

梅河矿区砂砾含水层下残采综放工作面防溃泥突水技术及实践

张玉军¹, 李英辉², 殷志刚², 陈 宏², 张延斌³

(1. 天地科技股份有限公司 开采设计事业部, 北京 100013; 2. 辽源矿业集团有限责任公司 生产技术部, 吉林 辽源 136201;
3. 辽源矿业集团有限责任公司 梅河煤矿, 吉林 梅河口 135000)

[摘 要] 梅河矿区是资源枯竭性矿井, 针对该矿区具有急倾斜、特厚煤层, 且煤层顶底板遇水泥化易形成泥砂流溃入矿井事故的特点, 在研究溃泥机理的基础上, 探索性提出了泥砂流“探、排、疏、放”综合治理技术, 并将其应用于梅河三井 0305⁻⁶残采区的综放开采上, 确定了残采工作面的安全采放高度为 12m, 取得了该区砂砾含水层下残煤安全综放复采的成功, 多回收了煤炭资源, 延长了矿井服务年限。

[关键词] 砂砾含水层; 残采工作面; 特厚煤层; 溃泥; 突水

[中图分类号] TD745 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-6225 (2013) 05-0076-04

Technology of Water-burst and Mud Collapse Prevention and Practice in Full-mechanized Caving Residual-Mining Face under Glutenite Aquifer of Meihe Mining Area

ZHANG Yu-jun¹, LI Ying-hui², YIN Zhi-gang², CHEN Hong², ZHANG Yan-bin³

(1. Coal Mining & Designing Department, Tiandi Science & Technology Co., Ltd., Beijing 100013;

2. Coal Production Department, Liaoyuan Mining Group Co., Ltd., Liaoyuan 136201, China;

3. Meihe Colliery, Liaoyuan Mining Group Co., Ltd., Mehekou 135000, China)

Abstract: Meihe Mine is a resource exhausted mine where coal-seam is steeply-inclined and extremely-thick. Once encounter water, roof and floor of the coal-seam are easy to form mud-sand flow and result in disaster. On the basis of researching mud collapse mechanism, this paper put forward combined prevention technology of mud-sand flow including “exploring, discharging, dewatering, draining”, which was applied in 0305 residual-mining face of Meihe 3rd Mine. Safe mining-to-caving ratio was determined 12m and residual mining was successful. Coal resources recovery ratio was added and mine service time was prolonged.

Key words: glutenite aquifer; residual mining face; extremely thick coal-seam; mud collapse; water-burst

梅河煤矿历经 40 余年的开采, 目前呈煤炭资源枯竭状态, 已基本进入残采期。该矿井属于急倾斜特厚煤层, 矿井先后采用水砂充填采煤方法、巷柱式采煤方法、金属网假顶采煤方法, 自 1989 年开始采用水平分层综放采煤方法。

多年来的煤炭开采使得矿井遗留大量的煤柱和小块段煤量, 同时也使地面沿煤层走向形成较深的地表塌陷区(沟), 先后在多处发生煤层局部抽冒。第四系底部砂砾含水层是影响浅部煤层开采的主要含水层, 早期浅部的开采造成第四系砂层水通过充填砂渗透进入井下, 成为矿井的直接补给水源。同时, 采动使得包括第四系底部含水砂砾层在内的原始地层赋存状态发生相应的变化。

梅河矿区煤系地层为第三系地层, 固结程度

差, 顶板厚层泥岩和底板砂岩风化后强度大幅降低, 浸水后易软化。由于开采煤层为急倾斜煤层, 开采分层数多, 地点集中, 对采空区内的垮落泥、砂岩反复采动扰动影响, 已经由原来的层状固态变为粥状流态。因此, 第四系砂砾含水层、顶板采空区积水以及泥沙流事故是梅河矿区残采区综放安全复采的主要影响因素, 也是亟待解决的重要问题。

1 梅河矿区泥沙流事故机理研究

梅河矿区尤其是四井自采用综放开采以来, 发生了多起溃水、溃泥事故, 最多丢失支架 13 架, 给煤矿造成了较大的经济损失, 因而探索溃泥发生机理是防治泥沙流事故的关键。通过对梅河四井水文地质条件、顶底板岩层结构、覆岩破坏高度实测

