

* 1 上覆8[#]、9[#]、10[#]煤层蹬空开采安全可行性论证

王东升

(大同煤矿集团同地益晟煤业有限公司,山西 大同 037008)

摘要:大同煤矿集团同地益晟煤业有限公司8[#]、9[#]、10[#]薄煤层已蹬空,利用采动影响倍数法、“三带”判别法和围岩平衡法对上覆煤层进行安全可行性论证,并对可能发现的问题提出合理化建议。

关键词:蹬空;安全;可行性论证

中图分类号:TD823

文献标识码:A

Feasibility Demonstration on Mining above Hollow of No. 8, No. 9 and No. 10 Overlying Seam

WANG Dongsheng

(Tongdi Yisheng Coal Co., Ltd., Datong Coal Mine Group, Datong 037008, China)

Abstract: The No. 8, No. 9, and No. 10 thin coal seam in Tongdi Yisheng Coal Co., Ltd., Datong Coal Mine Group, have been hollowed out. The study adopts three methods to test the safety feasibility of the overlying coal seams, including the mining impact multiplicity method, “three-band” method and surrounding rock balance method. Some rationalization proposals are also put forward for the problems that might be found.

Key words: mining above hollow; safety; feasibility demonstration

大同煤矿集团同地益晟煤业有限公司8[#]、9[#]和10[#]煤层为1 m左右的薄煤层,下覆11^{-3#}煤层被采空后,8[#]、9[#]、10[#]煤层形成了蹬空,蹬空后是否满足开采的条件,是否可以安全的进行蹬空开采作业,必须通过理论分析以及数值模拟等方法进行安全可行性论证,研究上煤层开采后所造成的底板采动破坏深度,为矿井提供合理的安全保障系统。由于益晟煤业中厚煤层已经枯竭,采用蹬空开采的方式,是为了保证矿井生产的安全性,采用保护层的方式,对确保该矿的生产效益和效率有着重要的意义。

国内外在蹬空开采的研究及实践方面得到的主要成果是关于开采层间距、开采主要影响因素、在各类型煤层中试验与应用蹬空开采的方式方法。通过对国内和国外上行开采现状和开采技术的分析对

比,结合刘明杰,李冬伟等^[1]的研究状况,我矿采用采动影响倍数法、“三带”判别法和围岩平衡法对蹬空开采顶底板破坏特征进行了研究,根据矿压三带、三区理论和实验室数据模拟实验,研究分析煤层采用上行开采的可行性。同时,掌握我矿煤层“三带”分布规律,上行开采顶板控制技术、上行开采矿压显现规律,快速推进优化技术,对我矿开采8[#]、9[#]、10[#]煤层提供了理论依据。

1 矿井生产现状

目前益晟矿主要开采13^{-2#}煤层,平均煤厚1.66 m,与上覆11^{-3#}煤层采空区层间距约17 m。11^{-3#}煤层大部分已经采空,导致上覆8[#]、9[#]、10[#]煤层处于蹬空状态,因此,8[#]、9[#]、10[#]煤层的蹬空开采主要是受11^{-3#}煤层采空区的影响,本次论证

* 收稿日期:2018-05-12

作者简介:王东升(1973—),男,山西大同人,大学本科,工程师,从事矿井技术管理工作。

主要针对 11^{-3#} 煤层采空区对上覆煤层产生的蹬空现象进行研究。

11^{-3#} 煤层除井田东侧无采空区外,其余范围基本被采空区覆盖。需要注意的是,由于该煤层是小窑破坏区,采用的是房柱式采煤法,部分区域有大面积垮落的可能,所以其采空区的承载能力会比走向长壁采煤法要有所提升。大量资料及现场经验表明,长壁式全部垮落采煤法所造成的上覆岩层破坏较房柱式以及充填式采煤法更加严重。所以,为了提高蹬空开采的安全系数,同时也由于 11^{-3#} 煤层中具体的房柱留设位置较难探明,以下论证皆假设 11^{-3#} 煤层在采空区范围内大面积垮落。

2 蹬空开采可行性理论分析

由于受煤层采动影响,上覆岩层原岩应力状态被打破,开始出现下沉、变形、断裂、垮落等现象,并呈现出明显的分带现象,自煤层向上依次为垮落带、断裂带、缓沉带,各分带的厚度与结构形态与煤层倾角、采厚、上覆岩层性态、采煤方法等因素有关。结合益晟矿的实际情况,按照《煤矿特殊条件开采暂行管理办法》所提供的采动影响倍数法、“三带”判别法以及围岩平衡法,分别对 11^{-3#} 煤层采空区所产生的裂隙带高度以及上覆煤层开采所产生的底板采动破坏带深度进行综合分析,进一步研究益晟矿蹬空开采的可采煤层范围^[2]。

