中. 复杂地质构造煤层三维模型自动构建技术[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2016, 35(3): 243-247.
- [6] 薛国华. 基于透明地质的综采工作面三维煤层建模[J]. 工矿自动化, 2022, 48(4): 135-141.