

# 基于煤层层间距较小开采下煤层作为保护层的技术探讨

罗刚

贵州文家坝矿业有限公司

**摘要** 贵州织金文家坝矿区上煤组可采及局部可采煤层为6号、7号煤层，煤层层间距仅为6-12m，经鉴定6号煤层突出危险性大于7号煤层。文家坝一矿一分区110605工作面开采6号煤层，其下伏7号煤层未采动，110605回采工作面受瓦斯治理严重制约，历史上曾发生过瓦斯突出事故，严重影响矿井安全稳定发展，为寻求安全、科学、有效的瓦斯治理方法，提出开采110605工作面下伏7号煤层对上覆6号煤层进行卸压保护的防突措施。为确保该措施在技术上切实可行，对110605工作面开采7号煤层作为保护层的方案进行技术探讨，分析其开采技术条件的可行性。

**关键词** 文家坝矿区、层间距、保护层、瓦斯治理、安全

**DOI** 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.12.733

## 1. 工作面概况

### 1.1 名称及位置

文家坝一矿一分区110605工作面，井下位于11采区回风上山南西翼，1105瓦斯抽放巷以北，地面位于织金县倚陌乡的玄坡至小桥边之间，工作面回采标高在+1426.8m~+1487.7m之间，地面标高在+1578m~+1730m之间，工作面距地表垂高在136m~245m之间。

### 1.2 地形地貌

文家坝一矿地形为正地形向斜构造单元，形态象汤匙，向东北倾斜。区内地形为两翼高，中间低，属于构造剥蚀、侵蚀、溶蚀中山地貌形态。110605工作面地处阿弓向斜南东翼浅部，地表出露地层以三叠纪飞仙关组二段薄层灰岩、泥灰岩为主，在工作面中部有飞仙关组一段地层出露，其岩性为粉砂岩、细砂岩。以陡坡为主，地形坡度在15°至21°之间，大部分地段超过18°。

### 1.3 工作面设计状况

110605工作面为文家坝一矿一分区6号煤层第二个工作面，工作面走向长920m，倾斜宽180m，面积为165600m<sup>2</sup>，设计可采储量61.34万吨。

#### 1.3.1 工作面四邻采掘情况

该工作面是文家坝一矿一分区南西翼第一个工作面，四周均无工作面开采，110605切眼往南172m（平距）为相邻的七公里煤矿，工作面内1973年由贵州省煤田地质勘探公司一七四队施工112号、1032号和136号地质勘探钻孔，其中112号、136号钻孔为详查钻孔，1032号为精查钻孔。

#### 1.3.2 煤层赋存及顶、底板情况

6号煤层：黑色，粉末状、碎块状。根据工作面两巷及切眼实际揭露情况看，煤层结构复杂，其上层为碎块状，厚0~2.1m，下层为粉末状，厚0.5~2m，下层局部含0.1~0.3m的夹矸，煤层总厚度0.8~4.2m，一般厚度2.6m，工作面自西向东煤层较厚，北、南两端煤层相对较薄。

顶板：煤层伪顶为1m左右灰色粉砂质泥岩或砂岩，含少量镜煤条带；直接顶为厚层状灰色泥质粉砂岩，厚2.01~5.11m，老顶为标三下，一般厚为10.8~11.4m。

底板：直接底为灰色泥岩，厚0.19~0.99m，老底为深灰色泥质粉砂岩~粉砂岩，厚4.8~5.62m。

#### 1.3.3 地质构造情况

110605工作面位于阿弓向斜南东翼，为缓倾斜煤层，整体呈北东向单斜构造，工作面南西高，北东低，构造不发育，根据两巷及切眼实测地质剖面，剩余回采范围内工作面内有3条小断层，落差较小。

#### 1.3.4 水文地质情况

该工作面地表无水体，顶、底板岩层富水性弱，四周无采空区，工作面内勘查钻孔封孔良好，主要补给水源为大气降水通过裂隙补给工作面，其涌水量的大小受大气降水的控制，工作面水文地质条件简单。

## 2. 工作面瓦斯治理现状

### 2.1 掘进期间的条带瓦斯治理

110605工作面运、回顺槽及切眼掘进期间的区域防突措施为底板瓦斯抽放巷穿层条带抽放。穿层瓦斯抽放钻孔控制巷道两帮15m，局部防突措施是在两条顺槽掘进迎头施工本煤层扇形孔进行预抽。

