

## 孙村矿高承压奥灰水突水机理分析及防治

王根东

(新汶矿业集团公司孙村煤矿, 山东 新汶 271219)

**摘要:** 随着矿井开采深度的加深, 奥灰突水几率增大。孙村煤矿在防治奥灰突水的生产实践中, 汲取其他矿井突水事故的经验教训, 结合矿井生产中对奥灰水防治取得的认识。在41119工作面开采中, 理论与实践相结合, 提高了奥灰水防治的理论及手段。采用条带开采的新方法, 做好防突水准备, 杜绝了工作面出水; 保证了矿井高效、和谐发展, 提高了经济效益, 在高承压奥灰水防治中取得成功。

**关键词:** 奥灰; 承压水; 条带开采; 防治

### 1 开采条件

#### 1.1 地质条件

孙村煤矿含煤地层为石炭二叠纪, 厚度300 m, 含7个可采煤层, 即2、3、4、6、11、13、15层煤。其中2、4、11煤层为中厚煤层, 其他为薄煤层。2、3、4、6层煤为前组煤, 11、13、15层煤为后组煤。孙村井田基本属一简单的单斜构造, 地层倾向 $20^{\circ} \sim 60^{\circ}$ , 走向 $110^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 。开拓方式为斜、立井混合式多水平中央石门分组集中运输大巷开拓。近走向的F10断层把井田分为南、北两区, 南区开采基本结束。

41118工作面开采11煤层。工作面位于井田北区-800 m水平后组煤四采区第二亚阶段。该面煤层走向 $120^{\circ} \sim 150^{\circ}$ , 倾角 $16.5^{\circ} \sim 18.5^{\circ}$ 。煤层厚度1.63 m。工作面走向长1 100 m, 倾斜宽160 m, 面积17.6万  $m^2$ , 储量38万t。煤层直接顶为粉砂岩, 厚度0.1~6 m; 基本顶为中粒砂岩, 厚度16~23 m; 底板为粉砂岩, 厚度2.5 m。该工作面以五采回风石门煤柱和F9断层分为东、西两大块段, F9断层至切眼为西块段, F9断层至采区上山为东块段。工作面标高-628.9~-708.0 m, 向切眼方向标高逐渐降低。

#### 1.2 水文条件

11层煤直接充水含水层为直接顶之上的砂岩基本顶, 含砂岩裂隙水。底板间接含水层有第四层石灰岩, 为弱岩溶裂隙水, 据巷道揭露主要以滴、淋水性进入巷道。再向下有徐灰、奥灰强岩溶裂隙含水层。11层煤至四灰34 m, 四灰厚6 m, 为13层煤直接顶板; 至徐灰83 m, 徐灰厚15 m; 至奥灰114 m, 奥灰厚800 m, 奥灰水位+184 m。

41119工作面位于后四采区第三亚阶段, F9断层横穿工作面, 41119工作面上有41117工作面及41118工作面已采煤完毕, 在41118工作面回风巷掘进时, 41117采空区发生滞后出水, 出水量 $0.2 m^3/min$ ; 41118工作面于2003年10月4日安全开采280余米后开始出水。初始出水量约在 $1.1 m^3/min$ , 出水较稳定, 自2004年8月开始出水量逐渐变小, 现约在 $0.3 m^3/min$ 左右。这两次出水

### 安全科普知识

- ◆ 不断发展的三维地震勘探技术
- ◆ 钻探勘查技术
- ◆ 中国煤炭能源新产业发展现状
- ◆ 中国煤炭煤质特征
- ◆ 中国煤炭煤质特征1
- ◆ 中国煤炭分类国家标准中各类煤
- ◆ 怎样做好煤矿新工人安全教育培训
- ◆ 我国煤矿职业危害的防治对策
- ◆ 数字解读山西煤炭
- ◆ 数字化矿井筑起安全保障线

[更多>>](#)

### 专家答疑

- ◆ 主巷道的风力
- ◆ 煤矿启封密闭的安全技术措施
- ◆ 主井的防腐处理
- ◆ 上隅角瓦斯治理
- ◆ 请问有没有办法让烟煤变成无烟煤变无烟煤
- ◆ 请问缺失挥发份的值怎么计算
- ◆ 证件
- ◆ 皮带断带的问题
- ◆ 抽出式局部风机的用途