为了更加清晰的划分下层采空区的影响范围以及上层煤开采后的影响范围,需将 11^{-3#} 煤层上覆岩层进行分组。根据益晟矿的地层结构,11^{-3#} 煤层以上 100 m 范围内可以划分为 7 个岩层组,具体分组情况如表 1 所示。

表 1 覆岩组合结构划分

Table 1 Composite structure division for overlying strata

岩层名称	层厚/m	距 11 ^{-3#} 煤层垂高/m	岩层分组结构	岩层厚度/m
砂质泥岩	12.45	101.76	VII	12.45
8 煤	0.61	89.31	岩层组 VI	16.88
泥岩	16.27	88.70		
9 煤	0.83	72.43	岩层组 V	17.98
细砂岩	17.15	71.60		
10 ⁻¹ 煤	0.62	54.45	岩层组 IV	8.44
砂质泥岩	7.82	53.83		
10 ⁻² 煤	0.64	46.01	岩层组 III	16.90
砂质泥岩	16.26	45.37		
11 ⁻¹ 煤	0.68	29.11	岩层组 II (老顶)	15.91
粉砂岩	15.23	28.43		
11 ⁻² 煤	1.03	13.20	岩层组 I (直接顶)	13.20
砂质泥岩	12.17	12.17		
11 ⁻³ 煤	1.58	0		

2.1 采动影响倍数法

采动影响倍数法是基于采高与层间距的比值大小进行蹬空开采可行性判断经验手法,其依据是采动影响倍数 K 与我国蹬空开采的实践经验值相比较,进而来评价蹬空开采是否可行。我国蹬空开采的实践及研究成果证明:当综合比值 $K_c > 6.3$ 时,可正常进行蹬空开采。而 11^{-3#} 煤层的厚度为 0.3 m ~ 2.4 m,平均 1.58 m,故由采动影响倍数法可判定,在距 11^{-3#} 煤层 9.95 m 以上的煤层为可蹬空开采可行性较高的煤层^[3]。

根据岩层分组情况可以推断,岩层组 I 中的 11^{-2#} 煤层已经在 11^{-3#} 煤层顶板 9.95 m 以外,根据采动影响倍数法可以判断出 11^{-2#} 煤层及以上煤层均属于蹬空开采可行性较高的煤层。

2.2 “三带”判别法

“三带”判别法认为,当下煤层垮落带高度大于或等于上下煤层层间距时,上煤层的整体性将遭到严重破坏,无法进行蹬空开采;当层间距小于或等于下煤层裂隙带高度时,上煤层只发生中等程度破坏,采取一定措施后可正常进行蹬空开采;当层间距大于裂隙带高度时,上煤层只发生整体性移动,结构未遭到破坏,可正常进行蹬空开采^[4]。

根据大量现场实测经验判断,中等坚硬的覆岩结构最终的裂隙带发育高度与采厚的比值一般不超过 16 倍。而 11^{-3#} 煤层的厚度为 0.3 m ~ 2.4 m,因此,可以初步判断 11^{-3#} 煤层采空区的裂隙带高度为 4.8 m ~ 38.4 m,平均 25.28 m。

《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》中提供的裂隙带计算公式按覆岩的岩性分坚硬、中硬、软弱以及极软弱岩性,益晟矿 11^{-3#} 煤层顶板属于中硬岩层,可用如下公式进行计算:

$$H_{li} = \frac{100 \sum M}{1.6 \sum M + 3.6} \pm 5.6 \quad (1)$$

式中: H_{li} 为裂隙带高度, m; M 为开采煤层厚度, m。

由于益晟矿 11^{-3#} 煤层平均厚度为 1.58 m,代入式(1)可得出 11^{-3#} 煤层开采后所产生的裂隙带高度约为 25.78 m,与大量的现场实测经验公式所计算出的结果相符。

所以,根据“三带”判别法,有理由认为,11^{-2#} 及其以下煤层处于裂隙带之中,上行开采的可行性较低。11^{-1#} 煤层及以上的岩层组 III 均在弯曲下沉带范围内,蹬空开采的可行性较高^[5]。

