

Stress-Seepage-Temperature Multi-Field Coupling Monitoring Technology for Stope Floor

Zedong Xu, Duoxi Yao, Haifeng Lu, Le Zhou, Li Cao

College of Earth and Environment, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui
Email: 2290124259@qq.com

Received: Sep. 3rd, 2018; accepted: Sep. 19th, 2018; published: Sep. 27th, 2018

Abstract

At this stage, China's mine water damage is becoming more and more serious. How to effectively prevent mine water inrush is particularly important. Based on the existing research on water damage prevention and control, this paper selects the 81307 working face of Baode Coal Mine in Shandong Mining Area as the typical research work surface of the site. By arranging two sets of monitoring points, a dynamic monitoring method of the mining stress field-fracture field-seepage field with monitoring methods such as borehole stress sensor, mining osmotic pressure sensor and panoramic borehole camera is established, according to the mining of the rock floor. The evolution law of multi-field advancement with the working face provides reference for the coal mines in Shandong mining area and other coal mines in China.

Keywords

Stope Floor, Multi-Field Coupling, On-Site Monitoring, Water Damage Prevention

采场底板应力 - 渗流 - 温度多场耦合监测技术

徐泽栋, 姚多喜, 鲁海峰, 周 乐, 曹 力

安徽理工大学地球与环境学院, 安徽 淮南
Email: 2290124259@qq.com

收稿日期: 2018年9月3日; 录用日期: 2018年9月19日; 发布日期: 2018年9月27日

摘 要

现阶段我国矿井水害日益严重, 如何对矿井突水进行有效防治显得尤为重要。本文在现有水害防治研究

的基础上,选取神东矿区保德煤矿81307工作面作为现场典型研究工作面,通过布置两组监测点,建立以钻孔应力传感器、采动渗压传感器、全景钻孔摄像机等监测手段的采动应力场-裂隙场-渗流场的动态监测方法,根据以岩层底板采动多场随工作面推进的演化规律,为神东矿区各煤矿以及全国其他煤矿的防治水工作提供借鉴。

关键词

采场底板,多场耦合,现场监测,水害防治

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国煤炭资源丰富,产量高居世界首位,在一次性能源消耗结构中占据首要地位[1]。但我国煤矿水文地质条件复杂,受水害威胁矿井较多,且煤炭储量较大。据不完全统计,在过去30多年里,全国250多个矿井曾经被水淹没,死亡人数多达1700多人,直接造成的经济损失高达350多亿元人民币[2],已发生的重大突水与淹井事故大多数是由煤层底板厚层灰岩岩溶强含水层的水突入回采工作面造成的[3]。

随着神东开采范围不断扩大、开采深度不断增加,在矿井进入深部区开采后,煤层顶板含水层水、底板奥灰水等水害成为影响矿井安全生产的重要因素,易导致突水事故发生。针对深部煤矿开采水害防治面临着与浅部开采时不同的水文地质条件、开采条件以及工程地质条件等复杂地质问题,国内外的研究主要集中在深部水文地质条件的探查、深部岩石物理力学性质、顶底板采动破坏机理以及防治水方案的合理应用等方面,这是今后矿井水害防治研究的必然发展趋势[4]。

煤矿底板突水是下伏承压含水层内的承压水冲破底板岩层的阻隔,沿回采工作面底板采动导水裂隙带内的导水通道,以突发、缓发或滞发的方式向上涌入回采工作面的过程[5]。近三十年来,国内外许多学者对回采工作面底板岩体应力分布特征、变形破坏特征及底板突水机理进行了一些研究,取得大量的有益研究成果[6]。相继提出了“相对隔水层厚度”、“水岩应力”、“零位破坏与原位张裂”、“隔水关键层”及“下三带”理论学说,这些理论研究都从各个方面揭示了底板岩体应力分布特征、变形破坏特征及底板突水机理,对煤矿安全生产起到了积极的指导作用[7]。

本实验在神东矿区现有水文地质勘探、水害防治研究和防治水工程实施的基础上,重点研究保德煤矿81307工作面煤层回采对底板的采动破坏规律,为煤矿防治水工作提供借鉴。

2. 保德煤矿81307工作面地质概况

保德煤矿位于山西省保德境内,井田面积55.94平方公里,地质储量12亿吨,是原神东煤炭分公司整合保德地方小井进行改造和扩建的矿井。随着神东公司开采范围不断扩大、开采深度不断增加,在矿井进入深部区开采后,煤层底板奥灰水水害成为影响矿井安全生产的重要因素,易导致突水事故发生。保德煤矿现采8#煤层,断裂构造很少,未发现断层导水现象,但在开拓11#煤层时,仅在刚开掘的200m巷道之内就揭露多条小断层,并伴有底板奥灰水突水现象,可见奥灰水防治难度很大。虽然矿井对于奥灰水的防治已经进行过相关研究,但是煤层底板隔水性能、煤层底板裂隙发育程度、底板与奥灰水的水力联系还不甚明朗,因此需要在上述方面进行进一步的研究。