### 2.2 工作面瓦斯治理

110605工作面区域防突措施为在施工运回顺槽的同时，在运输顺槽上帮和回风顺槽下帮施工顺层钻孔进行提前预抽，局部防突措施为在运回顺槽补充施工顺层抽放钻孔或在工作面施工抽放钻孔进行抽放。

### 2.3 工作面瓦斯治理现状

110605工作面回采之前，文家坝公司对工作面进行区域防突措施效果检验，并于2017年12月6日编制了《文家坝一矿一分区110605回采工作面区域防突措施效果检验报告》，此次区域措施效果检验共施工了62个钻孔，取样114个，其中最大残余瓦斯含量为运输顺槽施工的19号孔在80m处所取煤样，测定最大残余瓦斯含量为7.8841m<sup>3</sup>/t，报告得出结论：对110605工作面采取区域防突措施抽放瓦斯后，防突措施有效，110605回采工作面回采范围内的6号煤层无突出危险性，允许回采920m，即允许回采至停采线。

但在工作面实际回采过程中，多次出现瓦斯超前情况，并于2018年5月6日出现煤与瓦斯突出事故，突出煤量300.4吨，突出瓦斯18616m<sup>3</sup>。

在对事故进行调查处理后，文家坝一矿在110605工作面运回两巷补充施工抽放钻孔对工作面煤层瓦斯进行抽放，同时在工作面施工抽放钻孔对工作面80m范围内本煤层进行补充抽放。并于2018年7月14日编制了《贵州文家坝矿业有限公司文家坝一矿110605回采工作面区域防突措施效果检验报告》，取样测定最大残余瓦斯含量为3号孔在63m位置的煤样为7.3m<sup>3</sup>/t，报告结论：经取煤样实测煤层残余瓦斯含量最大值为7.3000m<sup>3</sup>/t；判定本评价区域的6号煤层已消除突出危险，允许推采60m，预留20m超前保护距离。

但在恢复工作面推采后，在工作面实施区域验证时出现K1值指标超标现象，再次研讨计划采用开采7号煤层作为保护层的方法对其进行卸压后再进行回采。

### 2.4 瓦斯治理存在的问题

2.4.1 文家坝一矿目前首采6号煤层，根据重庆煤科院提供的突出危险性鉴定报告6号煤层在185.3米埋深原始瓦斯含量14.4542m<sup>3</sup>/t，透气性系数为0.4144，流量衰减系数为0.2534，瓦斯放散初速度 $\Delta P=40$ ，坚固性系数 $f=0.34$ ，瓦斯压力1.15MPa，该煤层原始瓦斯含量高，瓦斯压力大，煤层透气性差，瓦斯吸附能力强，煤层松软易塌孔堵孔，因此施工的超前钻孔抽采瓦斯效果较差，抽放浓度衰减迅速。

2.4.2 6号煤层中瓦斯的生成、运移、赋存状态、分区分带特征以及煤层瓦斯压力、瓦斯含量、瓦斯梯度等变化规律及难掌握，瓦斯地质规律复杂。因此，在煤层结构较复杂条件下制定的瓦斯治理技术针对性不强。

2.4.3 区域地质条件制约。文家坝一矿一分区6号煤层整体呈汤匙型,煤层主要分布在阿弓向斜两翼,两翼分别呈不对称的单斜构造,地质构造简单,开放性断层不发育,煤层顶底板封闭性较好。

2.4.4 除上述客观原因外,在实际生产过程中对6号煤层瓦斯治理工程过程管控不严,存在管理不到位等诸多的主观因素。

### 3. 保护层开采技术方案论证

#### 3.1 保护层与被保护层确定

被保护层:6号煤层,保护层:7号煤层,即针对文家坝一矿一分区110605工作面,先开采其下覆7号煤层,对上覆6号煤层瓦斯进行卸压。该种开采方法又名“上行式开采”和“反程序开采”。本报告仅对文家坝一矿一分区110605工作面开采7号煤层作为保护层技术方案的可行性分析。