2.3 围岩平衡法

根据围岩平衡理论, 蹬空开采的关键就是控制上覆岩层的台阶错动, 采场上覆岩层中具有一定厚度而且强度较高的岩层是控制上覆岩层移动的关键。若采场上覆岩层中有坚硬的平衡岩层时, 上煤层应位于距其最近的平衡岩层之上^[6]。

根据益晟矿的综合柱状图, 11⁻¹ # 煤层底板是一层坚硬的粉砂岩, 厚度达到 15.23 m, 可作为 11⁻¹ # 煤层的平衡岩层, 能够抑制 11⁻³ # 煤层开采所引发的台阶错动, 根据围岩平衡法可以判断出 11⁻¹ # 煤层及以上煤层为蹬空开采可行性较高的煤层。

2.4 开采后底板破坏带深度分析

根据开采规范, 上煤层工作面所产生的底板采动破坏带不得与下煤层已采煤层所产生的裂隙带贯通。所以这里重点对上煤层开采后所产生的底板破坏带深度进行分析。

《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》中的实测资料统计结果表明, 煤层底板破坏深度与开采深度及工作面倾向长度均成正比关系:

$$h_1 = 0.0085H + 0.1665\alpha + 0.1076L - 4.3579 \quad (2)$$

式中: h_1 为底板采动破坏带深度, m; H 为采深, m; α 为煤层倾角, °; L 为工作面斜长, m。

根据益晟矿 10⁻² # 煤层的地质条件, 采深为 197 m; 煤层倾角取 5°; 工作面斜长取 160 m; 带入式 (2) 中可得出在 10⁻² # 煤层开采后工作面所造成的底板采动破坏深度为 14.6 m。

3 数值模拟研究

3.1 裂隙带高度数值模拟研究

根据益晟矿的地质情况, 利用基于连续介质力学的离散元数值模拟软件 CDEM 建立如图 1 所示的数值模型。模型尺寸为 400 m × 200 m (长 × 高), 共划分 6 916 个单元, 固定左右及模型底部边界的位移。顶部施加 2 MPa 的垂直应力以模拟上覆岩层自重。模型初始平衡后对 11⁻³ # 煤层进行开挖。由于 11⁻³ # 煤层大部分以采空, 故本次模拟开采 11⁻³ # 煤层模型中部 160 m 范围内的煤层就足以模拟 11⁻³ # 煤层的采空状态^[7]。

通过计算, 在 11⁻³ # 煤层开采并达到平衡状态后的岩层状态见图 2。可以看出, 垮落带高度为 12 m, 裂隙带与垮落带的高度总和为 28 m。11⁻¹ # 煤层及

其以上均处于弯曲下沉带范围内, 与理论分析相符。因此, 结合理论分析以及数值模拟研究结果, 可以得出, 11⁻¹ # 煤层及以上的岩层组均在弯曲下沉带范围内, 11⁻² # 及其以下煤层处于裂隙带之中, 上行开采的可行性较低。

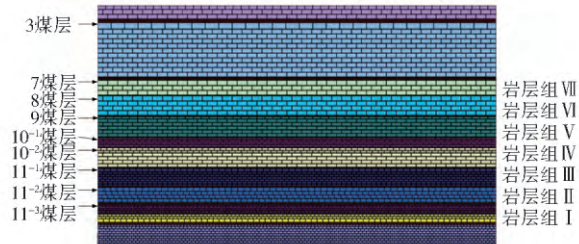


图 1 模型示意图
Fig. 1 Model diagram

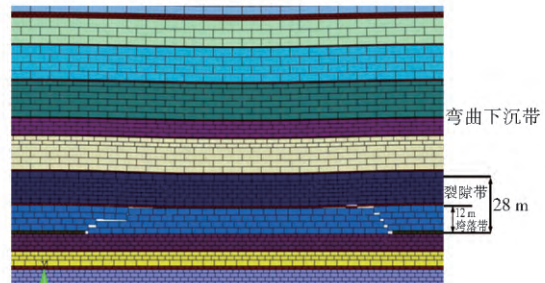


图 2 达到平衡状态后的岩层状态
Fig. 2 Strata situation after balance

3.2 底板破坏带高度数值模拟研究

根据益晟矿的地质情况, 利用基于三维显式有限差分法的数值模拟软件 FLAC3D 建立如图 3 所示的数值模型。模型尺寸为 400 m × 200 m (长 × 高), 共划分 67 200 个单元, 固定左右及模型底部边界的位移。顶部施加 2 MPa 的垂直应力以模拟上覆岩层自重。模型初始平衡后对 10⁻² # 煤层进行开挖, 目的在于得出煤层开挖后底板的破坏深度^[7]。

