

基于 CMS 探测采空区建模与稳定性分析

李恒

文山麻栗坡紫金钨业集团有限公司南秧田钨矿

DOI:10.12238/gmsm.v7i11.2016

[摘要] 以南秧田钨矿老旧空区为工程背景,提出了一种CMS-3DMine-Rhino-Griddle-FLAC^{3D}耦合还原老旧空区真实形态以及三维精细化数值模型构建的方法。采用CMS空区激光扫描仪耦合数值模拟软件,建立数值模型,对老旧空区的应力分布、位移演化规律以及塑性区变形等方面进行了研究。结果表明,老旧空区顶板仅存在局部下沉,最大下沉量在6mm~11.5mm之间。底板略微鼓起,底板鼓起量在4mm~6.5mm之间。应力分布较为均匀,仅中部与两帮存在微小变化,顶底板应力最大值为2.5MPa。顶板存在局部塑性变形突出,整体塑性并未贯通。监测结果表明老旧采空区稳定性较好,为后期矿山综合治理提供一定的参考依据。

[关键词] 房柱法; 老旧空区; 耦合建模; 数值模拟; 空区稳定性

中图分类号: TD853.3 文献标识码: A

Modeling and Stability Analysis of Goaf Based on CMS Detection Technology

Heng Li

文山麻栗坡紫金钨业集团有限公司, Ltd.

[Abstract] Taking the old empty area of Nanwenhe tungsten mine as the engineering background, a CMS-3DMine-Rhino-Griddle-FLAC^{3D} was proposed a method of coupling to restore the real form of old empty area and three-dimensional refined numerical model construction. The numerical simulation software coupled with the CMS empty area laser scanner was used to establish a numerical model, and the stress distribution, displacement evolution law and plastic zone deformation of the old empty area were studied. The results show that the roof of the old empty area only has local subsidence, and the maximum sinking amount is between 6mm~11.5mm. The bottom plate is slightly bulging, and the bottom plate bulging amount is between 4mm~6.5mm. The stress distribution is relatively uniform, only the middle and the two gangs have a slight change, and the maximum stress of the top and bottom plates is 2.5MPa. The top plate has prominent local plastic changes, and the overall plastic deformation is relatively uniform. The monitoring results show that the stability of the old goaf area is good, which provides a certain reference basis for the comprehensive management of mines in the later stage.

[Key words] Room and Pillar Mining; Old empty area; Coupled modeling; Numerical simulation; Empty zone stability

引言

随着矿产资源的高强度开发,采用房柱式采矿法开采矿石的矿山,地下空区的面积也持续增加,大量的空区形成极大程度的影响着矿山安全生产^[1~5]。采空区稳定性的决定着矿山经济效益与人员作业安全^[6~7]。在采空区稳定性研究中,老旧空区稳定性的分析与评估较为少见,针对老旧空区稳定性评价是后续矿山综合治理以及地表塌陷灾害防治的主要组成部分。

近几年,国内外学者针对全面采矿法开采遗留采空区稳定性等相关问题进行了大量的研究工作,取得了丰富的研究成果。

谢伟^[8]等利用Mathews稳定性图解法理论模型对采空区稳定性进行了理论计算结合数值模拟法分析了采空区的稳定状态;贾会会等采用C-ALS三维激光扫描获取采空区数据点云,结合FLAC^{3D}进行采空区数值模拟,提出了一种C-ALS数据点云与FLAC^{3D}耦合建模的技术方法;王伟利用RMR分级法和Q系统分级法对各类型岩体进行评价分级,采用FLAC^{3D}软件对采空区形成过程及采空区稳定性进行模拟计算和预测分析;欧阳斌等将云模型和物元分析方法结合,提出采空区稳定性评估的云物元模型。针对采空区稳定性研究,学者通过不同研究方法进行了大量

的研究论证工作,研究成果为国内外矿山进行采空区综合安全治理提供了充实的参考依据。

综上所述,国内外学者对于采空区稳定性研究大部分集中于新形成或形成一段时间内的空区,此类空区稳定性与矿山后续安全生产密切关联。但随着矿山生产时间跨度的增长,老旧空区留存对于地表以及矿山综合治理带来极大的环保治理压力。故本文以南秧田钨矿老旧空区为工程背景,对该矿山老旧空区稳定性进行研究。研究结果以期能够为矿山后期老旧空区综合治理提供一定的参考依据。

