

# 工作面回采前突水溃沙机理研究

张平生 赵兴华

国家能源集团神东煤炭集团石圪台煤矿 陕西 榆林 719315

**【摘要】**神东煤炭集团石圪台煤矿水文地质类型为复杂型,综采工作面生产过程中往往会受到突水的威胁,为保障工作面安全顺利回采,必须要对工作面是否具有突水性进行分析。以22上207综采工作面为背景,从充水水源、充水通道、充水强度三个方面分析工作面的充水情况,对工作面的探放水钻孔疏放效果进行评价,对工作面的顶板冒落形态和导水性进行分析,结果表明:工作面冒落带高度为13.2m,导水裂隙带发育高度为46.6m,在工作面回采后,12煤采空区积水是工作面的直接充水水源,工作面煤层回采后形成的导水裂隙带是工作面的主要充水通道。工作面支架后冒落区域有突水的风险,回采过程中工作面具备突水的水源、流动通道、动力源及流动空间,但是突水的动水压力不足,工作面不具备大规模突水的条件。

**【关键词】**突水溃沙;综采工作面;疏放钻孔

## Study on Mechanism of water inrush and sand break before mining

Zhang Pingsheng Zhao Xinghua

(Shigetai Coal Mine, Shendong Coal Group, National Energy Group, Yulin, Shanxi, 719315)

**Abstract:** Shigetai Coal Mine of Shendong Coal Group is an integrated mine with complex geological conditions. In order to ensure the safety of mining, aiming at the working face of 22207, the mechanism of water inrush and sand break in the working face is searched by using the water source, water channel and water intensity, combined with the analysis of roof caving form and water sand conductivity. The results show that the working face does not have the conditions of large-scale water inrush and sand break.

**Key words:** water inrush; sand break; mining

多年来,许多专家对突水机理进行了深入研究,研究突水发生的规律、特征、类型、及突水的判据等方向<sup>[1-6]</sup>,部分学者认为破碎岩体突水通道沟通了含水层和巷道采空区的水力联系导致突水<sup>[7]</sup>,而且地下水总是寻找采掘区域内的构造软弱带,突破其中的关键部位(层)形成突水<sup>[8]</sup>。有些专家采用水化学分析方法<sup>[9]</sup>,建立回归分析模型<sup>[10]</sup>用于解决突水难题,还有学者为解决断层突水问题研究断层分布规律<sup>[11]</sup>,指出在突水过程中流速呈现阶跃式增加<sup>[12]</sup>,以上研究对煤矿防治突水工作都有积极的推动作用。

### 1 工作面情况

22上207工作面位于22上煤二盘区,工作面走向长2245m,工作面倾向长304m,面积为68.2万m<sup>2</sup>,工作面采用走向长壁后退式一次采全高综合机械化采煤方法,全部垮落法处理采空区顶板。

工作面上覆12206顺槽外房采空区,松散层厚度1.94-5.5m,靠回撤通道较厚;基岩厚度28.3-96.8m,靠回撤通道及切眼附近较薄;12煤与22上煤的层间距厚度为6.2-20m,靠回撤通道处较薄;上覆采空区低洼区域以及局部起伏段低洼区域,可能存在积水。工作面回采22上煤将对该区域造成扰动,使得导水裂隙带将沟通12煤开采形成的裂隙,造成煤层重复扰动导通上覆松散沙层含水层。

### 2 工作面突水溃沙机理研究

#### 2.1 充水水源

回采后的采空区的上部会形成冒落带和导水裂隙带,会成为工作面充水通道。开采完煤层后,导水裂隙带可以直接影响上覆采空区、第四系松散沙层含水层以及地表,这样的后果是地表水、地下水和大气降水可能会同时涌入矿井,导致煤矿透水事故、工作面突水溃沙

危害事故发生。

根据《煤矿防治水手册》中计算公式,冒落带和导水裂隙带高度为:

$$H_m = \frac{100 \sum M}{4.7 \sum M + 19} \pm 2.2$$

$$H_f = \frac{100 \sum M}{1.6 \sum M + 3.6} \pm 5.6$$

式中:  $\sum M$  为累计采厚。

按照工作面平均煤厚 1.8m, 累计采厚  $\sum M$  为 4.3m 计算, 得出冒落带高度为 13.2m, 导水裂隙带发育高度为 46.6m。工作面上覆基岩厚度为 70 ~ 80m, 由切眼向回撤通道逐渐变薄, 松散沙层厚度约 3.5~20m, 12 煤与 22 煤层间距为 29 ~ 31m。通过计算可知, 在工作面回采后, 导水裂隙带可能通过对接 12 煤开采发育的导水裂隙带, 形成统一的导水裂隙, 在 12 煤采空区及基岩较薄地段穿透基岩并沟通松散沙层含水层。因此, 12 煤采空区积水、基岩裂隙水、第四系松散沙层水是工作面的直接充水水源。

