

错层位综放开采地表下沉规律研究

宋平

华北理工大学 应急管理与安全工程学院 河北省矿业开发与安全技术重点实验室

DOI:10.12238/gmsm.v7i4.1777

[摘要] 论文采用理论分析、相似模拟和FLAC3D数值模拟相结合的方法,对河南某矿错层位综放开采工作面地表下沉规律进行了研究分析。错层位首采工作面开采上覆岩层运移规律与传统开采相类似,但由于错层位相邻工作面之间没有了岩层的阻隔,使得接续工作面垮落带与首采工作面垮落带连成一个整体,老顶垮落形成“L”形空间结构,相邻工作面上覆岩层将形成一个公共关键层,当接续工作面回采结束后,采场覆岩形成大“O”形结构,类似于一个超长工作面开采。

[关键词] 错层位; 综放开采; 关键层; 地表下沉; 绿色开采

中图分类号: TD8 文献标识码: A

Study on the subsidence law of surface of staggered comprehensive mining

Ping Song

Hebei Provincial Key Laboratory of Mining Development and Safety Technology, School of Emergency Management and Safety Engineering, North China University of Technology

[Abstract] In this paper, the combination of theoretical analysis, similarity simulation and FLAC3D numerical simulation was used to study and analyze the surface subsidence law of the fully integrated mining face of a mine in Henan Province. The migration law of the overlying rock layer in the first mining face of the staggered layer is similar to that of the traditional mining, but because there is no barrier between the adjacent working faces of the staggered bed, the collapse zone of the continuous working face and the collapse zone of the first mining face are connected as a whole, and the "L" shaped spatial structure is formed after the collapse of the old roof, and the overlying rock layer on the adjacent working face will form a common key layer, and when the mining of the continuous working face is completed, the stope overburden rock forms a large "O" shaped structure, which is similar to the mining of an ultra-long working face.

[Key words] staggered position; fully integrated mining; critical layers; surface subsidence; Green mining

引言

为了控制采煤区的地表下沉,我国煤矿采用过在建(构)筑物下留设保护煤柱、井下充填开采空间、采用条带采煤法和限厚开采等技术措施。但这些方法存在着影响煤炭正常生产、煤炭采出率低、且投入成本较高等缺点,具有一定的局限性。如何在不影响煤炭开采、不增加煤炭开采成本以及不降低煤炭采出率的前提下,能顺利地将地下宝贵煤炭资源采出,同时又能控制地表下沉一直是煤炭工作者研究的重要课题。

错层位采煤法取消了区段煤柱,提高了工作面煤炭采出率,仅要求在起坡段铺网,投入成本较低,同时错层位采煤法不影响煤炭正常生产,符合有效控制地表下沉的前提条件,现需对采用错层位综放开采地表下沉规律进行研究分析。

1 错层位关键层

当错层位接续工作面开采一定范围时,上覆岩层垮落高度

达到上一工作面回采结束后关键层的位置,接续和首采工作面将形成一个公共关键层。关键层对上覆岩层活动起全部或局部控制作用,关键层在断裂前四边搭接在实体煤上方,可视为四边固支弹性薄板力学模型,其表达式为:

$$\omega = \frac{7q}{128(a^4 + 7\lambda^2 a^4 + \lambda^4 a^4)D} (x^2 - a^2)^2 (y^2 - \lambda^2 a^2)^2$$

式中: ω 为弹性薄板的挠度; q , 坚硬岩层承载; a, b 分别为采场上覆岩层悬露的几何边界值,与回采空间几何条件有关, $b = \lambda a$; D , 板的抗弯刚度。

$$\text{解得: } M_{\max} = \frac{7q\lambda^2 a^2}{16(1 + \frac{4}{7}\lambda^2 + \lambda^4)}$$

当 $M_x = \frac{h^2}{6} R$ 时, 认为关键层出现断裂, 即:

$$a = \frac{4h}{\lambda} \sqrt{\frac{(1 + \frac{4}{7} \lambda^2 + \lambda^4)R}{42q}}$$

从上述分析可知, 公共关键层的稳定性取决于岩板悬露边长a和b, 长边a取决于工作面长度及工作面的个数, 短边b则取决于工作面的推进距离。错层位采煤法多个工作面之间因其上覆垮落带形成一个整体, 计算时应将多个工作面长度累加进行计算, 这与传统留煤柱开采有较大差别。

