

# “双端封堵侧漏技术”在探测大采深工作面煤层底板裂隙中的应用

黄彪,冯有利

(河南理工大学 资源环境学院 河南 焦作 454000)

**摘要:** 我国浅部煤层的储量在近几年内大量减少,为满足工业生产、人民生活的需要,开采深部煤层成为势在必行的发展趋势,但是,深部采区条件较为复杂,尤其是在华北石炭-二叠型煤田内,底板奥灰水、溶岩水一直都限制着煤层的开采。底板突水占整个煤矿事故中 90% 以上的比例。大采深工作面受底板承压水的威胁较大,采动造成的裂隙一旦与导升带相连通,形成一导水通道,则会造成底板突水。双端封堵侧漏技术通过将整个钻孔细分为若干单位段,通过测试每一单位段前后两次漏水的差异,从而确定受回采影响下底板的裂隙发育情况和最大发育深度。

**关键词:** 煤层底板; 注水漏失; 裂隙发育; 裂隙深度

文章编号: 1003-8035(2014)03-0079-04

中图分类号: TD853

文献标识码: A

## 0 前言

我国作为原煤开采量第一大国,煤炭资源丰富且地域分布辽阔,拥有良好的发展前景。同样由于我国煤田水文地质条件的相对复杂性,我国也是煤矿水害的易发区和灾难区。我国山西、河南、河北等地的华北型石炭二叠纪煤田煤系地层多为奥陶纪石灰岩,岩溶发育,含水性能好;其次连接含水层与煤层之间的断层、裂隙也是加重灾害发生的存在。区域内的矿井在开采过程中都不同程度的受到底板以下承压水的威胁。而且随着采深的加深、开采水平方向的延伸、采面的扩大。这种对矿井安全生产的威胁也将越来越大。

我国对煤层底板的研究起步比较晚<sup>[1]</sup>,最开始都是集中在一些浅部煤层进行研究,相继针对我国煤层存在的问题提出了一些有特色的理论方法。例如“数值模拟<sup>[2]</sup>”“相似材料模拟”和“塑性理论分析法<sup>[3]</sup>”。基于各个理论的观点和出发点不同又相继出现诸多的研究方法,如张文泉等<sup>[4]</sup>采用的钻孔注水法、王家臣等<sup>[5]</sup>的电剖面法、刘传武等<sup>[6]</sup>进行的钻孔检层法、刘盛东<sup>[7]</sup>结合孔中电法和联合 CT 技术的测试手段等等。

## 1 “钻孔双端封堵侧漏”装置

钻孔双端封堵侧漏装置是近几年由山东科技大学发明的专利技术,该装置包含的主体部件有(图 1):注水操作台、堵孔操作台、钻机和孔内封堵器。

其他的部件还有一些耐压细径导水软管、软管接口、铁夹等,用以连接各主体部件。

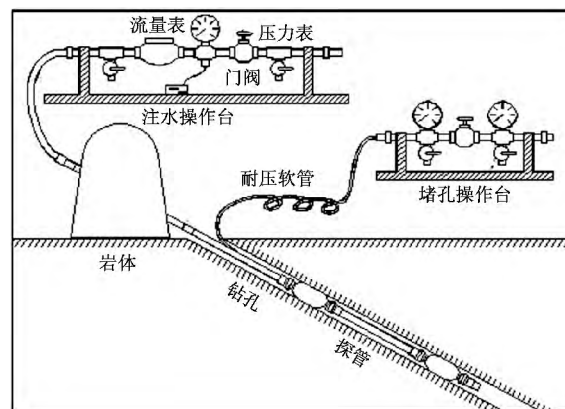


图 1 双端封堵侧漏监测仪装置

Fig. 1 The machine of double sides seal for leaking

### 1.1 双端封堵侧漏装置测试原理

“双端封堵侧漏装置”工作原理的前提是岩层中存在裂隙。首先通过对孔内封堵器进行加压膨胀,闭合将要测试的测试段形成一个独立的小空间,在这个空间内如果围岩不存在裂隙,那么通过操作台注入的高压水就不会出现渗漏的现象,一旦存在裂隙,则注入水就会出现漏失从而反应在操作台上。