1 工程概况

南秧田矿区主要采用全面采矿法,导致大量老旧空区的留存,尤其是早期民采和无序开采形成的空区。随着开采强度增加,老旧空区数量和范围逐年扩大,影响矿山整体规划。老旧空区与新空区相邻,且因开采年代久远,稳定性和地压现象尚不清楚,可能引发冒顶、矿柱失稳等灾害,威胁矿山安全。为此,本文通过三维精细化扫描和数值建模软件,分析老旧空区的形态和稳定性,以评估其安全性。

2 多种数值建模软件耦合建模方法

2.1 老旧空区形态特征获取

本文采用GeoSight公司CMS三维激光测量系统获取老旧空区特征,通过红外激光测距仪确定仪器位置。由于系统存在40°的扫描盲区,仪器扫描后旋转180°获取盲区数据。将数据导入3DMine软件处理,保留老旧空区轮廓。由于空区形态复杂,结合多种数值模拟软件进行分析。

2.2 老旧空区形态特征还原

根据CMS扫描仪以及3DMine矿业工程软件获取老旧空区基础线型文件进行空区三维形态还原。需要注意的是,由于3DMine矿业软件处理已获取线型文件存在局限性,故采用3DMine-Rhino耦合构建老旧空区形态特征,模型具体还原流程如图2所示。结合图1还原流程,构建原始老旧空区真实形态如图4所示。

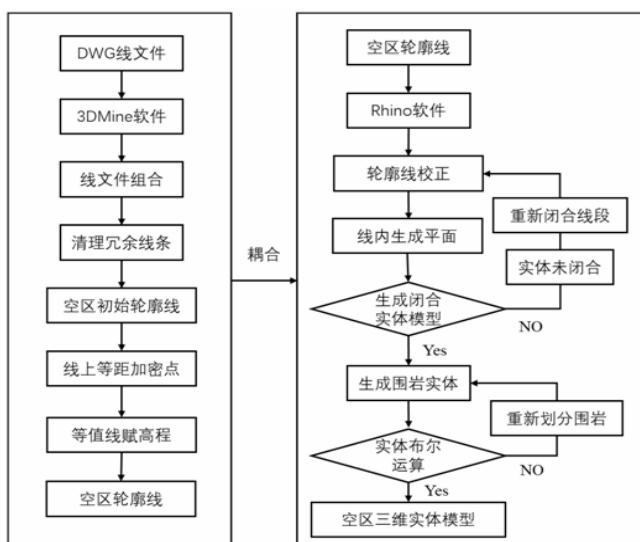


图1 老旧空区三维实体模型还原流程

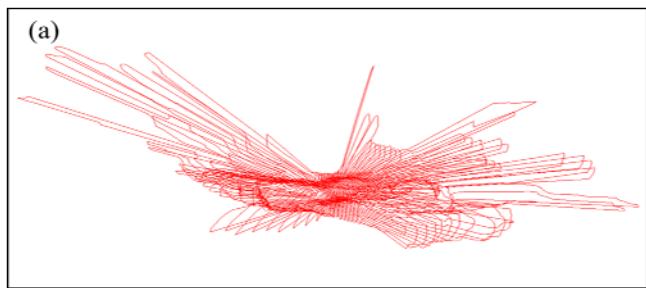


图2 空区三维模型构建

2.3 老旧空区形态特征优化

根据前述老旧空区实体模型构建,由于实际空区内存在部分渗水以及围岩裂隙等,CMS空区扫描仪发射出的激光会在水和裂隙区域出现散射,形成针状线,重构形成针状实体区域。此类型针状实体区域影响后期数值计算模型的生成。故本文基于已获取的真实三维空区实体模型进行形态优化。优化效果如图3所示。

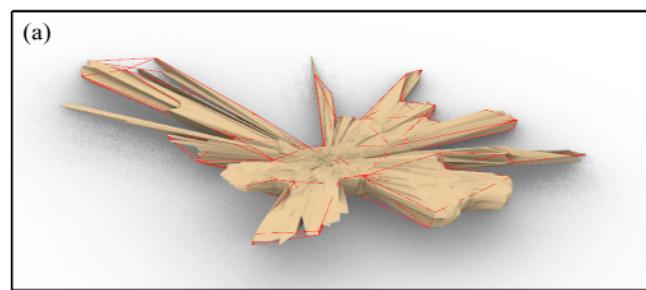


图3 老旧空区形态优化效果图

3 老旧空区数值模拟分析与评价

3.1 老旧空区数值计算模型构建

基于上述模型构建方法,将优化后的老旧空区模型置入围岩体内形成完整的数值计算模型。以FLAC^{3D}将老旧空区模型各未命名组重新划分命名,而后进行数值计算。本次模型设置尺寸(长×宽)为100m×100m,空区顶板至地表距离范围为400m~450m。空区模型共划分4548218个单元,789508个节点。计算过程中固定四周及底部边界,岩体力学参数如表1所示。

