

文章编号: 0253 - 9993 (2005) 04 - 0459 - 04

# 承压水体上开采底板突水灾害机理的研究

罗立平, 彭苏萍

(中国矿业大学 (北京) 资源与安全工程学院, 北京 100083)

**摘 要:** 以淮北杨庄煤矿 617 综采工作面特大突水事故为研究背景, 通过对其突水地段地质与水文地质情况、突水水源与导水通道、底板防隔水性能、不同应力场相互作用的研究, 认为淮北杨庄矿 617 综采工作面特大底板突水灾害的发生, 是其岩性场、应力场与渗流场耦合作用的结果。最后, 提出了杨庄矿在回采过程中应采取的防治水安全技术保障措施。

**关键词:** 承压水; 底板突水机理; 水文地质条件

**中图分类号:** TD823.83; TD742 **文献标识码:** A

## Mechanism study on water-inrush hazard of floor strata in mining on confined aquifer

LUO Li-ping, PENG Su-ping

(School of Resources and Safety Engineering, China University of Mining & Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

**Abstract:** Based on the extreme disaster of water-inrush through the floor strata in the fully mechanized coal face 617 in Yangzhuang mine, Huaibei coal basin, the study was carried out on the mine geological and hydro-geological conditions in the water-inrush area, the resource of water-inrush and passageway of water-transmit, the water-proof capabilities of the floor strata and the combined effect of different stress fields. The results showed the water-inrush hazard in floor strata is the coupled result of lithology, stress and seepage in 617m mining panel in Yangzhuang mine, Huaibei coal basin. At last, safety measures of groundwater hazards prevention were put forward for mining above confined aquifer.

**Key words:** confined aquifer; water-inrush mechanism of floor strata; geological and hydraulic conditions

煤层底板突水问题一直是困扰华北型煤田煤炭工业可持续发展的主要水患。随着矿山开采深度逐渐加大, 这种水患越来越严重。其中淮北矿业集团公司受底板岩溶承压水威胁的煤炭储量高达 1.9 亿 t, 且底板突水次数多, 严重威胁着煤矿安全生产。最为严重的是 1988 - 10 - 24, 淮北杨庄煤矿 617 综采工作面发生的特大突水灾害, 瞬时水量高达 3 153 t/h, 造成二水平被淹, 经济损失 1.5 亿元<sup>[1]</sup>。因此, 总结经验教训, 为避免类似灾害的发生, 研究杨庄矿 617 综采工作面特大突水灾害的机理, 解决了 6 煤开采底板突水问题, 对承压水体上安全生产与经济效益具有极其重要的理论指导意义和实用价值。

## 1 突水简况

### 1.1 突水地段地质及水文地质概况

杨庄煤矿位于淮北市南约 8 km 处, 井田处在闸河煤田的向斜仰起端, 东、南、西部均以露头为界,

收稿日期: 2005 - 01 - 10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (49872053, 59774003)

作者简介: 罗立平 (1964 - ), 男, 湖南涟源人, 博士研究生。Tel: 010 - 66339633, E-mail: luolp2008@yahoo.com.cn

北部自东向西依次与土型煤矿、新蔡煤矿、朱庄煤矿、相城煤矿、李楼煤矿邻接。东西最长约为 9 km, 南北最宽约为 5.5 km, 面积约 33 km<sup>2</sup>。杨庄煤矿 61采区位于井田中部, 采区内有一 N40°W 深缓的小向斜, 区内没有发现大的断层, 但小型断裂发育, 以 NW 向为主, 多为张性正断层, 611, 613 和 617 三个工作面的突水点均分布于采区小向斜的东翼转折端, 如图 1 所示。

617 综采工作面在掘进过程中共见 9 条落差大于 1.5 m 的正断层, 无涌水、淋水现象。已采范围内见断层 4 条, 其中切眼附近一条正断层落差最大, 为 3.5 m, 余者 0.5~1.8 m 不等。该工作面 6 煤层底板距太原统灰岩 44.3 m, 太原统厚 140 m。夹薄层灰岩 12 层, 灰岩总厚约 60 m, 其中 3, 4, 5, 8, 10, 12 层灰岩较厚, 厚度在 8 m 以上, 余者 2~4 m 不等。一般分上、中、下 3 组, 上组 1~4 层灰岩含水组, 灰岩厚 22~25 m (表 1), 对矿井下组 6 煤开采威胁性大。在上组含水层中 3, 4 层灰岩岩溶裂隙发育, 突水性强<sup>[2]</sup>。