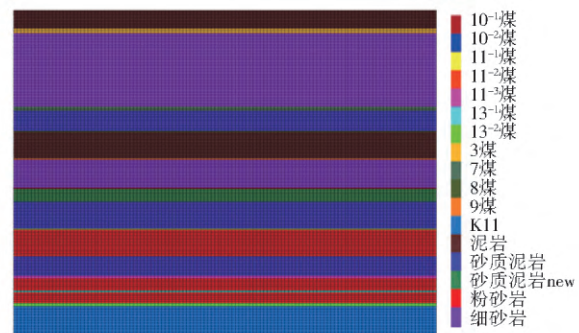


图 3 模型示意图
Fig. 3 Model diagram

通过计算,得出见图4的塑性区范围。从结果可以看出,在10⁻²煤层开挖后,开采造成底板破坏带高度为17 m。综合考虑下层煤层开采所产生的裂隙带高度以及上层煤开采后的底板破坏高度,基于11⁻³煤层大部分采空,益晟矿的8[#]、9[#]、10[#]煤层的蹬空开采安全高度为距离11⁻³煤层45 m以上的煤层,即10⁻²及其以上煤层为蹬空开采安全可行性较高的煤层,可以进行蹬空开采。

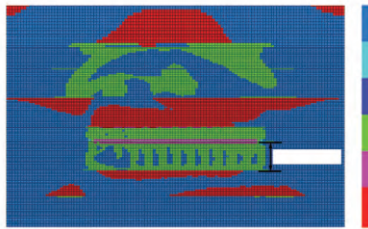


图4 塑性区范围
Fig.4 Plastic zone

4 结论

综上所述,为充分保障蹬空开采的安全性,应综合考虑煤层的上三带及下三带分布高度。如果上覆

煤层所产生的底板扰动破坏带与11⁻³煤层采空区所产生的裂隙带互相贯通,则有可能出现有害气体沿裂隙互相交流以及巷道变形量大等一系列安全隐患。所以本次论证将层间距大于或等于11⁻³煤层开采所产生裂隙带高度与上覆煤层开采所产生底板扰动破坏带深度之和的煤层划分为蹬空开采可行的煤层。通过理论计算以及数值模拟研究,为确保蹬空开采的安全可行,在理论分析与数值模拟的结论中取所得结果的最大值,总结如下:

1)11⁻³煤层采空区所产生的裂隙带高度在28 m范围内。

2)根据益晟矿的地层状况,在10⁻²煤层开采后,工作面所造成的底板破坏带深度为17 m。

3)综合考虑下层煤层开采所产生的裂隙带高度以及上层煤开采后的底板破坏高度,基于11⁻³煤层大部分采空,益晟矿的8[#]、9[#]、10[#]煤层的蹬空开采安全高度为:距离11⁻³煤层45 m以上的煤层。从表1中可以看出,10[#]及其以上煤层为蹬空开采安全可行性较高的煤层,可以进行蹬空开采。

参考文献:

- [1] 刘明杰,李冬伟,瞿群迪. 蹬空开采顶底板破坏特征及控制技术[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2014,33(6):758-762.
- [2] 曹继生. 煤矿蹬空开采的探索研究与分析[J]. 山东煤炭科技,2009(3):112-113.
- [3] 于文佳,陈庆峰. 上深洞煤矿刀柱式采空区上覆煤层蹬空开采可行性分析[J]. 煤矿安全,2011,42(9):157-160.
- [4] 张志康. 木瓜矿煤层上行开采可行性分析[J]. 山西焦煤科技,2009(4):14-16.
- [5] 刘波,崔道品,杨洪伟. 新庄煤矿三煤组上行开采可行性分析[J]. 能源技术与管理,2006(4):13-15.
- [6] 赵希栋. 近距离煤层房柱式残采区蹬空开采可行性研究[J]. 煤炭科技,2016(2):57-59.
ZHAO Xidong. Feasibility Study on Mining above Hollow of Residual Room-pillar Mining Area in Close-distance Coal Seams [J]. Coal Technology,2016(2):57-59.
- [7] 冯宇峰,赵杰,王沉. 近距离煤层蹬空开采底板应力分布规律[J]. 煤矿安全,2014(7):30-33.
FENG Yufeng,ZHAO Jie,WANG Chen. Floor Stress Distribution Laws of Mining Above Gob in Close Distance Coal Seams [J]. Safety in Coal Mines,2014(7):30-33.

(编辑:樊 敏)