[收稿日期] 2013-05-06

[基金项目] “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAB13B02-04); 中国煤炭科工集团基金项目(2012MS004); 天地科技开采设计事业部基金项目(KJ-2013-TDKC-11)

[作者简介] 张玉军(1978-), 男, 河北怀安人, 副研究员, 博士, 主要从事近水体采煤及矿井水害防治技术方面的研究。

以及采矿条件分析,得到发生溃泥、溃砂的成因主要体现在以下 3 个方面:

(1) 在开采浅部煤层时,采动影响波及到第四系松散砂砾层,含水层水通过煤层露头区进入工作面,砂砾层水成为矿井充水的主要水源。但是深部开采时导水裂缝带不能直接波及到松散层砂层含水层,当下部工作面开采后,如果排水通道不畅,则采空区成为砂砾层水的主要汇集空间,从而采空区水就成为威胁后续工作面安全开采的水体。

(2) 梅河矿区大部分煤层倾角在 $60^{\circ} \sim 75^{\circ}$ 之间,属急倾斜煤层,由于采用水平分层综放的采煤方法,使得上部第三系覆岩和采空区残留煤受重复采动影响,破坏程度严重,结构松散,从钻探所取岩芯可以看出,顶板岩层呈泥质胶结状态,含有大量砾石块和煤屑等,强度低,遇水呈泥糊状,部分已压实,表现为岩层已受多次采动扰动的现象。

(3) 松散砂砾层渗水如果可以通过工作面顺畅排出,则不会出现泥沙流。当上阶段工作面开采完毕,而下阶段工作面尚未开采时,工作面排水不畅则造成采空区有水积蓄,破碎后的煤、泥岩与水结合,形成泥水混合物即“泥沙流”。当排水不畅时,下阶段采动影响波及到上部采空区时,采空区水将携带泥、沙进入工作面,形成泥沙流事故。

2 泥沙流“探、排、疏、放”综合治理技术

2.1 采空区积水区域及通道的探测技术

梅河矿区几乎在每个工作面都布置钻孔探放上方采空区积水,但总体效果不理想,分析其主要原因是积水区位置不明,即上分层开采后,对积水的范围和大小均不能确切掌握,因此钻孔布置有盲目性,直接影响了探放水的效果。因此,梅河矿区分别采用在地面和井下相结合的综合物探手段,包括 EH-4、瞬变电磁法以及电法等,探测砂砾含水层富水性、顶板旧采迹水源、通道及积水区域,为进一步疏放水提供依据。通过物探掌握了工作面采空区积水的位置与高度范围,指导工作面探放水工作,使放水效果显著提高,从而提高了工作面开采的安全性,减少了工作面控制采厚放水所造成的煤炭资源损失,使工作面钻孔放水有的放矢。

2.2 工作面巷道留管排放水技术

梅河矿区开采方式为采用上、下两阶段相错一定时间和距离开采,当上阶段工作面采后顶板垮落,会导致采空区水排水通道不畅,采空区内积水增多、水压增大,给下分层工作面开采造成泥沙流的安全隐患。如果进入采空区的水有渠道顺利排

出,则采空区内的残留煤与顶、底板岩石混合物将不会达到流限,采空区水压及总量相对较小,工作面不会出现泥沙流。采用在上分层工作面采空区巷道留管的方法,可使采空区水顺畅排出,避免采空区积水增多,防止下分层工作面出现泥沙流事故。

2.3 采空区积水钻孔疏放技术

通过对采空区积水物理探测,掌握了工作面采空区积水的位置与高度范围,从而有针对性地在地面和井下巷道布置探放水钻孔,疏放上覆采空区积水,减少采空区积水量,降低泥沙流水压,提高了工作面开采的安全性。

2.4 工作面大采高放水技术

按照梅河矿区传统开采经验,工作面顶板垮落带不能波及上分层工作面采空区,且工作面初始阶段只采不放,一直持续到本分层工作面的涌水量与上分层工作面的涌水量之和达到 $40\text{m}^3/\text{h}$ 时,认为采空区积水排泄已经畅通,不会形成泥沙流事故,然后再采用放顶煤开采。由于采高较小,因此采用该方法不仅煤炭资源损失大,而且采动裂缝不发育,不能足够疏放上覆采空区积水,因此放水量较小,使得采动疏放水效果较差,从而使工作面上方采空区带水压开采和受泥沙流威胁的开采过程长,一旦受到采动影响,极易出现泥沙流泄入工作面的事故。