[更多>>](#)

说明, 41119工作面开采存在受奥灰水出水威胁。为此, 回采前必须对工作面采取防治措施, 而采取疏水降压或采用底板加固方法进行开采, 在目前状况下条件尚不具备。

## 2 工作面开采前的水文工作

### 2.1 41119工作面的电法探测

41119西工作面底板异常富水区主要有两个, 一是在f13断层和f19断层组成的上平巷中部块段中, 以靠近41118工作面突水点处为中心, 向东西两侧各150 m左右, 距上平巷40 m的范围内所组成的富水带; 二是沿F9断层带发育的富水带, 低阻带与奥灰相连具备导通奥灰水的条件, 因此需要重点防治, 留好断层煤柱。实现对这两处异常区的控制, 就可以较可靠地实现安全生产。

### 2.2 水文观测孔的设计与施工

共设计施工02—800—1观测孔及02—800—2钻孔。取得了如下成果:

(1) 02—800—1观测孔: 钻进到152.6 m时奥灰出水增至 $0.02 \text{ m}^3/\text{min}$ , 水温 $41 \text{ }^\circ\text{C}$ , 水压 $7.5 \text{ MPa}$ , 此后钻进过程中水量基本保持在 $1.2 \sim 1.44 \text{ m}^3/\text{h}$ 左右, 水压在 $7.2 \text{ MPa}$ , 2004年9月7日撤钻, 终孔层位为奥灰下 $69.4 \text{ m}$ , 实际钻孔深度为 $172.25 \text{ m}$ 。测得稳定水压为 $7.22 \text{ MPa}$ 。煤11至奥灰的层间距为 $100.25 \text{ m}$ 。

(2) 02—800—2钻孔: 11月17日钻进至奥灰至 $169.1 \text{ m}$ , 出水形式为突然出水沿钻杆与钻孔之空间喷出达到顶板, 出水时携带杂色粘土岩细粒及岩粉泥浆。出水量达到 $55 \text{ m}^3/\text{h}$ , 水温 $43 \text{ }^\circ\text{C}$ , 最高水温达到 $44 \text{ }^\circ\text{C}$ , 初沿水压为 $8 \text{ MPa}$ , 2 d后换低量程 $10 \text{ MPa}$ 压力表测得水压为 $7.22 \text{ MPa}$ , 经过放水, 测得水量最高为 $1.13 \text{ m}^3/\text{min}$ 。整个钻孔施工完毕。煤11至奥灰的层间距为 $114 \text{ m}$ 。

通过以上两钻孔的施工, 基本查明了深部11层以下地层岩性、深度及厚度, 探明了徐、奥灰的含水性, 达到了设计目的, 为今后后组煤开采评价提供了基础数据。

## 3 与周边矿井奥灰富水区的水力联系分析及富水异常区确定

### 3.1 水质化验与分析

良庄矿51101西工作面水质化验资料,  $\text{K}_+$ 和 $\text{Na}_+$ 含量 $397 \text{ mg/L}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ 含量 $491 \text{ mg/L}$ ,  $\text{HCO}_3^{2-}$ 含量 $261 \text{ mg/L}$ 。41117工作面水质化验结果,  $\text{K}_+$ 和 $\text{Na}_+$ 含量 $468.2 \text{ mg/L}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ 含量 $586 \text{ mg/L}$ ,  $\text{HCO}_3^{2-}$ 含量 $376 \text{ mg/L}$ 。通过对比分析主要离子含量基本一致, 水型为硫酸盐—重碳酸盐—钾钠型。这说明后四采区出水与良庄奥灰出水为同一水源, 证明了后四采区与良庄矿五采区奥灰水力联系密切。

### 3.2 构造分析

孙村矿已进入深部开采, 所有采场在 $F_{10}$ 断层以北,  $F_{10}$ 断层为贯穿整个矿区的区域性断层, 落差在 $200 \sim 400 \text{ m}$ 。良庄矿突水工作面皆在 $F_{10}$ 断层以北, 与