表 1 太原统上组 1~4 层灰岩含水层厚度与间距

Table 1 Thickness and distance of the limestone layer 1~4 at the upper group in Taiyuan formation

名称	一灰	二灰	三灰	四灰	五灰
厚度 /m	1.96	4.19	6.15	10.18	
层间距 /m		3.45	3.25	4.75	4.70

## 1.2 突水灾害的发生经过

杨庄煤矿 617 综采工作面位于该矿二水平 6 煤层 1 采区第 4 阶段, 工作面走向长为 680 m、倾斜长为 105 m, 平均煤厚 2.86 m, 倾角 14°, 工作面风巷标高 -263 m, 机巷标高 -291 m。该综采工作面 1988-09-0 移交生产出煤。10 月 2 日当综采工作面正常推进 42 m 时, 发现机巷采空区方向出水, 实测水量为 59.87 m<sup>3</sup>/h, 由于转载机被淹, 工作面停产, 于 10 月 15 日恢复正常生产, 至 10 月 24 日当工作面推进到 60 m 处, 发现工作面水量突然增大, 实测涌水量为 3 153 m<sup>3</sup>/h, 同日 16:45 水从水泵房吸水井进入泵房, 二水平被淹。这次特大突水灾害, 淹没 4 个生产采区, 经济损失高达 1.5 亿元<sup>[1]</sup>。

## 2 突水灾害的机理研究和预防措施

### 2.1 突水水源与导水通道

据《淮北矿务局杨庄煤矿注浆技术总结》<sup>[3]</sup>: 617 工作面发生突水后, 区域太灰水位大幅度下降 (太原组灰岩观测孔下降值 10.25~61.38 m), 与此同时, 区域奥灰孔水位也有明显下降 (奥灰观测孔下降值 6.64~11.82 m), 位于出水点东部 1 060 m 的 700 孔最大下降值达 28.27 m, 证明太灰水是矿井突水的直接水源, 奥灰水 (奥灰至 6 煤层底板层间距约 220 m) 是间接补给水源, 奥陶系灰岩水在出水区东部 700 孔附近通过某种垂直导水构造 (小型的溶孔、溶洞的集合体) 补给太原群灰岩含水层后, 又顺层流至突水点涌入矿井, 这种看法, 已由注浆工地突水区补注 4 孔延深到奥灰作为水文观测孔, 已被所得观测资料证实, 如图 2 所示。另外, 根据 61 采区东翼地面电法勘探

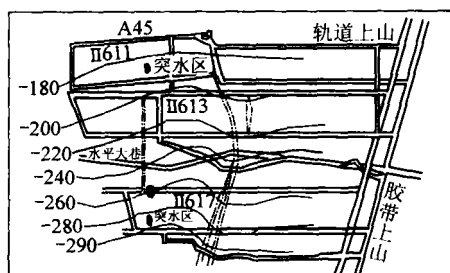


图 1 杨庄矿 61 采区东翼平面布置

Fig. 1 Plan layout of mining division 61 in Yangzhuang mine

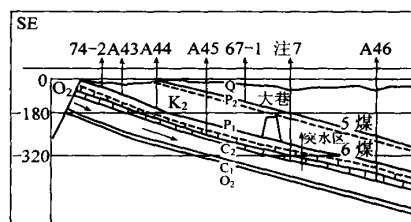


图 2 杨庄矿 617 综采工作面出水点剖面

Fig. 2 Sectional view of the position of water in-rush hazard in mining panel 617 in Yangzhuang mine

资料, 该段灰岩间以垂向补给通道为主, 水平通道较小, 通道的直径一般为 10~20 m, 有的更大, 而钻孔揭露的资料表明, 这些通道并非真正的溶洞或岩溶陷落柱, 而是一些小型的溶孔、溶洞的集合体, 88 注 2 孔于二灰之中, 88 注 8 孔于四灰之中, 617 放 3-3 孔于二灰之中, 揭露的情况均说明了这一点。

经过对该矿构造控水规律资料的研究分析<sup>[2,3]</sup>, 认为 617 工作面突水通道有 2 个: 青谷构造断层带和青龙山逆掩断层西侧一线岩溶带。位于 617 工作面东侧, 走向为 NWW 向的青谷张性断裂带是 617 工作面突水的主要通道, 该断裂带为一强富水带 (据青谷井群抽水实验), 它位于突水区的浅部, 断在奥灰地层上部和石炭系地层的下部, 奥灰水通过该断裂带或其伴生裂隙补给太灰水, 而太灰水通过 6 煤底板断裂带或次生裂隙补给矿井, 因此太灰水是矿井直接突水水源, 奥灰水是矿井突水点的间接水源。青龙山逆掩断层西侧一线岩溶带是 617 突水点的又一通道, 该通道的形成是由于青龙山逆掩断层不导水, 为一阻水带, 断层带西侧由西向东运移的地下水在此受阻, 导致地下水沿灰岩裂隙长期不断地侵蚀, 因此在青龙山逆掩断层西侧形成一岩溶带, 构成 617 工作面突水点的通道。