#### 3.2 6号煤层和7号煤层赋存情况

##### 3.2.1 勘探资料

110605工作面内部共3个勘探钻孔(112号、1032号、136号),三个钻孔中6号-7号煤层的层间距分别为7.06、7m、7.86m,

##### 3.2.2 实际揭露情况

在110605工作面周围施工的巷道中,揭露6号-7号煤层的巷道为110605运输顺槽斜巷段、110605回风顺槽斜巷段、1107瓦斯巷与110605运输顺槽联络巷,其中110605运输顺槽斜巷段实测6号-7号煤层层间距为7.1m,从上往下岩性依次为泥岩-泥质粉砂岩-灰岩,110605回风顺槽斜巷段推测(根据探眼推测)6号-7号煤层层间距为7.68m,从上往下岩性依次为泥岩-泥质粉砂岩,1107瓦斯巷与110605运输顺槽联络巷实测6号-7号煤层层间距为6.5m,从上往下岩性依次为泥岩-泥质粉砂岩-灰岩。另外,根据110605工作面1号瓦斯治理措施巷2段探眼施工情况,6号-7号煤层层间距为7.5m,110605工作面2号瓦斯治理措施巷2段层间距为7.5m。

##### 3.2.3 综合分析

根据勘探资料 and 实际揭露情况综合分析,110605工作面范围内6号-7号煤层层间距为6.5~7.86m,平均为7.24m,计算中采用其最小值6.5m。

7号煤层厚度为0.7~1.62m,平均为1.28m,计算采用1.28m。

6号-7号煤层从上往下岩性基本上为:泥岩-细砂岩-泥质粉砂岩-灰岩,其中泥岩平均厚0.6m,泥质粉砂岩平均厚5.3m,灰岩平均厚1.23m。

#### 3.3 开采7号煤层作为保护层技术方案论证

根据《采矿工程设计手册》(下册)保护层开采中相关内容对110605工作面开采7号煤层作为保护层的技术方案可行性进行分析。

##### 3.3.1 保护层的分类

根据采矿设计手册相关规定,结合文家坝一矿一分区110605工作面煤层赋存情况,7号煤层为6号煤层下覆煤层,且其层间距 $H = 6.5 \sim 7.86m < 10m$ ,因此,先开采该工作面下覆7号煤层是作为上覆6号煤层的近距离下保护层。

##### 3.3.2 保护层开采技术要求

根据采矿设计手册,选择保护层应遵守以下规定:

首先,矿井中所有保护煤层都有突出危险时,应选择突出危险性较小的煤层作保护层,但在此保护层中进行采掘工作时,必须采取防突措施。根据重庆煤科院提供的6号、7号煤层突出危险性基本参数鉴定报告,结合实际生产情况,7号煤层突出危险性较6号煤层突出危险性小,因此选择7号煤层作为下保护层满足此项规定。

其次,保护层与被保护层之间的有效垂距

在一定地质条件下,保护层的作用效果随层间距的增

大而减小,根据文家坝一矿一分区110605工作面地质资料分析,6号、7号煤层倾角 $6 \sim 10^\circ$ ,属于缓倾斜煤层,7号煤层作为6号煤层下保护层在有效垂距的保护范围内。

再次,开采下保护层时,上保护层不被破坏的最小层间距离应根据矿井开采实测资料确定,如无实测资料时,参用以下公式确定:

$$\text{当 } \alpha < 60^\circ \text{ 时 } H = KM \cos \alpha \quad (1)$$

$$\text{当 } \alpha \geq 60^\circ \text{ 时 } H = KM \sin(\alpha/2) \quad (2)$$

式中  $H$  — 允许采用的最小层间距, m;

$M$  — 保护层的开采厚度, m;

$\alpha$  — 煤层倾角, ( $^\circ$ );

$K$  — 顶板管理系数。冒落法管理顶板时,  $K$ 采用10,充填法管理顶板时,  $K$ 采用6。

当前文家坝一矿采用冒落法管理顶板,因此 $K$ 取10,煤层倾角平均为 $8^\circ$ ,因此下保护层允许采用的最小层间距采用式①进行计算。根据地质资料110605工作面6号-7号煤层层间距为6.5~7.86m,平均为7.24m,当采厚为1.28m时,  $H > 12.7m$ 方可满足。为使得开采下覆7号煤层时,上覆6号煤层不被破坏,因此应满足:  $H > KM \cos \alpha$

即7号煤层允许开采厚度 $M$ 应满足:

$$M < H \div (K \times \cos \alpha) = 6.5 \div (10 \times \cos 8^\circ) = 0.66m$$