2 相似模拟

实验基于河南某矿31111综放工作面煤岩层的实际地质资料, 实验台尺寸为: 长×宽×高为1800mm×160mm×1300mm。试验中骨料采用细砂, 胶结料采用石灰和石膏, 对其进行各种配比试验, 最终选择满足试验要求的一种。模型几何相似比为 $a_L=200:1$, 容重比为 $\alpha_\gamma=1.6:1$, 计算时间比 $\alpha_t = \sqrt{a_L} = 14.1$ 。

实验室模拟与实体所有各对应点的运动情况相似, 各对应点的速度、加速度、运动时间等都成一定比例。

2.1 错层位首采工作面

从相似模拟实验中可以看出, 错层位综放开采首采工作面上覆岩层运移规律与传统开采相类似。错层位综放首采工作面回采结束后, 上覆岩层垮落形成一个“拱形”结构。

2.2 错层位接续工作面

由于错层位工作面之间取消了区段煤柱的留设, 工作面之间没有岩层的阻隔, 接续工作面上覆岩层从一开始破碎起就与上一工作面形成一个整体垮落带, 随着接续工作面的不断开采, 接续工作面垮落带达到首采工作面关键层时, 接续和首采工作面将形成一个公共关键层, 体现出单一超长工作面垮落带的特点。

2.3 地表下沉特征

当公共关键层的跨度超过其临界值时, 公共关键层断裂垮落, 采空岩层继续向上发展, 寻求新的平衡为止。通过相似模拟实验发现, 采用错层位开采地表下沉缓慢均匀, 改变了传统开采工作面之间相互独立, 地表起伏不平的局面。

传统采煤法区段之间留设区段煤柱, 在工作面煤炭采出之后还能起到支撑上覆岩层的作用, 导致传统放顶煤采煤法采空区和煤柱区地表下沉分区明显, 从图1可以看出, 采用传统采煤法, 采空区的最大下沉量为60.2mm, 煤柱区的最大下沉量为19.4mm, 这就造成地表坑洼不平, 影响土地的利用质量和效益, 而错层位放顶煤采煤法由于区段之间不留煤柱, 工作面之间采空区连成一片, 最大下沉量为53.2mm, 下沉量较传统开采的小, 地表下沉均匀平缓, 不会出现明显的坑坑洼洼现象, 对地表的破

坏影响程度较小, 有利于实现煤炭绿色开采。

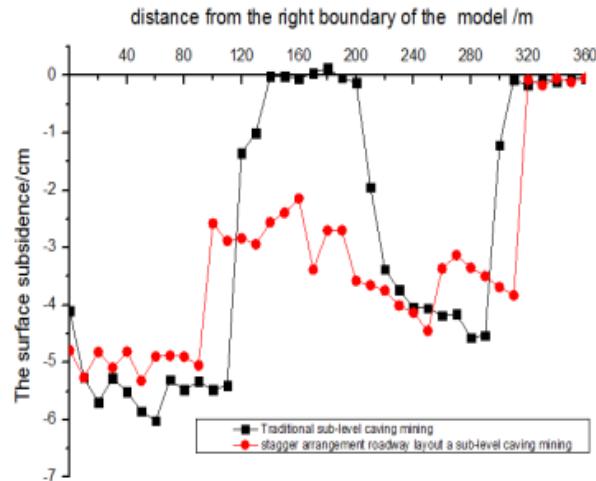


图1 传统和错层位开采上覆岩层下沉曲线

3 数值模拟

3.1 数值计算模型的建立

采用FLAC3D数值模拟软件分别对传统和错层位综放开采进行模拟分析, 在不影响计算结果的前提下对模型进行了简化, 简化后的模型尺寸长×宽×高为320m×150m×184m, 计算模型共划分115680个单元, 125829个节点。模型在侧面限制水平方向移动, 下边界限制水平和垂直方向移动, 在模型上边界施加垂直载荷模拟上覆岩层的质量, 同时采用Mohr-Coulomb强度准则判断岩体是否破坏。