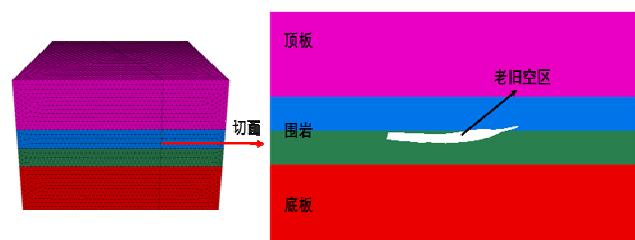


图4 老旧空区数值模型示意图

表1 岩石物理力学参数测试结果汇总表

| 岩石名称 | 容重(g/cm ³) | 抗拉强度(MPa) | 弹性模量(GPa) | 泊松比 | 抗剪强度参数 | |
|-------|------------------------|-----------|-----------|------|----------|---------|
| | | | | | 内聚力(MPa) | 内摩擦角(°) |
| 花岗斑岩 | 2.62 | 6.99 | 51.801 | 0.23 | 0.96 | 45.3 |
| 片岩 | 2.78 | 9.07 | 30.986 | 0.27 | 1.12 | 46.5 |
| 花岗片麻岩 | 2.63 | 7.67 | 54.045 | 0.26 | 0.67 | 36.5 |
| 砂卡岩 | 3.17 | 9 | 49.489 | 0.24 | 0.81 | 42.83 |

3.2 老旧空区数值模拟分析

图5为本次所研究的老旧空区位移演化与应力分布云图。从位移演化图中可以发现老旧空区顶板由左至右主要以深蓝色至青色变化为主, 围岩两帮以浅绿色为主, 空区底板以红色至橘色为主。这表明, 老旧空区顶板存在局部下沉, 下沉量在6mm~11.5mm之间, 底板鼓起量在4mm~6.5mm之间。其中顶板最大下沉量覆盖面积较小, 老旧空区顶板发生冒落的可能性较低, 底板鼓起量较低, 老旧空区整体稳定性较好。从应力分布图中发现老旧空区顶底板应力分布较为均匀, 仅中部与两帮存在微小变化。其中顶底板应力最大值为2.5MPa, 顶板应力值变化较小, 不易发生变形破坏, 老旧空区稳定性较好。

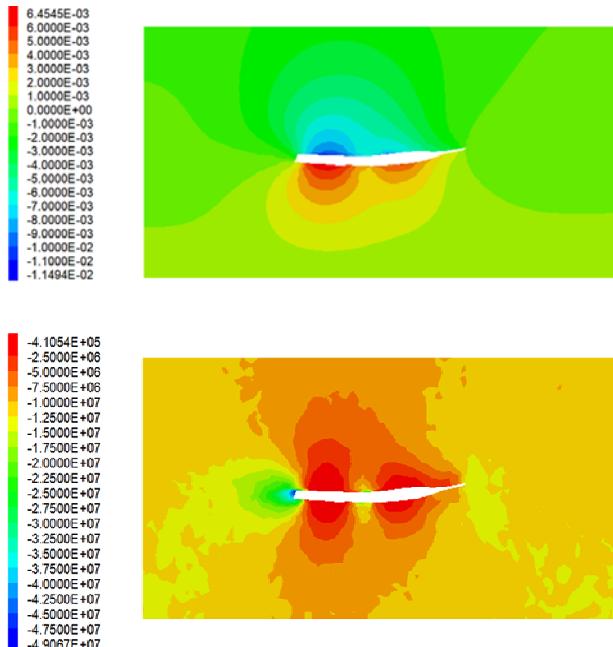


图5 老旧空区位移演化与应力分布

由图6老旧空区塑性区分布图可知, 老旧空区顶板存在局部塑性变形突出, 整体塑性并未贯通。空区中部及左帮发生小范围的剪切破坏。通过图7老旧空区顶板应力位移监测图可知, 随着计算时步的变化, 顶板监测点位移呈先升后趋平缓的规律, 而应力则呈先波动后平衡的规律。从顶板监测点数据可知, 老旧空区顶板最大下沉量为6.56mm。由老旧空区顶板位移变化量与应力