孙村矿同属一构造区域内,水文地质条件一致。

### 3.3 水量变化分析

良庄矿51302工作面突水后,良庄矿-580 m水平下车场奥灰2<sup>#</sup>观测孔水压,当天下降了1.0 MPa,8月13日16时水压下降至5.1 MPa。位于51101(W)工作面以南的-580 m水平总回风巷的奥1观测孔和徐3观测孔,水压稳定。41118工作面的出水量有减小现象。现在51302工作面水量稳定在10.0 m<sup>3</sup>/min,-580 m水平奥灰2<sup>#</sup>观测孔水压稳定在5.4 MPa,51101(W)工作面涌水量有所减小,现为0.4 m<sup>3</sup>/min。

### 3.4 水压观测类比

良庄矿51302工作面出水后,-580 m水平总回风巷观测孔水压虽然没有变化,但是51101(W)工作面涌水量由0.7 m<sup>3</sup>/min下降到了0.4 m<sup>3</sup>/min,说明了51101工作面和51302工作面还是有一定的水力联系。41118工作面涌水量也有所减小,由0.8 m<sup>3</sup>/min降为0.5~0.6 m<sup>3</sup>/min,也存在水力联系。

良庄矿-580 m水平奥灰观测孔现水压为5.42 MPa,水平标高在-38 m。后四奥灰观测孔水压为7.22 MPa,水位标高-78 m。两矿比较相差水平40 m。良庄矿-580 m水平奥灰观测孔距孙村矿奥灰观测孔1 000 m。

通过以上涌水量变化和观测孔水压分析,认为良庄矿51101(W)、51302突水工作面和孙村矿41117、41118、41119工作面至奥灰观测孔区域,处于同一水文地质单元内,存在一强奥灰径流区。

## 4 煤层底板水机理的分析研究

### 4.1 三个突水实例分析

相邻良庄矿51101西工作面在41118工作面以西1 000 m,1999年12月投产。2000年6月27日发现工作面底板涌水量0.5 m<sup>3</sup>/min,7月20日达2 m<sup>3</sup>/min,之后剧增,8月29日水量达到9 m<sup>3</sup>/min,9月14日达到最大值12.87 m<sup>3</sup>/min。随之工作面停采,之后水量有所减少,水量为10.5 m<sup>3</sup>/min。通过地面注浆堵水,现剩余水量为0.7 m<sup>3</sup>/min。

41118工作面西块段2003年5月份开始采煤,8月中旬采过1号异常区。至9月底工作面推进了258 m,工作面上头接近了2号异常区。10月4日3时,安全检查员发现工作面下头及以上16 m处有涌水。当时涌水量0.3 m<sup>3</sup>/min。矿上立即停止了工作面推进,确定撤面搬家。10月5日10时,工作面上头又发现了新出水点,水量0.15 m<sup>3</sup>/min。由于工作面为仰采,涌水流进了采空区。10月6日夜灌满采空区,涌水量0.8 m<sup>3</sup>/min。到10月7日涌水量达到最大1.2 m<sup>3</sup>/min。2003年10月12日至今涌水量稳定在0.6 m<sup>3</sup>/min。

41118工作面上部相邻的41117工作面在开采过程中,曾有少量顶板砂岩裂隙水涌出未影响生产。自切眼开采250 m停采,停产7个月后,在掘进41118工作面回风巷时留有3~5 m煤柱,受矿山压力影响,41117工作面发生采空区底板滞后出水,涌水量0.2 m<sup>3</sup>/min。

对于影响煤矿底板突水的主要因素：含水层、地质构造、承压水、隔水层及矿山压力等早有认识，从以上不同的侧面研究了煤矿开采过程中底板突水机理，但局限于水文地质条件及地质构造的研究、水压及隔水层厚度关系；由于突水是多种因素综合作用的结果，因此具有随机性，多年来一直束缚于“突水系数”上面，对矿山压力影响只停留在感性认识上，未能从矿山压力控制理论对底板突水形成原因进行有效研究与应用。

以上3个工作面，出水时间在开采后5~6个月内，即开采走向长度在相仿位置发生突水，开采煤层相同，地质、水文地质条件相类似，发生突水的特点十分明显，通过分析，水文条件是基础因素，地质构造是主要因素，开采时矿山压力的作用成为首要控制因素，其他因素在矿山压力的影响下加剧了显现，增加了突水几率。