收稿日期: 2013-12-05; 修订日期: 2014-04-15

作者简介: 黄彪(1990—),男,江西抚州市人,资源环境学院地质系,硕士,研究方向为煤层底板变化及防治水研究。

E-mail: huangbiao\_21@126.com

漏失量的大小反应了围岩内裂隙的空间大小范围。裂隙发育漏失量就会偏大,反之围岩内裂隙不发育或不受影响,漏失量就会偏小甚至为零。孔内封堵器一般设计为 1m,每测定完一个 1 m 长度的孔段后,将封堵器的胶囊卸压,胶囊收缩复原,便可将封堵器移到下一个测段,继续进行封孔注水观测,直到测完整个钻孔。根据各段注水漏失量的变化情况确定裂隙发育规律与下界,以此探测确定底板岩层破坏规律。

## 1.2 技术关键

### 1.2.1 封堵胶囊

2703 工作面推进期间,先期的钻孔会出现变形或踏孔的现象,孔壁难以做到绝对的光滑,保证不了封堵胶囊与围岩摩擦出现破裂的情况,起不到封堵的效果;另外,单层的胶囊也很难承受得住较高的水压,经技术改造,在单层的胶囊外面设有限位保护层。选取内外两层胶囊时,内层胶囊材料的起胀压力控制在 0.2MPa,外层胶囊材料起胀压力高于这个数值,控制在 0.6~1MPa。

### 1.2.2 注水阀门的操作

2703 工作面采用的是同一根外接水源供水,一个压水系统要同时完成封堵和注水两个独立的系统,为确保两者之间的协调,通过调节注水阀门的开启和关闭,将其人为的分成两个独立系统。具体操作既可以做到使胶囊起胀封住钻孔首先形成一个密闭空间,再开启注水操作台往密闭空间内注水。在向测漏孔注水时,保证孔内的水压始终低于胶囊内的水压,从而可以保证外界过大的水压对封堵胶囊的影响,不会对胶囊的封堵作用起到破坏的作用。操作台上的各种单向注水阀门存在不同的回差,采用气门芯式注水阀门能很好的降低回差的大小,从而起到不错的试验效果。

### 1.2.3 导管与连接

实验中不可缺少的除各主体部分之外,还有起连接和导水作用的细径耐压软管。

所选用的塑料软管都改用的耐高压的细径软管(图 2),软管的内径壁厚 1.8mm,内径为 12mm,外径 15.6mm。软管中间层编织有 24 股纤维可抗高压,一般在 2~4MPa。软管接口最好能选择螺旋纹类,尽量避免光滑接口。

## 2 城郊矿 2703 工作面底板破坏深度测


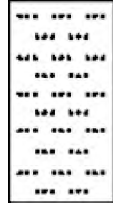

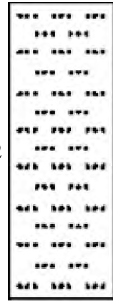
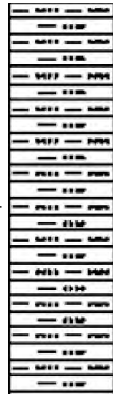
### 2.1 2703 回采工作面概况

2703 对拉工作面位于城郊煤矿东翼七采区。工作

面整体为一宽缓的单斜构造,工作面外段较平缓,煤层倾向  $1^{\circ} \sim 7^{\circ}$ ,里段煤层倾角较大,约  $6^{\circ} \sim 14^{\circ}$ 。工作面上胶带顺槽走向长 1043m,下胶带顺槽走向长 926m,轨道顺槽走向长 993m,倾斜长 342.2m,面积 325404m<sup>2</sup>。根据采区三维地震资料及巷道掘进期间实际揭露情况,工作面二<sub>2</sub>煤赋存稳定,煤厚最大 3.52m,最小 1.10m,平均 2.77m,资源储量  $108.52 \times 10^4$ t,可采储量  $103.10 \times 10^4$ t。采煤方法为一次采全高的综合长壁采煤法,工作面底板的地层结构和岩性如表 1 所示:

表 1 煤层底板结构和岩性特征

Table 1 The structure and lithology of the coal floor

山西组	$\frac{1.10 \sim 3.52}{2.77}$	0		二 <sub>2</sub> 煤	灰黑色,块状、粒状,主要为亮煤、暗煤。
	$\frac{6.58 \sim 7.34}{7.31}$	7.31		细粒砂岩	灰色~浅灰,主要成分为石英、长石及暗色矿物,硅质胶结,含少量炭质条带,裂隙上具黄铁矿结核。
	$\frac{3.33 \sim 5.37}{4.35}$	11.66		砂质泥岩	灰色,砂质分布不均匀,具细砂岩条带,含植物化石碎片。
太原组	$\frac{8.34 \sim 13.18}{10.76}$	22.42		细粒砂岩	浅灰色,主要成分为石英,次为长石和暗色岩屑,硅、泥质胶结,含炭质条带,层面为泥质,污手,局部可见泥质透镜体。岩芯较破碎。
	$\frac{10.68 \sim 18.36}{14.52}$	36.94		砂质泥岩	灰~深灰色,砂质分布不均匀,具砂质条带,裂隙面上具黄铁矿薄膜,含植物化石碎片。

### 2.2 钻孔设计和施工要求

钻孔的设计与施工除应符合探测目的需要外,还有如下要求:

(1) 钻孔深度应能保证超过预计的最大导水裂缝带高度,而且需要进入完整岩体一定深度。

(2) 孔口位置应设在预计的最大冒落带范围以外,以防孔口及浅部孔段垮落。

(3) 钻孔倾角在能够施工的前提下应尽量大一些,避免钻孔穿过冒落带,同时易于排渣洗孔,利于分封段封堵。实践证明,倾角大一点的钻孔,采后变形、塌孔的程度要小得多,这对需要保留的采前观测孔尤为重要。

(4) 钻孔施工要尽量保证孔形端正、孔壁光滑,终孔后及时清渣扫孔。

本次实验中,选取 ZK3 作为分析对象,ZK3(图2)的参数为:方位角  $172^{\circ}$ 、俯角  $30^{\circ}$ 、孔深 80m、孔内径 89mm。

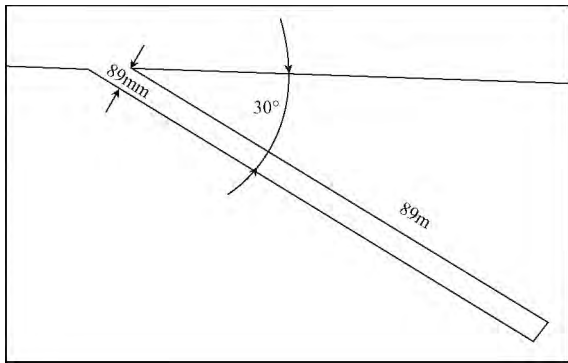


图2 ZK3 剖面示意图  
Fig. 2 ZK3 profile sketch

在采前和开采到孔口附近都采集了相关的数据,ZK3 的选择基本满足设计的要求,实验数据可信度较高。

### 3 测试结果分析

在工作中,对 ZK3 进行了采前和采后实验数据的采集并绘制成图3,图3是采面距钻孔末端水平距离 100 多米外时测试的实验数据,这个时候回采对测试段的地层没有影响,测试时存在注水漏失的现象,得出的实验数据反映了原岩本身已经存在的裂隙等。图3中,可以将注水漏失曲线分为两段:一段是沿钻孔方向  $0 \sim 30\text{m}$ ,即垂直煤层底板方向  $0 \sim 15\text{m}$  的范围,在这个范围段内,存在一定规模的裂隙,这可能是由于前期巷道的掘进造成的结果;而且明显能够看出:细粒砂岩中裂隙的发育程度要比砂质泥岩中裂隙的发育程度好,说明煤层底板的岩性对裂隙的发育存在影响。另外一段是钻孔后  $30 \sim 80\text{m}$  范围,在这个