3.2 错层位首采工作面

地下煤炭资源被采出后, 首先破坏的是直接顶、老顶, 随着工作面不断向前开采, 开采范围不断扩大, 破坏逐渐传递到上覆岩层, 当回采工作面自开切眼开始向前推进的距离相当于 $1/4 \sim 1/2 H_0$ (H_0 为平均采深) 时, 采动影响波及地表。

随着地下开采范围继续增大, 地表下沉盆地的范围和最大下沉值随之发展; 当开采面积达到其临界尺寸时, 地表下沉达到最大下沉值, 移动盆地范围继续增大。

3.3 错层位接续工作面

错层位采煤法取消了工作面之间留设的护巷煤柱, 与传统采煤法留设宽煤柱有较大差别, 其上覆岩层的运移规律与传统采煤法相比有其独特的特点。

工作面煤炭被采出后, 在上覆岩层压力的作用下, 造成采空区和煤柱区下沉, 传统采煤法由于工作面之间留设区段煤柱, 煤柱支撑着上覆岩层, 进而造成了采空区和煤柱区下沉量不等, 工作面上覆岩层垮落下沉后, 各自形成“拱形”结构。错层位采煤法取消了区段煤柱, 相邻两工作面连成一个整体, 类似于一个超长工作面, 上覆岩层垮落下沉后形成一个大的“拱形”结构, 通过数值模拟发现, 与传统采煤法相比, 错层位地表下沉范围较传统采煤法开采的地表下沉范围相差不大, 但下沉量较传统的明显减小, 且下沉速度缓慢均匀, 这样无疑减轻了开采对地表的影响。

4 结论

通过对31111错层位综放工作面地表下沉情况进行观测实测,发现地表下沉速度较采用传统综放开采小,地表没有形成明显的盆地,仅在沉陷区边缘出现一些宽度不等的地表裂缝,地表破坏程度较小,这与上述理论分析、相似模拟和数值模拟的分析研究结果相吻合。错层位采煤法地表下沉缓慢均匀,有效地控制了地表下沉,减小采空区上方地表和村庄的破坏,技术可靠、经济效益和社会效益明显,有利于实现煤炭的绿色开采。

【基金项目】

河北省属高校基本科研业务费用项目:厚煤层错层位外错式沿空掘巷及支护技术研究(JQN2021009)。

【参考文献】

- [1] 刘会景,林陆,杜海,等.复合顶板软弱岩层外错式相邻区段巷道联合支护技术研究[J].中国矿业,2022,31(05):114-120.
- [2] 赵景礼,吴健.厚煤层错层位巷道布置采全厚采煤法:中国发明专利.ZL98100544.6[P].1998-08-19.
- [3] Zhao Jing-li, Tian Ke, Liu Bao-zhu, etc. The application of roadway layout of staggered arrangement and its ground control theory[J]. Proceedings of 33rd International Conference on

Ground Control in Mining (China).2014:71-73.

[4] 徐杰,王亚军,李新,等.塔山煤矿特厚煤层错层位巷道布置可行性研究[J].煤炭技术,2021,40(01):31-34.

[5] 张宝优.极近距离煤层错层位巷道布置方式及围岩控制技术研究[J].煤炭科学技术,2021,49(08):88-95.

[6] 王志强,苏越,苏泽华,等.区段间相邻巷道锚杆-锚索联合支护协调作用机理研究[J].采矿与安全工程学报,2020,37(006):1152-1161.

[7] 钱鸣高,缪协兴,许家林,茅献彪.岩层控制的关键层理论[M].徐州:中国矿业大学出版,2000.

[8] 王志强,苏越,苏泽华,等.外错式区段间相邻巷道锚杆联合支护作用机理研究[J].采矿与安全工程学报,2021,38(01):58-67.

[9] 刘佳男.错层位弧形底板受力破坏特征及其下沿空巷围岩控制对策[D].太原理工大学,2022.

[10] 唐龙,刘迅,屠洪盛,等.采动影响下大倾角复合顶板工作面矿压规律研究[J].煤炭科学技术,2022,(03):1-9.

作者简介:

宋平(1987--),男,汉族,安徽安庆人,华北理工大学讲师,从事矿山压力及其控制、错层位研究等方面的科学的研究工作。