#### 4.2 矿山压力对底板隔水层破坏机理分析

根据《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》计算采动底板破坏深度 $h_1$ ：

$$h_1=0.008 \ 5H+0.166 \ 5a+0.107 \ 9L-4.357 \ 9$$

根据《底板突水机理及预测预报》所开发的“采场底板突水预测预报软件”，取底板坚固性系数为3，则-800 m水平底板破坏深度在22 m左右。

从上式可以看出，在煤层赋存条件一定的情况下，底板破坏深度与工作面开采长度呈正比关系，开采面长越长，对底板破坏深度越大。

煤体以支承压力高峰位置为起点向煤体前方沿下斜线深入煤层底板。在向采空区方向，相应地承压力由峰值状态向低应力状态过渡，煤层底板综合状态向膨胀状态过渡，因这部分的煤层底板已遭受过支承压力峰值的破坏，丧失原始隔水性能，成为导水通道。

根据开采经验，由11121深井高应力集中区(孤岛煤柱下)工作面跨采巷道峒室变形预测的研究成果， $k_{跨}=k_{固} \times k_{移}$ 的关系式可以得知，下组煤层开采支承压力为：前组煤柱矿山压力与开采煤层的矿山压力叠加为矢量积关系。从以上关系可以得知，在深部开采条件下，矿山压力的传播深度应达到120~140 m左右，即11层煤开采时支承压力传播影响波及到奥灰。

取得的认识为：底板支承压力的传播向深部呈一定的衰减趋势，因此，对底板岩石的破坏强度也依次减弱。受损底板首先破坏断裂部位为采空区暴露部位；随着开采的推进，底板压力峰值线随推进前移，引起了底板岩石受力由原岩应力变化至支承高峰应力再到采后应力释放这一过程，从而引起采空区边缘应力重新分布，由于应力的重新分布作用于岩石导致破坏；岩石的破坏强度，与应力的大小有关，即向深部呈衰减趋势，但大小大于原岩应力破坏影响。同时，与其他影响因素共同作用，在存在构造、原生裂隙、溶洞等薄弱结构面或空间的条件下，引起这些地点应力变化的二次分布，加剧了破坏程度。揭示奥灰突水往往以点方式突出原因随着开采推进，在矿山压力、构造影响共同作用的结果。

因此，开采对底板隔水岩层的破坏是不可避免的，但破坏的程度与岩层

的原生状态有直接关系。是否产生出水通道，是支撑压力、岩性组合、岩层原生状态、构造影响、水压劈裂作用共同作用的宏观显现。其中，支撑压力影响、控制、促进着其他因素的发展，其作用是相辅相成的。怎样控制才能实现安全生产呢？必须从基础入手，主要从降低支承压力影响考虑。

## 5 防治水管理措施

### 5.1 提前做好工作面搬家准备

F<sub>9</sub>断层落差10 m，提前施工过F<sub>9</sub>断层的切眼，以便断层以西开采有徐、奥灰水涌出时，及时撤出搬家，不影响正常安全生产。

### 5.2 减小矿压对煤层底板的破坏

采用综合机械化采煤设备，保持工作面匀速推进，制定了缩短工作面长度、减小工作面悬顶，控制采高、及时放顶、减少采动影响的破坏深度的措施。

① 工作面初次放顶所允许的最大悬顶距离在采用垮落法管理顶板的工作面自切眼推进8 m，直接顶冒落高度达不到采高的1.5倍，倾斜长度超过工作面长度的1/3时，必须强制放顶；推进15 m直接顶冒落高度达不到采高的1.5倍，倾斜长度超过15 m时，必须停止采煤，强制放顶。

② 采用垮落法管理顶板的工作面正常推进过程中，出现2 m×5 m及以上悬顶时必须采取加强支护措施。悬顶距离超过下列数据：中厚煤层悬顶距大于5 m，倾斜长度超过15 m；薄煤层悬顶距大于7 m，倾斜长度超过15 m；必须采取强制放顶和其他加强支护措施。中厚煤层悬顶距达到8 m，倾斜长度达到15 m；薄煤层悬顶距达到10 m，倾斜长度达到15 m；必须停止采煤，强制放顶。强制放顶要制定专门的安全技术措施。