## 2.2 充水通道

### (1) 导水裂隙带

通过前文可知, 工作面冒落带高度为 13.2m, 导水裂隙带发育高度为 46.6m。工作面上覆基岩厚度为 28.3~96.8m, 由于上覆 12 煤已经回采, 平均厚度约为 2.2m, 12 煤回采后导水裂隙带发育高度约 35m, 沟通了基岩并穿透至松散沙层含水层。工作面与 12 煤间距为 29~31m, 工作面回采后, 导水裂隙带通过 12 煤采空区导水裂隙带, 穿透基岩沟通松散沙层, 使基岩裂隙砂岩水与松散沙层水成为了工作面的充水水源, 22 煤层回采后形成的导水裂隙带为工作面的主要充水通道。

### (2) 断层、构造等地质异常体

工作面内圈成过程中未发现断层、构造等地质异常体。

### (3) 老窑突水通道

工作面回采时, 塌陷裂隙沟通上腹巷道, 并与上覆已采工作面裂隙形成整体裂隙, 构成导水通道。

## 2.3 充水强度

影响工作面充水强度的主要因素是上覆 12 煤采空区积水、第四系松散沙岩含水层、煤系地层基岩裂隙含水层的富水性。工作面与 12 煤间距为 5~20m, 导水裂隙带发育高度为 46.6m, 导水裂隙带沟通上覆采空区, 如果不进行探放水, 老空水将对工作面形成水害威胁。

工作面巷道掘进过程中, 按照先探后掘原则施工探放水钻孔, 均未出现涌水。工作面切眼、辅运的疏放薄基岩区松散层水钻孔初始涌水量 2~5m<sup>3</sup>/h 左右, 工作面回风顺槽的疏放 12 煤采空区积水钻孔有 2 个孔出现涌

水, 初始涌水量均为 70m<sup>3</sup>/h, 疏放水量 10410m<sup>3</sup>, 从疏放水情况来看, 22 上 207 工作面上覆充水水源富水性不强, 对工作面的威胁程度一般, 但是不排除在构造发育段、局部富水区及薄基岩区段可能对工作面的回采产生影响。

## 2.4 顶板冒落形态及导水性分析

### 2.4.1 顶板冒落形态分析

浅埋煤层开采时, 顶板冒落形态主要有三种类型:

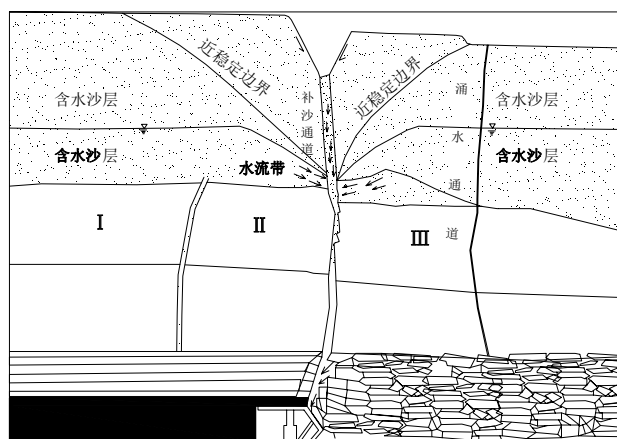


图 1 顶板不同通道剖面示意图

Fig.1 Section diagram of different channels of roof

### (1) 工作面支架前方切顶区域

工作面回采至周期来压的位置时, 由于应力集中, 支架前方工作面煤壁上方可能产生切顶现象, 导致突水。因此应保证支架足够的初撑力, 并及时跟进, 防止上覆基岩形成错断, 导致工作面采场上部直接突水。正常情况因错断距较小, 不会形成突水。如图 1 中的导水通道 I。

### (2) 工作面支架后冒落区域

随着工作面的推进, 采空区在工作面支撑的后方形成了垮落式冒落。该区域的煤层直接位于岩石层的顶部。由于重力、挤压力和弯曲张力的共同作用, 沿垂直方向形成更多的断裂表面, 并且层间滑动表面沿水平方向沿着弱表面出现, 并且呈碎块状, 落入并填充在采空区中时, 整体大小从底部到顶部逐渐增大。由于弯曲变形, 上部旧顶板岩石中的拉伸裂缝通常沿垂直方向产生裂缝。裂纹在顶部宽在底部窄, 在重力作用下, 沿裂纹表面形成的滑动和位错的深度更大。这种滑移到达上覆饱和含水砂层, 将不可避免地导致含水砂层中的水和砂子沿着尚未塌陷的岩梁和有塌陷的岩块之间的裂缝流入工作面。在工作面被切开。这导致在工作面发生突水事故。断裂面 II 见图 1。