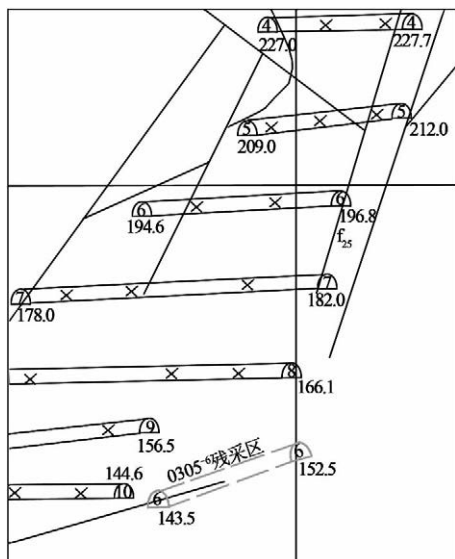
大采高疏水就是相比以往的工作面采用更大的采高,快速使工作面的涌水量达到安全开采涌水量,从而减少煤炭损失,缩短工作面带压开采的时间。但其使用的前提条件是上阶段工作面已经采用留管排水,使采空区积水获得一定疏放,泥沙流水压较小,流动性较差。

3 泥沙流综合治理技术在梅河三井的实践

3.1 梅河三井 0305⁻⁶残采工作面概况

0305⁻⁶残采区东部位于三井东翼 0507⁻⁸⁻⁹区旧采迹下部,西部位于 2103⁻⁷区采空区下部,正下部没有开采区。采区设计走向长 290m,平均工作面长 28.7m,回风巷标高 +144.3 ~ +160.5m,运输巷 +142 ~ +157.0m,如图 1 所示。

0305⁻⁶残采区顶部及周围采区有 2103 区和 0507 区。2103 区在本残采区的西部,2103 区综采放顶煤共计回采了 17 层,其中正常回采 15 层,残采 1 层,煤柱区 1 层,其中 2103⁻⁷位于残采区上部。0507 区在本区的东部,综采放顶煤共计回采了 17 层,干式采法共计开采 5 层,高档普采 2 层。其中 0507⁻¹, 0507⁻², 0507⁻³, 0507⁻⁴, 0507⁻⁵,

图 1 0305⁻⁶残采工作面剖面

0507⁻⁶, 0507⁻⁷, 0507⁻⁸, 0507⁻⁹ 旧采迹位于该残采区上部, 0507⁻¹⁰, 0507⁻¹¹, 0507⁻¹² 区旧采迹位于下部。

3.2 砂砾含水层和顶板采空区积水综合物探

为了查清 0305⁻⁶ 残采区上方第四系砂砾含水层、采空区含水性、通道及积水区域, 采用瞬变电磁法分别在地面和井下相结合进行探测, 为进一步疏放水提供依据。图 2 为地面物探结果, 图 3 为井下瞬变电磁探测结果。

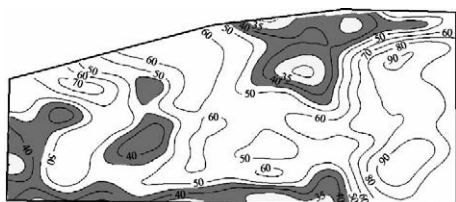


图 2 地面瞬变电磁探测结果

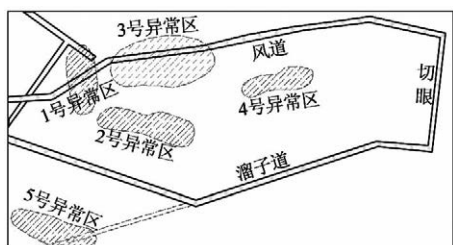


图 3 井下瞬变电磁探测结果

综合地面抽水孔资料、井下探放水工作, 以及地面、井下瞬变电磁探测结果, 对 0305⁻⁶ 残采区上方第四系砂砾含水层、采空区含水性形成了如下主要认识:

(1) 第四系砂砾含水层富水性较好, 虽然经

过多年的开采疏降和地面抽放, 仍具有一定的富水性。

(2) 多年的煤层开采导致煤层与第四系含水层有一定程度的连通, 含水层中的水向采空区补给, 随着开采的加深和急倾斜煤层开采分层数的增加, 砂层水不断向深部补给, 但随着浅部采空区岩层的压实, 这种连通性将逐渐消失, 第四系含水层不再继续向采空区补给。

(3) 0305⁻⁶ 残采区上方存在多处含水异常, 局部含水性较好, 异常区集中在测区的西南部, 即工作面中央和靠近停采线位置, 含水区向上范围延伸至工作面上方 70m 左右, 并上下贯通。切眼位置上方含水性一般。总体来看, 工作面顶板煤岩层含水性一般。其中, 外段顶板局部含水性较好, 里段顶板水文地质条件相对简单。

3.3 0305⁻⁶ 残采区井下采空区探放水

在 0305⁻⁶ 残采区巷道掘进时, 为了探清上部采空区积水情况, 施工了井下探放水钻孔。共施工钻孔 17 个, 全部在运输巷施工, 方向主要为 0305⁻⁶ 残采区的上部采空区。17 个探放水钻孔分别揭露上部 0507⁻⁷⁻⁸ 区旧采迹和 2103⁻⁷ 区旧采迹。探放水结果表明, 当钻孔进入采空区时, 共有 5 个钻孔出现滴水现象, 但水量都很少, 最大为 0.2m³/h, 其余钻孔未发现出水现象。钻孔滴水经较短时间后停止。可见残采区附近采空区介质历经约 18 年岩体移动后已经基本压实, 无空洞, 除个别部位或区域有少量的积水外, 无大量积水现象。

3.4 0305⁻⁶ 残采区安全煤岩柱留设类型

由探测结果可知, 梅河三井主要的充水水源是第四系砂层水, 虽然第四系砂层水渗透性强, 但是经过多年的井下回采, 对第四系砂层水的疏放, 水头压力明显较低。除了个别钻孔残余水柱高度大于 10m 外, 其他抽水钻孔内水柱高度均下降至 10m 以下。但是, 从地面瞬变电磁探测结果来看, 第四系仍处于低阻区, 判断其仍具有一定的富水性。为了矿井的安全生产, 针对第四系砂层含水层, 开采时留设防水安全煤岩柱。

3.5 防水安全煤岩柱高度确定

0305⁻⁶ 工作面主采 12 煤, 采用水平分层综放开采, 煤层覆岩以泥岩为主, 风化或遇水后成泥状, 具有膨胀性, 属软弱岩层。由于综放开采的一次开采厚度明显大于厚煤层分层开采时 (主要为) 一分层的开采厚度, 其采动影响的剧烈程度、覆岩破坏高度以及覆岩破坏的发育规律也与分层开采情况有着明显不同。在这里主要是根据本矿试采实测

资料或与类似条件矿井进行类比获得。梅河三井曾在 1107 区和 2101 ~ 2103 区对综放覆岩破坏高度进行过观测研究，综放开采裂采比为 5.48 ~ 12.51。梅河四井在 6101 采区进行煤层开采后覆岩破坏高度观测得到综放开采裂采比为 14.7 ~ 16.7。龙口矿区实测正常地质条件下覆岩导水裂缝带高度的裂采比在 3.45 ~ 8.75 之间。

因此，综合以上国内实测结果，根据 0305⁻⁶ 残采区覆岩结构特征等开采条件，从安全开采的角度，取正常地质条件下综放导水裂缝带高度的裂采比为 8 倍较为合理，保护层厚度选取 3 倍采厚较合理。0305⁻⁶ 残采面防水安全煤岩柱高度按 11 倍采厚预计比较合适。

3.6 采放高度确定及安全性分析

根据钻孔揭露的第四系底部含水砂砾层底界标高可知，含水砂砾层底界最低标高为 +318.99m。而 0305⁻⁶ 残采区回风巷标高介于 +144.3 ~ +160.5m 之间，运输巷标高介于 +131.0 ~ +144.0m 之间，在开切眼处巷道底板标高为 +138.6 ~ +158.8m，因此回采工作面最高标高以 +160.5m 计算，由此可得出第四系砂砾层底界与巷道底板之间的煤岩层厚度为 +160.19m。因此，根据防水安全煤岩柱厚度和含水砂砾层底界最低标高以及回采工作面标高，可计算出安全开采标高，即在低于该标高以下综放开采是安全的。表 1 所示是安全回采高度。由计算结果与分析表明，对现有资料进行分析可知，采放厚度达到 13m 是可行的。