太原群灰岩高水压是矿井突水的直接水源, 它通过底板隔水层的采动破坏断裂带, 直接突入工作面; 而奥灰水 (奥灰至 6 煤层底板层间距约 220 m) 是侧向间接补给水源, 由于青谷构造断层带和青龙山逆掩断层西侧一线岩溶带这 2 个导水通道的存在, 使奥灰水在该突水区东部 700 孔附近, 通过某种垂直导水构造 (小型的溶孔、溶洞的集合体) 补给太原群灰岩含水层后, 又顺层流至突水点涌入矿井, 从而造成了这次特大突水灾害, 如图 2 所示。

## 2.2 底板阻隔水系统失效突水

通过杨庄矿钻探资料发现, 该工作面 6 煤底板隔水层较薄, 只有 29.43~44.30 m。而据《杨庄矿 617W 工作面采后总结 (水文)》<sup>[4]</sup>: 617E 在堵水过程中发现 6 煤底板近 30 m 破碎不隔水。由此分析可知, 617 工作面在突水前 6 煤底板有效隔水层厚度仅为几米到十几米。另据杨庄矿地质资料<sup>[2,3]</sup>: 在 61 采区向斜轴附近呈现出一条明显的变薄带, 隔水层厚度仅为 29.43 m, 为井田最薄地段, 而煤层厚度很大, 因此层间柔皱现象非常明显, 受其影响底板裂隙特别发育, 在这条变薄带上曾 2 次发生突水灾害, 另有 1 次因出现突水征兆而被迫停采。617 综采工作面的突水点东南方向 450 m 处的 611 工作面曾于 1985 年 11 月发生突水, 最大突水量达 350 m<sup>3</sup>/h; 位于 617 采煤工作面下部采区向斜轴部附近的 A46 孔计算最大出水量为 645.3 m<sup>3</sup>/h, 613 风巷老钻孔 (日伪 4 号) 涌水量 27.4 m<sup>3</sup>/h。611, 617 突水点经地面封堵, 但残余水量仍有 240 t/h, 分别从 617 放水石门和 613 轨道巷流出。由此说明, 沿 61 采区向斜东翼由 611~617 工作面一带, 在其底板隔水岩层中存在一条岩溶构造断裂变薄带, 如图 1 所示。由于 617 工作面东部边界有一富水亚区, 赋存有丰富的水源, 因此, 此岩溶构造断裂变薄带为一强富水带。

从矿区构造方面分析<sup>[2,3]</sup>: 在 617 综采工作面的东侧, 有一条 NNW 向正对该工作面的青谷张性断层, 在东北侧有一条近 NEE 向的岩溶发育带, 在西北侧有一条呈 NWW 向的断层, 都向 617 综采工作面汇集, 因此在它们的末端即工作面周围造成顶底板裂隙呈带状发育。关于这一点, 也可以从 617 综采面已采范围内见断层 4 条, 基本呈带状展布在采区向斜东翼得到证实, 如图 1 所示。

综合以上地质与水文地质资料分析, 说明沿着 61 采区向斜东翼 611~617 工作面, 在其底板隔水层中存在一条强富水岩溶构造断裂变薄带, 正是由于这一条变薄带的存在, 使得该工作面底板隔水层的有效隔水能力大大减弱, 在采动的影响下, 薄的有效隔水层产生破裂, 导通了底板含水层中的太灰水、奥灰水, 从而发生了这次特大突水灾害。

## 2.3 原岩应力场、采动应力场与渗流场的耦合作用

据杨庄矿的应力普查结果<sup>[2,3]</sup>: 61 采区向斜轴附近最小主应力 2.15 MPa, 按采动矿压减 30% 考虑, 仅能承受 1.5 MPa 的压力。而 617 工作面突水前, 太原群灰岩水的静水压力高达 3.3 MPa, 突水系数为 0.93。此外, 根据前面的分析可知, 617 工作面在突水前 6 煤底板有效隔水层厚度仅为几米到十几米。因此, 该工作面在开采前, 静水压力高达 3.3 MPa 的太灰水, 尚可对 6 煤底板岩石产生软化和挤压破坏作