因此,根据《采矿工程设计手册》(下册)开采保护层的相关规定,文家坝一矿一分区110605工作面开采下覆7号煤层作为保护层时的最大采高不能超过0.66m。

#### 3.4 上行式开采技术方案论证

3.4.1 根据《采矿工程设计手册》(上册)第三篇第一章中关于上行开采层间距的规定:如下情况下,煤层或煤组间可考虑采用上行式开采:“上部煤层有煤与瓦斯突出危险,先采下煤层可以使上煤层的一部分瓦斯从下层采空区泄出,并减小上煤层所承受的岩层压力,从而避免煤与瓦斯突出。”

采用上行式开采,下部煤层的开采不致影响和破坏上煤层的正常开采,受单个煤层上行式开采采动影响时,其最小层间距可按下列公式进行计算:

$$H > 1.14m^2 + 4.14 + \Delta m \quad (3)$$

式中  $H$  — 最小层间距, 米;

$m$  — 下部煤层采厚, 米;

$\Delta m$  — 安全系数(或附加值),一般取 $\Delta m \leq 1.0m$ ,或不考虑。

若7号煤层采高按平均煤厚1.28m计算,则带入公式计算得:  $H > 7m$ ,文家坝一矿一分区110605工作面6号-7号煤层层间距为6.5~7.86m,不能满足要求。按最小层间距进行计算,则允许最大采厚 $m < 1.09m$ 。

因此,根据《采矿工程设计手册》(上册)关于上行式开采的相关规定,采用上行式开采先开采7号煤层时,其最大采厚不得超过1.09m。

3.4.2 根据《煤层(群)上行开采技术》及行业期刊等对先开采7号煤层的上行式开采可行性分析。

##### (1) 比值判别法

当下部开采一个煤层时,用比值 $K$ 的大小判别:  $K = H/M$  ④

式中:  $H$  — 上下煤层之间的垂距;  $M$  — 下煤层采高。我国上行开采的生产实践和研究表明,当上、下煤层之间有坚硬岩层时,若 $K \geq 7.5$ ,先采下部煤层一般不影响在上煤层内进行正常准备和回采。代入公式进行计算,若7号煤层采厚为1.28m时,则需要层间距为9.6m;取 $H = 6.5m$ ,即下煤层允许采厚为:  $M < 6.5 \div 7.5 = 0.87m$ 。

因此,利用比值判别法计算,采用上行式先开采7号煤层时,其最大采厚不得超过0.87m。

(下转第1502页)

[J]. 文物世界, 2018: 65-68.  
 [4] 张倩、谭前学. “多元·变革·开放——全球化与数字化时代的博物馆”国际论坛综述[J]. 中国博物馆, 2019 (03): 142-144.  
 [5] 傅翼. “网络”社会里的博物馆: 意义持续再生的场所[J]. 中国博物馆, 2019 (3): 13-18.  
 [6] 杨进勇. 对现代公共文化服务体系下数字文化馆建设的思考[J]. 中国民族博览, 2016 (04): 69-70.  
 [7] 蒋旭. 博物馆文物的数字化保护与管理探讨[J]. 人文之友, 2020 (17): 75.  
 [8] 张文庆. 浅析博物馆文物的数字化保护与管理[J]. 神州, 2020 (22): 13, 15.  
 [9] 张辰. 探讨博物馆文物的数字化保护与管理[J]. 管理

学家, 2020 (2): 159-160.  
 [10] 赵治瑞. 浅析博物馆文物的数字化保护与管理[J]. 文物鉴定与鉴赏, 2019 (12): 116-117.  
 [11] 杨姣. 浅析基层博物馆精品文物的数字化保护与管理——以高台县博物馆为例[J]. 文物鉴定与鉴赏, 2019 (4): 101.  
 作者简介:  
 赵文慧, 女, 衢州市博物馆, 文博副研究馆员, 研究方向: 博物馆学。  
 本文是衢州市哲学社会科学课题成果之一。  
 课题编号: 21QSKG27YB, 后疫情时代地方博物馆数字技术提升策略研究——以衢州市博物馆为例

(上接第1479页)