### (3) 采空区冒落区域

随着工作面的不断推进, 新的冒落减小了所形成的碎沙裂缝表面的错位距离, 并且缝隙得到了修复。另

外,砂岩含水层的水位降低,并且充水通道逐渐减小。因此,在新的裂缝形成之后,早期形成的溃沙裂隙表面基本停止了溃沙,水和砂流入后来出现的新裂缝中并喷出。断裂面Ⅲ如图1所示。

通过对基岩顶板冒落形态(图1中的通道I)分析,只要确保支架带压支护,及时跟进,防止架前基岩错动,成为通道的可能性较小。因此,在工作面回采中,刚形成的冒落、裂缝带成为突水溃沙的主要通道(图1中的通道II),对工作面安全生产构成威胁。

#### 2.4.2 导水性分析

工作面上覆基岩顶部有较薄黄土层,约厚3.5~20m,局部黄土缺失段使基岩与水沙直接接触。工作面上覆存在12煤采空区,根据前文计算可知,导水裂隙带在工作面大部分区段将穿透基岩波及到第四系松散沙层,甚至沟通至地表,存在突水溃沙的危险。虽已对松散沙层含水层进行疏放,但疏放水量不大,沙层含水层仍具有一定的含水性,工作面具备水沙溃涌的物质基础。工作面水沙流动通道主要为冒落裂隙通道,工作面顶板冒落带最大高度约为13.2m。导水裂隙带通过对接上覆12煤旺采形成的裂隙导通到上部含水沙层,回采时工作面大部分区段内导水裂隙带高度将发育至松散沙层,具有水沙流动的通道。

工作面对上覆12煤采空区积水进行了探放水工程,采空区积水得到了有效疏放。12煤采空区积水水量不大,松散沙层含水层富水性较弱,动水压力不大。但在雨季极端天气下,回采时形成的煤层扰动裂隙可能构成导水通道,洪水可携带泥沙涌入井下。因此,工作面不具备突水溃沙的动水压力,但不排除构造发育段及极端天气下的降水引起突水溃沙。工作面采用的是综采采煤,具备水沙溃涌容纳水沙流入的空间。

只有当水沙源、流动通道、动力源、流动空间四个要素同时具备时,方可导致工作面突水溃沙事故的发生,工作面大部分区域范围,导水裂隙带高度发育至基岩,并穿透基岩沟通松散沙层,但由于松散含水层富水性不强,突水溃沙的动水压力不足,工作面不具备大规模突水的条件,不会造成严重灾害影响。

### 3 结论

工作面平均煤厚1.8m,冒落带高度为13.2m,导水裂隙带发育高度为46.6m。

在工作面回采中,刚形成的冒落、裂缝带成为突水溃沙的主要通道,对工作面安全生产构成威胁,支架前方切顶时不会形成溃沙,支架后冒落区可能会导致工作面水沙溃涌事故的发生,采空区冒落后溃水通道呈逐渐减小趋势。

工作面大部分区域范围,导水裂隙带高度发育至基岩,并穿透基岩沟通松散沙层,但由于松散含水层富水性不强,突水溃沙的动水压力不足,工作面不具备大规模突水溃沙的条件,不会造成严重灾害影响。

### 【参考文献】

- [1] 李满洲,余强,郭启良等.地应力测量在矿床突水防治中的应用——以河南夹沟铝土矿床突水防治工程为例[J].地球学报,2006,27(4):373-377.
- [2] LIF 技术与 SIMCA 算法在煤矿突水水源识别中的研究[J].光谱学与光谱分析,2016,36(1):243-246.
- [3] 施龙青,宋振骥.煤层底板突水条件及其位置分析[J].煤田地质与勘探,1999,27(5):49-51.
- [4] 罗焕炎,陈雨孙.地下水运移的数值模拟[M].北京:中国建筑工业出版社,1988,102-200
- [5] 刘其声.关于突水系数的讨论[J].煤田地质与勘探,2009,37(4):34-37.
- [6] 王玉芹.煤层底板突水机理分析与预测分区[J].煤炭科技,2000(2):16-17.
- [7] 杨斌,杨天鸿,师文豪等.基于非达西流模型的煤矿突水渗流机制数值模拟[J].金属矿山,2017,(6):180-184.
- [8] 尹尚先,王尚旭,武强.陷落柱突水模式及理论判据[J].岩石力学与工程学报,2004,23(6):964-968.
- [9] 刘剑民,王继仁,何治良.基于多元混合模型的煤矿矿井突水水源分析[J].中国安全科学学报,2013,23(12):95-100.
- [10] 温廷新,张波,邵良杉.矿井突水水源识别预测研究——以新庄孜矿为例[J].中国安全科学学报,2014,24(2):100-106.
- [11] 杨天鸿,陈仕阔,朱万成等.矿井岩体破坏突水机制及非线性渗流模型初探[J].岩石力学与工程学报,2008,27(7):1411-1416.
- [12] 王冬平,采动诱发隐伏陷落柱突水机制与渗流耦合模型研究[J].煤炭工程,2016,48(7):93-96.