用,使仅为几米到十几米的有效隔水层隔水能力进一步降低,存在较大的突水危险性;而在开采后,仅为几米到十几米的有效隔水层岩体,在采动压力作用下,由三向受压转变为二向或单向受压状态,甚至部分岩体出现拉应力,产生破裂,从而导致薄的隔水层丧失隔水能力,此时高压太灰水就会沿着此采动裂隙突入工作面,造成底板突水灾害。此外,由杨庄矿地质资料分析可知<sup>[1~3]</sup>,617综采工作面,1988-10-02当采煤工作面推进到距切眼约42m(老顶第2次来压和第3次来压范围内)后,发现机巷采空区方向出水,实测水量 $59.87\text{ m}^3/\text{h}$ ,表明此时工作面下出口煤层底板在支撑压力区与卸压区交界处形成了剪应力区,使6煤层底板岩体发生剪切破坏(即零位破坏),从而导致该工作面底板局部突水。10月15日采煤工作面恢复正常生产,至10月24日当工作面推进到距切眼60m时,发现工作面水量猛增至 $3\,153\text{ m}^3/\text{h}$ ,致使二水平被淹。根据出水特征,主要出水点相对集中在工作面下部的10月2日停产线附近,风巷小断层处可能出现离散的小出水点。据以上资料分析,该工作面10月2日停采线的底板岩层,在10月24日时处在距煤壁18m远的采空区内,由于采空区内底板岩体的卸载,极大地提高了其渗透性能,从而使底板中原始的水力导高带升高,再加之底板岩体在采动和水压的共同作用下,其破坏带增加,结果导致该工作面底板突水由局部扩展为区域,致使二水平被淹,造成特大突水灾害。

#### 2.4 预防措施

杨庄矿617综采工作面底板特大突水灾害的机理研究表明<sup>[4~11]</sup>:降低水压和采动影响强度是抑制底板岩层采动、水压破坏的根本途径。因此,为预防承压水上开采底板突水,可根据实际工程地质、水文地质及开采条件,因地制宜地选择如下防治底板突水的措施与方法:疏降底板高承压含水层;注浆加固与改造底板隔水岩层;选择合理的开采方法,如对拉工作面开采等以降低采动影响。

### 3 结 语

沿611~617工作面一带,在其底板隔水岩层中存在一条构造断裂变薄带,减弱了其底板隔水和承压能力。太原群灰岩高压通过底板隔水层断裂带直接进入工作面,奥灰水侧向间接补给水源使这次灾害进一步扩大。在水压和矿压的耦合诱导作用下,底板隔水岩层破坏,结果发展为区域突水灾害。综上所述,杨庄矿617综采工作面特大底板突水灾害的发生,是其岩性场、应力场与渗流场耦合作用的结果。

#### 参考文献:

- [1] 赵全福. 煤矿安全手册 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1992.
- [2] 淮北矿务局, 煤炭科学研究总院西安分院. 淮北矿区下组煤安全开采综合防治水技术研究 [R]. 1995.
- [3] 淮北矿务局地测处, 合肥工业大学资源与环境工程系, 淮南矿业学院地质系, 闸河煤田南部矿区构造控水规律与区域水文地质条件研究 [R]. 1994.
- [4] 黎良杰, 钱鸣高. 断层突水机理的研究 [J]. 煤炭科学技术, 1996, 21 (2): 12~23.
- [5] 黎良杰. 采场底板突水机理的研究 [D]. 徐州: 中国矿业大学, 1995.
- [6] 王作宇, 刘鸿泉. 煤层底板突水机制的研究 [J]. 煤田地质与勘探, 1980 (1): 6~9.
- [7] 黄侃, 彭苏萍, 罗立平, 等. 承压水体上对拉工作面开采合理错距的确定 [J]. 中国矿业大学学报, 2000, 10 (2): 216~220.
- [8] 罗立平. 承压水体上对拉工作面开采煤层底板突水机理的研究 [D]. 北京: 中国矿业大学 (北京), 2000.
- [9] 彭苏萍, 王金安. 承压水体上安全采煤 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2001.
- [10] 罗立平, 彭苏萍, 王金安. 承压水体上对拉面开采的矿压观测研究 [J]. 矿山压力与顶板管理, 2002, 19 (1): 83~84.
- [11] 罗立平, 彭苏萍, 王金安. 承压水体上对拉面开采关键技术对策 [J]. 矿山压力与顶板管理, 2004, 21 (4): 20~22.