(2) “三带”判别法

“三带”判别法认为, 上、下煤层的层间距大于下煤层开采的冒落带高度, 即可上行开采。根据110605工作面煤岩层特征, 7号煤层顶板是平均厚度为1.23m灰岩(生物灰岩), 往上是平均厚度为5.3m的泥质粉砂岩, 综合分析其岩性为中等坚硬顶板, 在采空区将形成规则的冒落带, 根据《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》, 冒落带高度可按以下公式计算。

$$H_K = \frac{100M}{4.7M + 19} + 2.2 \quad (5)$$

式中:  $H_K$ 为冒落带高度, 米;  
 M为下煤层采厚, 米; 按煤层1.28m取值,

经计算: 开采下覆7号煤层时形成的冒落带高度为7.3m, 因此为满足最小层间距6.5m, 代入后计算开采7号煤层的最大

$$\text{采厚 } 6.5 \leq \frac{100M}{4.7M + 19} + 2.2, M \leq 1.02\text{m}.$$

因此, 利用“三带”判别法计算, 采用上行式先开采7号煤层时, 其最大采厚不得超过1.02m。

3.5 开采7号煤层作为保护层技术方案总结

根据开采7号煤层作为保护层技术方案论证和“上行式开采”层间距技术方案论证, 总共用了四种不同的方法对6号-7号煤层之间的层间距是否满足技术要求进行论证, 经分析, 若开采7号煤层采厚等于其平均煤厚(1.28m)时, 通过四种不同的方法计算其层间距均不能满足要求。若采用控制采高的方式减小顶板冒落带高度, 各种方法允许回采7号煤层的最大采厚见下表。

最小层间距及最大采厚统计表

计算方法及公式	采用层间距 (m)	7号煤层平均厚度 (m)	采全厚需满足的层间距 (m)	允许最大采厚 (m)
设计手册公式①	6.5m	1.28	12.7	0.66
设计手册公式③			7	1.09
比值判别法④			9.6	0.87
“三带”判别法⑤			7.3	1.02

4 存在问题及建议

(1) 本文提供的实测地质资料较少, 未能均匀全覆盖整个工作面进行统计分析, 因此, 总结的煤岩层情况可能与实

际稍有差异。

(2) 本文对最小层间距的计算的几种方法中, 仅公式①、公式③借鉴正规的行业规定, 其余计算方法部分来自教学课本或者其他煤矿开采相关文献。

(3) 本文采用计算的6号-7号煤层最小层间距为6.5m, 该数据源自1107瓦斯巷和110605运输顺槽实测剖面, 对文家坝一矿矿区保护层开采范围6号-7号煤层间距有待进一步勘测。

(4) 若实施开采7号煤层作为110605工作保护层的技术方案, 在今后安全生产上仍存在巨大的挑战, 主要体现在:

① 7号煤层采动后, 其冒落带及断裂带及有可能导致110605工作面在部分地段不均匀沉降 ② 随着7号煤层的采动, 工作面来压时极有可能诱导6号煤层应力瞬间释放的情况, 出现瓦斯灾害或出现7号煤层工作面瓦斯超限现象③根据当前薄煤层开采技术发展情况, 7号煤层薄煤层推采工作面进度较慢, 将严重影响保护区推采面积及被保护区推采面积的平衡, 从而制约文家坝一矿一分区采掘接续工作。

(5) 文家坝一矿一分区两翼(采区上山)6号、7号煤层层间距不均, 应采取“一面一策”方式进行技术分析论证, 确定保护层开采的可行性。

(6) 7号煤层属自燃煤层, 不宜留顶、底煤进行开采, 建议一次采全高; 为满足保护层开采层间距要求, 7号煤层工作面适合采用充填法处理采空区, 或在7号煤层回采后留充足时间待顶板重新胶结稳定后再回采6号煤层。

结语

文家坝一矿一分区110605工作面及文家坝矿区开采7号煤层作为上覆6号煤层下保护层时, 若对7号煤层采全厚(1.28m), 则6号-7号煤层层间距不能满足保护层最小层间距的技术要求。若需满足其最小层间距, 则需在保护层开采过程中根据实际情况合理控制采高。

参考文献

[1] 《煤矿防治煤与瓦斯细则》(国家煤矿安监局 煤炭安监装〔2019〕28号 2019.7.16)  
 [2] 《采矿工程设计手册》(煤炭工业出版社 2003)  
 [3] 《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》(煤炭工业出版社. 2017.5.17)  
 [4] 《煤矿特殊开采方法》(徐州, 中国矿业大学出版社; 2003)  
 [5] 《煤层(群)上行开采技术》(北京, 煤炭工业出版社, 1995)