表 1 安全回采高度计算结果

采厚 /m	巷道底 板最高 标高/m	实际回 采标 高/m	防水安全 煤岩柱 高度/m	防水安全 煤岩柱上 限标高/m	砂层底 界最低 标高/m	安全度
9	+160.5	+169.5	99	+268.5	+318.99	满足
10	+160.5	+170.5	110	+280.5	+318.99	满足
11	+160.5	+171.5	121	+292.5	+318.99	满足
12	+160.5	+172.5	132	+304.5	+318.99	满足
13	+160.5	+173.5	143	+316.5	+318.99	满足

但是，梅河三井经过多年的开采，含水砂砾层底界标高大下降，第四系底部含水砂砾层底界相对原始状态最大下沉约 25m，可能存在第四系砂砾层底界更低的可能。因此，建议实际采放厚度不超过 12m。且在实际回采过程中，采用地面钻孔的方式，探测含水砂砾层底界，然后再进行含水砂砾层底界分布趋势分析，指导安全生产。

3.7 0305⁻⁶ 残采区防溃泥技术措施

在开采 0305⁻⁶ 残采区时，防止采区出现溃泥沙事故的主要技术措施就是疏放上部采空区积水，

有如下 2 个方面：

(1) 采空区积水采前钻孔疏放 根据井上下物探结果圈定的异常区域，掌握的工作面采空区积水的位置与高度范围，有针对性地在回风巷和运输巷施工放水钻孔，对上部采空区积水进行疏放，减少上部采空区的积水范围和积水量。

(2) 合理控制采放高度、防止发生抽冒 在采前对已探测明确的积水区域进行有针对性地钻孔疏放的前提下，可利用工作面回采疏放采空区积水，释放水压力，将进一步防治溃泥灾害的发生。但是由于旧采迹积水与受重复采动影响的煤泥相混合，以采动裂缝疏水的效果不佳。因此采动影响对上方旧采迹的波及程度的控制往往是实现防治溃泥技术的关键。如果波及程度有限，就不利于旧采迹积水的疏放，使排泄不畅通。如果波及程度大，则使垮落带直接进入含有积水的旧采迹，将会使积水携带泥煤混合物溃入到工作面。因此，在开切眼附近可采取逐步提高采放高度的方法，使工作面处于带压开采的过程尽量缩短，而且要严格控制采放高度，防止抽冒的发生。

4 结束语

(1) 通过对煤层顶底板岩层结构特征、覆岩破坏高度的实测研究，并结合水文地质条件，研究出了泥沙流事故的机理。

(2) 研究得出了急倾斜特厚煤层分层开采泥沙流的综合治理技术，即“采空区积水区域及通道的探测技术、工作面巷道留管排放水技术、采空区积水钻孔疏放技术、工作面大采高放水技术”。

(3) 将泥沙流防治技术应用于梅河三井 0305⁻⁶ 残采工作面的复采中，确定其安全采放厚度为 12m，并制订了防溃泥的技术措施。

【参考文献】

- [1] 国家煤炭工业局. 建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程 [M]. 北京：煤炭工业出版社，2000.
- [2] 国家安全生产监督管理总局. 煤矿防治水规定 [M]. 北京：煤炭工业出版社，2009.
- [3] 煤炭科学研究总院北京开采研究所. 煤矿地表移动与覆岩破坏规律及应用 [M]. 北京：煤炭工业出版社，1981.
- [4] 佟利. 梅河煤矿三井 0305 区砂层下残煤复采综放的实践 [J]. 现代商贸工业，2012 (11): 193-194.
- [5] 许延春，米春华，巫仕振，等. 急倾斜煤层综放面泥沙流事故防治技术 [J]. 煤炭科学技术，2008，36 (1): 35-37.
- [6] 刘魁. 矿井急倾斜煤层开采实践 [J]. 科技信息，2011 (36).

[责任编辑：李青]