变化状态可知, 南秧田老旧空区赋存形态较为稳定, 空区稳定性较好。

None
tension-n tension-p
tension-p



图6 老旧空区塑性区分布

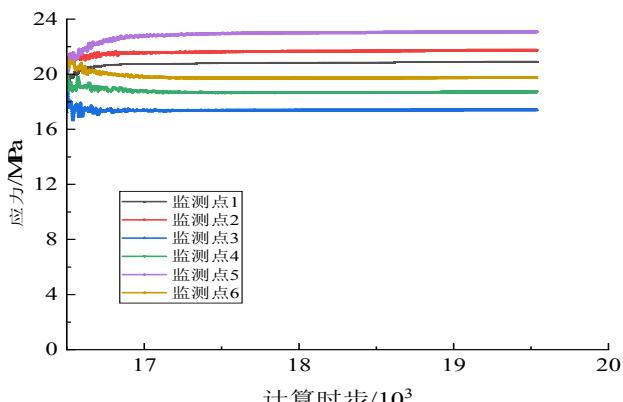
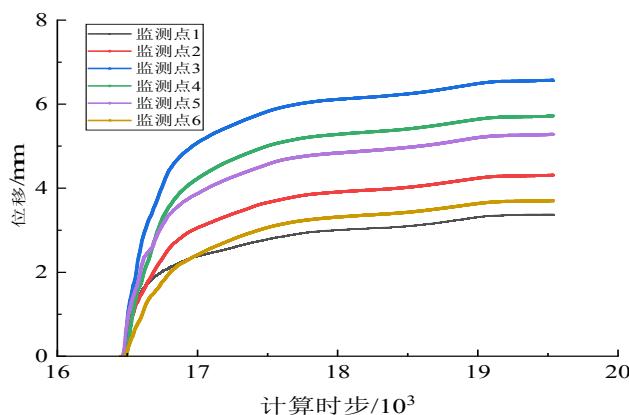


图7 老旧空区顶板应力位移监测图

4 结论

(1) 在利用CMS扫描测试系统获取老旧空区形态轮廓线的基础上, 耦合多种数值建模软件可以较为真实的还原出老旧空区形态, 为空区治理以及数值计算奠定数据基础。

(2) 通过老旧空区顶板位移分析可知, 老旧空区顶板仅存在局部下沉, 最大下沉量在6mm~11.5mm之间, 总体顶板下沉较小。

(3) 通过老旧空区塑性变形分析可知, 空区顶板仅存在局部塑性变形突出, 整体塑性区并未贯通。

(4) 通过老旧空区顶板位移监测点可知, 空区顶板位移大小呈先升后趋平缓的规律, 而应力大小则呈先波动后平衡的规律。整体来说, 老旧空区较为稳定, 空区稳定性良好。

[参考文献]

[1] 张胜光, 卿自强, 戴军, 等. 某石膏矿采空区坍塌影响数值模拟研究[J]. 采矿技术, 2022, 22(05): 105-108.

[2] 田胜科. 白羊矿段采空区离散元稳定性分析[J]. 有色金属设计, 2022, 49(02): 14-17.

[3] 李谢平, 童志鹏. 复杂采空区影响下后续矿体开采稳定性分析[J]. 有色金属设计, 2021, 48(02): 13-18+25.

[4] 张逢义, 王明. 某铁矿采空区稳定性分析及模拟填充处理方案[J]. 中国金属通报, 2021(06): 164-165.

[5] 孔学伟, 徐培良, 杨八九. 某铁矿采空区稳定性的数值模拟分析[J]. 现代矿业, 2021, 37(03): 209-212.

[6] 杨勇, 张敏思, 张飞. 红岭多金属矿复杂采空区稳定性[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(35): 14982-14987.

[7] 王炳文, 熊庭永, 雷强. 玲珑矿区多阶段遗留采空区群稳定性分析及治理[J]. 矿业科学学报, 2019, 4(05): 425-433.

[8] 谢伟, 倪彬, 李乾龙. 基于 Mathews 图解法的采空区稳定性分析[J]. 金属矿山, 2022(06): 40-45.

作者简介:

李恒(1991--), 男, 汉族, 云南宣威人, 中级工程师, 主要从事金属矿开采技术与管理等方面工作。