2.1. 地质构造概况

工作面所掘煤层为二叠纪煤层，煤岩层总体近南北走向，呈向西倾斜的单斜构造，煤层倾角为 $3^{\circ}\sim 7^{\circ}$ ，平均 4° 左右。煤层厚度呈北厚南薄之趋势，回撤段煤层最厚 8.80 m，切眼段最薄 4.0 m 左右，受冲刷影响煤层最薄处为 4.0 m，平均厚度 7.30 m。煤层结构复杂，平均夹矸 3 层，岩性为泥岩及炭质泥岩，单层夹矸最大厚度 0.9 米。煤层顶板岩性、岩相变化大。岩性由回撤通道地段的中厚层 - 厚层状砂质泥岩至工作面中段相变为含砾粗砂岩，在切眼附近顶板为粗粒砂岩和细粒砂岩互层，属层状碎裂结构顶板，强度低，稳定性差。煤层及顶板裂隙较为发育，在煤层起伏变化处发育强烈，造成顶板破碎冒落。在胶运距开口 1200 m 处发育一条正断层，断距为 1.15 m，受断层影响煤壁及顶底板破碎。

2.2. 水文地质构造概况

区内地表绝大部分为黄土覆盖，地形切割较为严重，沟壑发育。据钻探资料显示，第四系松散孔隙含水层富水性弱，接受大气降水补给，但排泄迅急，补给有限。煤系砂岩含水层裂隙水为主要充水水源，通过侧向补给，补给稳定，正常情况下，巷道表现为滴、淋水；工作面煤层底板标高低于奥灰水水头标高 839 m，最大水头压力为 1.75 MPa，若遇底板隐伏导水构造，则有奥灰水突水危险。

3. 采动底板多场演化规律监测仪器

图 1 为矿用本安型钻孔应力传感器，它包括应力传感器探头，检测分机和矿用手持采集器三部分。图 2 为底板渗透压力和温度监测装置，它包括温度传感器探头和 609B 型读数仪两部分。图 3 为矿用钻孔窥视仪，它包括主机和探头两部分。



Figure 1. Mining floor stress monitoring equipment
图 1. 采动底板应力监测设备



Figure 2. Mining floor osmosis, temperature monitoring equipment
图 2. 采动底板渗压、温度监测设备



Figure 3. Mining floor crack monitoring equipment

图 3. 采动底板裂隙监测设备

4. 采动底板多场演化规律测点选取

测点选取与仪器埋设：对保德矿 8#煤 81307 工作面进行现场研究，一共布设 2 个回采监测区域，它包括无断层构造监测区和含断层构造监测区。2 个回采监测区域的范围各为 300 m，分别为监测点前方 200 m (工作面距离测点 200 m 时开始监测)及监测点后方 100 m (工作面推过测点 100 m 时停止监测)，2 个回采监测区域相距 600 m，总的监测区域范围为 1200 m，测点具体位置如图 4 所示。

每一个回采监测区域内分别在煤层底板相邻布设 2 个钻孔，其中一个为采动裂隙观测孔(钻孔 A/C)，另一个为应力、渗压监测孔(钻孔 B/D)，如图 5 所示。每个钻孔内径 78 mm，钻孔长 34.6 m，以 60°的俯角斜向回采工作面内，且与工作面推进方向垂直，钻孔在工作面平面内的长度为 60 m，在工作面剖面内的深度为 30 m。应力、渗压监测孔(钻孔 B/D)内分别布设 1 组应力、渗压传感器，且每组应力传感器包括 3 个应力传感器(分别为 B11、B12、B13)，每组渗压传感器包括 3 个渗压传感器(分别为 B21、B22、B23)。其中应力传感器 B11 和渗压传感器 B21 位于煤层底板 20 m 的层位，应力传感器 B12 和渗压传感器 B22 位于煤层底板 40 m 的层位，应力传感器 B13 和渗压传感器 B23 位于煤层底板 50 m 的层位，监测采动底板不同深度位置处，底板应力、渗流随工作面推进的变化规律。