③ 稳定、非常稳定顶板煤层开采，垮落法管理顶板，初采必须在切眼内布置一排放顶眼将顶板切断，工作面推进8 m开始强制放顶，放顶眼每组3个，眼深不低于采高的1.5倍。

### 5.3 缩短工作面长度

为了躲开上一工作面的异常区，重新补掘了回风巷，工作面长度由160 m缩短为120 m，留设40 m的防水煤柱。采用走向、倾向长条带开采。

根据物探、钻探等方法探明了工作面底板的富水性及工作面异常区富水程度，将41119西工作面分成两大块段进行开采。

(1) I块段开采。从切眼在下平巷开采走向长度85 m、上平巷开采走向长度130 m，工作面面长137 m，面积约1 427.5 m<sup>2</sup>，与上述两工作面比较，此块段开采符合开采走向长度低于工作面面长时能安全开采的经验理论值。因此，设计上述开采长度是合理的，能保证安全生产。

(2) f<sub>13</sub>断层和F<sub>9</sub>断层之间II块段开采。由于此块段在回风巷以靠近41118工作面突水点为中心，向东西两侧各150 m左右，距上平巷40 m的范围

内存在一异常区，此段开采方案是：① 对异常区留设40 m的煤柱；开采下部块段，施工补回风巷，缩短工作面开采长度为92 m(平距)，避开了异常区，减少、阻隔了采动裂隙沟通出水区通道的条件等危害因素，起到了从技术落实保障安全生产的作用。② 此块段开采时，在下平巷采用堆设木垛留巷，便于工作面一旦发生出水时，顺利流向41120疏水巷，保证工作面的安全。

#### 5.4 建立健全疏排水系统

掘出41119工作面的疏水巷，在41119工作面低洼处配备有与预计的最大突水量相适应的水泵，并铺设好管路。

#### 5.5 健全管理制度，加强工作面水情的监测、监控

制定了41119工作面突水抢险预案和紧急避险预案。让每位在41119工作面内工作的人员都知道本工作面存在突水危险，从而引起他们的高度警惕性。根据良庄矿51101(W)工作面的出水经过，从发现出水到停面时间为2个多月时间，水量由 $0.5 \text{ m}^3/\text{min}$ ，增大到 $12.7 \text{ m}^3/\text{min}$ 。所以，一旦发现水情应立即停止工作面推进，不要使出水通道扩大至关重要。制定了工作面24 h水情监测、监控的措施。安全检查盯岗人员必须每班3次巡视观察水情，每班必须有采煤工区管理人员盯面盯岗。地测部门每天都有人员观察水文情况。

## 6 结语

在奥灰水突水机理上取得了新的认识，丰富了奥灰水突水理论；通过研究矿井水文地质条件，确定了富水区域及与周边矿井富水区的水力联系，在采用物控、钻探等手段探明矿井水文特征的基础上，通过加强理论研究，分析确定了水文条件是基础因素，地质构造是主要因素，开采时矿山压力的作用成为首要影响、控制、促进因素，其他因素在矿山压力的影响下加强了显现，增加了突水机率。从矿山压力研究成果的拓展认识确定了矿山压力的传播深度应达到120~140 m左右，即11层煤开采时支撑压力传播影响波及到奥灰。在原岩应力破坏影响下，其他影响因素共同作用，在存在构造、原生裂隙、溶洞等薄弱结构面或空间的条件下，引起这些地点应力变化的二次分布，加强了破坏程度，形成突水通道，造成奥灰出水。

奥灰突水机理的研究及条带式开采的成功，为同等条件下受奥灰水威胁煤层开采提供了理论依据及实践经验，具有指导意义。同时，取得了较好的经济效益及社会效益：可创利润1 770万元，为矿井奋斗目标实现奠定了基础，为实现平安全矿井建设起到了技术保障作用。下一步，将继续做好高承压水防治的新技术研究探索，搞好水害探测和预防，实施疏水降压、合理带压开采的技术措施，加强理论与实践的创新，以新技术确保后组煤开采中的矿井防水安全。

作者简介：王根东(1970-)，男，大学本科，工程师。一直从事矿井地质及矿井水文地质工作。