通过采动裂隙观测孔(钻孔 A/C)，利用全景钻孔摄像仪，可以探测工作面推进过程中采动底板裂隙的演化规律。配合超声波探测仪，对监测区域范围内采动底板裂隙演化规律进行动态监测。另外，通过在应力、渗压监测孔(钻孔 B/D)内埋设不同深度的应力、渗压传感器可以监测工作面推进过程中底板不同深度采动应力、渗流的演化规律，结合底板裂隙的采动演化规律，获得工作面推进过程中底板采动应力场 - 裂隙场 - 渗流场的变化规律。

5. 现场打钻与仪器埋设技术

5.1. 打钻

在保德煤矿 8#煤 81308 工作面 2 号回风顺槽内打设 2 组共计四个底板钻孔，每个钻孔孔径 60 mm，孔深 50 m，以 300 的俯角斜向 81307 回采工作面内，且与工作面推进方向垂直。第一组 2 个孔在距切眼 184 m 与 186 m 处，2 孔间距为 2 米，角度为-300，钻孔深 50 米。第 2 组 2 个钻孔在 81308 工作面 2 号回风顺槽 7Z19 位置，均穿过 F36 断层，即第二组两个钻孔距 81307 工作面开切眼 1181 米与 1183 米，两个钻孔间距两米，角度为-300，钻孔为 50 米深。如图 6 所示。

5.2. 仪器安装

对两组钻孔进行仪器安装工作，一号孔和三号孔安装两个温度传感器，两个温度传感器均放置在离



Figure 4. Monitoring point location map
图 4. 监测点位置图

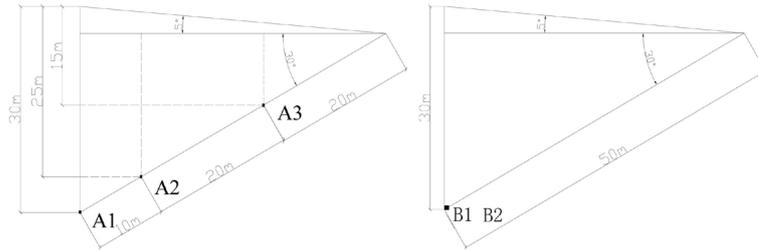


Figure 5. Monitoring the borehole profile
图 5. 监测钻孔剖面



Figure 6. Drilling site map
图 6. 打钻现场图

孔口 50 米深的位置，两个传感器的测量范围不同，一个测量范围 0~0.2 Map，另一个传感器的测量范围为 0~2 Map。二号孔与四号孔安装三个矿用本安型钻孔应力传感器，三个应力传感器分别放置在离孔口 50 米，40 米和 20 米三个位置，传感器的另一头为检测分机，传感器放置在 50 米深的监测分机为 1 号分机，40 米深为 2 号分机，20 米深为 3 号分机。自此保德煤矿两组监测点的仪器安装工作基本完成(如图 7 所示)。

5.3. 整体效果

保德煤矿两个监测点监测仪器的整体效果良好，三个应力检测分机和两个温度传感器均有效正常的工作，应力监测分机每隔 5 分钟记录一次数据，每隔两天人工去现场读取一次数据，温度传感器与 609B 型读数仪相连接时可读出当下的温度与频率。同时采用钻孔窥视仪在一号与三号孔内观测底板采动裂隙。保德煤矿监测点仪器的整体效果较为理想(如图 8 所示)。



Figure 7. Installation site map
图 7. 安装现场图



Figure 8. Overall rendering
图 8. 整体效果图

6. 采动底板多场演化规律数据初步分析

保德煤矿 81307 工作面回采阶段, 1 号测点各应力传感器和温度渗压传感器均在采集工作面回采过程中取得了采动底板应力、裂隙、渗流与温度的相关数据, 初步获得采动底板应力场-裂隙场-渗流场-温度场的演化规律, 如图 9、图 10 所示。

由图 9 可以看出随着保德煤矿 81307 工作面回采向前推进, 底板的采动应力和采动渗压呈现规律性变化。1 号监测点的监测区域为 300 米(钻孔前 200 m 到后 100 m), 随着推进距离的增加, 采动应力逐渐增加。当工作面推进至钻孔上方时, 此时底板的采动应力达到最大值 40 Mpa, 而后工作面推过钻孔上方, 此后随着推进距离的增加采动应力逐渐减小最终趋向于 0 Mpa。图 10 则反映了采动底板渗透压力和温度与推进距离之间的变化规律, 从图中可以清楚的看出采动底板的水温随着工作面的向前推进一直保持 21°C。而采动底板渗透压力随着推进距离的变化同时发生改变。当工作面距钻孔上方较远时, 钻孔内渗透压力较小, 随着工作面的向前推进, 钻孔内渗透压力也随之增大。当推进至 190 米即钻孔正上方时, 孔内的渗透压大达到峰值, 此时孔内渗透压力达到 0.016 Mpa。

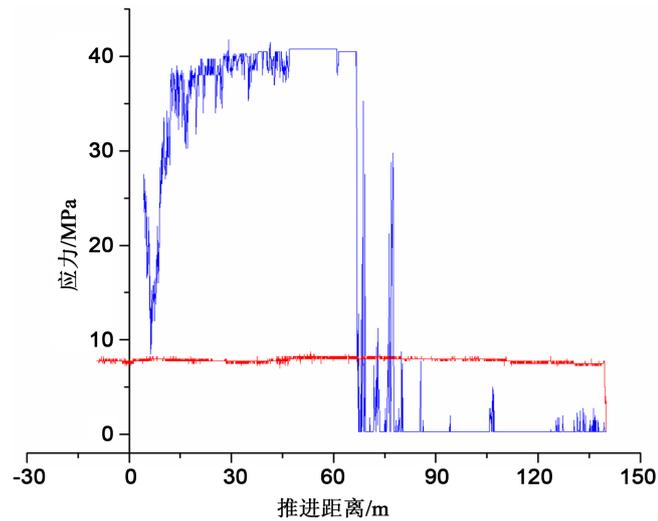


Figure 9. Change law of mining floor stress with working surface advancing distance
图 9. 采动底板应力随工作面推进距离的变化规律

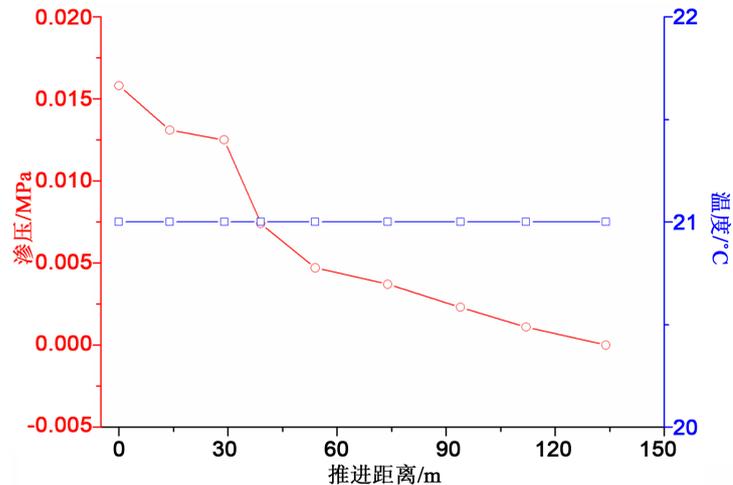


Figure 10. Change law of seepage pressure and temperature of working floor with working surface
图 10. 采动底板渗压、温度随工作面推进距离的变化规律

7. 结论

本文通过对神华集团神东矿区保德煤矿 81307 工作面两组监测点位置选取和现场打钻工作进行了详细的叙述，并对钻孔应力传感器、采动渗压传感器、全景钻孔摄像仪等监测仪器的埋设和数据采集工作进行了系统的介绍，总体来说本实验现场施工工作基本完成。此外，本文通过对正常区监测点所取得的数据进行分析，初步得出正常区采动底板应力 - 渗压 - 裂隙 - 温度与工作面推进距离之间的变化规律，这对于煤层回采过程中底板突水的预防等问题具有良好的参考价值。

参考文献

- [1] 朱开鹏. 非均布水压作用下采煤工作面底板破坏突水机理研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 煤炭科学研究总院, 2009.
- [2] 张文泉. 矿井(底板)突水灾害的动态机理及综合判测和预报软件开发研究[D]: [博士学位论文]. 青岛: 山东科技大学, 2004.

- [3] 虎维岳. 矿山水害防治理论与方法[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2005.
- [4] 孟祥瑞, 徐铖辉, 高召宁, 等. 采场底板应力分布及破坏机理[J]. 煤炭学报, 2010, 35(11): 1832-1836.
- [5] 王连国, 韩猛, 王占盛. 采场底板应力分布与破坏规律研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2013, 30(3): 317-322.
- [6] 张文泉. 矿井(底板)突水灾害的动态机理及综合判测和预报软件开发研究[D]: [博士学位论文]. 青岛: 山东科技大学, 2004.
- [7] 王晓振, 许家林, 吴玉华, 等. 松散承压含水层下重复采动对覆岩破断特征的影响研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2017, 34(3): 437-443.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2329-7301, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: me@hanspub.org