范围段内没有出现较为明显的漏失,证明在垂直方向  $15\text{m}$  以下的岩层中并没有明显的裂隙发育。

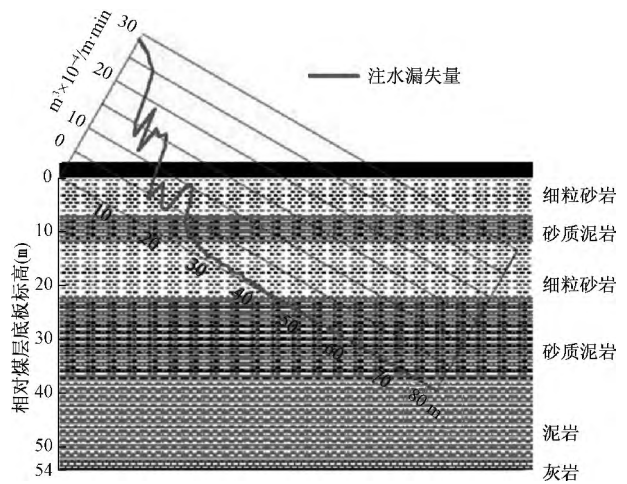


图3 岩层未受影响条件下注水漏失曲线  
Fig. 3 The leaking curve of the uneffected condition

在煤层回采工作面回采至离 ZK3 钻口  $30\text{m}$  附近时进行了实验测试,测试的技术手段和注水压力等条件和第一次测试时保持一样。测试的结果绘制成如图4,图中注水漏失曲线发生了较为明显的变化。在钻孔方向前  $30\text{m}$  范围内,注水漏失量的变化反而趋向于变小,这可能是因为回采的过程中,一是顶板通过支护对底板施加的压力;二是因为煤层的消失,更深层次的岩层鼓起对这段岩层施加的力,两种力作用在煤层下浅部岩层上,造成这段岩层被挤压压实,裂隙减少。而在另外一段的  $30 \sim 80\text{m}$  范围内,受到的影响较大,尤其是  $30 \sim 70\text{m}$  范围内,裂隙发育强烈,注水漏失量较大,  $70\text{m}$  之后的  $10\text{m}$  范围内,虽然有裂隙的发育,但是却急剧降低,到  $79\text{m}$  处趋向于 0。

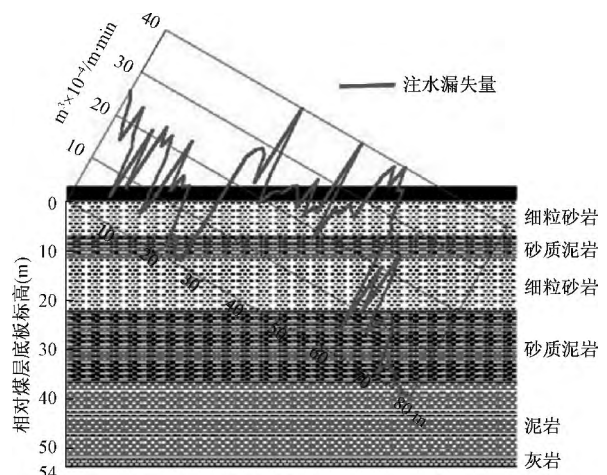


图4 岩层受影响条件下注水漏失曲线图  
Fig. 4 The leaking curve of the effected condition

图 5 是根据前后两次数据进行对比换算后确定的数据,即将采前获得的数据作为初始值 $\Delta 1$ ,采后的数据作为影响变动后的影响值 $\Delta 2$ ,运用公式:

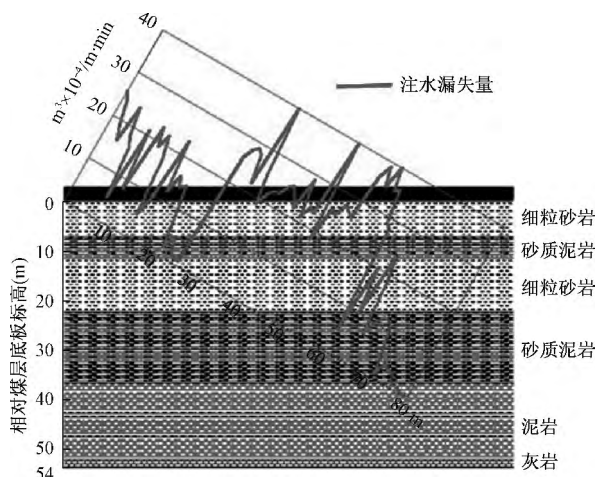


图 5 采前采后注水漏失变化曲线图

Fig. 5 The leaking change curve from the beginning to the end

影响值  $\Delta 2$  - 初始值  $\Delta 1$  = 裂隙发育量

若裂隙发育量为正值,则说明回采期间受到影响,存在煤层底板裂隙发育或原有裂隙的扩大加深;反之如果裂隙发育量为负值,则说明裂隙不发育。

## 4 结论

对最终数据统计换算得到的煤层底板裂隙的发育程度曲线如下,总结出规律如下:

(1) 回采过程中,煤层底板会受到工作面推进的影响,集中发育在煤层底板垂直深度 13 ~ 31m 范围段内。

(2) 煤层最大破坏深度在斜孔 78、79m 的深度,在垂直深度方向发育到煤层底板下 39m 处。

(3) 煤层底板破坏受到底板岩性的影响较大,砂岩的裂隙发育程度较泥岩的裂隙发育程度高,在泥砂互层中,泥岩中漏失量普遍较砂岩中漏失量低。出现这种情况的可能性比较多:一是在相同的外力作用在泥岩和砂岩上时,两者均破碎,但是泥岩有自我修复的特性;二是砂岩本身裂隙发育比较高,在外部作用力的施加下,更加促使裂隙的发育。

(4) 煤层底板下 10m 左右的范围内,在图上显示这个范围段的裂隙发育程度是比较低的,和煤层段的应力重新分布有关系,可能导致近煤层面的一些裂隙被压实消失。

参考文献:

- [1] 林峰,孙赤,冯亮.近水平煤层开采诱发崩塌形成机理分析[J].中国地质灾害与防治学报,2013,24(3):8-12.  
LIN Feng, SUN Chi, FENG Liang. Formation mechanism research of collapse induced by mining in nearly horizontal coal bed[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2013, 24(3): 8-12.
- [2] 关英斌,李海梅,路军臣.显德汪煤矿9号煤层底板破坏规律的研究[J].煤炭学报,2003,28(2):121-125.  
GUAN Yingbin, LI Haimei, LU Junchen. Research of No. 9 coal seam floor's fracture regularity in Xian dewang Coal mine[J]. Journal of China Coal Society, 2003, 28(2): 121-125.
- [3] 张金才,张玉卓,刘天泉.岩体渗流与煤层底板突水[M].北京:煤炭工业出版社,1997.  
ZHANG Jincai, ZHANG Yuzhuo, LIU Tianquan. Coupled processes in subsurface deformation, flow and transport [M]. Beijing: China Coal Industry Publishing House, 1997.
- [4] 张文泉,张红日,徐方军.大采深倾斜薄煤层底板采动破坏形态的连续探测[J].煤田地质与勘探,2000,28(2):39-42.  
ZHANG Wenquan, ZHANG Hongri, XU Fangjun. Continuous exploration for the mining failure form of the incline and thin coal seam's floor under the high depth [J]. Coal Geology & Exploration, 2000, 28(2): 39-42.
- [5] 王家臣,许延春,徐高明,等.矿井电剖面法探测工作面底板破坏深度的应用[J].煤炭科学技术,2010,38(1):97-100.  
WANG Jiachen, XU Yanchun, XU Gaoming, et al. Application of mine electric profiling method to detect floor failure depth of coal mining face [J]. Coal Science and Technology, 2010, 38(1): 97-100.
- [6] 刘传武,张明,赵武升.用声波测试技术确定煤层开采后底板破坏深度[J].煤炭科技,2005(3):4-5.  
LIU Chuanwu, ZHANG Ming, ZHAO Wusheng. Acoustic testing technology used to determine coal seam floor after mining depth [J]. Coal Science and Technology, 2005 (3): 4-5.
- [7] 张平松,刘盛东,吴荣新.地震波CT技术探测煤层上覆岩层破坏规律[J].岩石力学与工程学报,2004,23(15):2510-2513.  
ZHANG Pingsong, LIU Shengdong, WU Rongxin. Observation of overburden failure of coal seam by CT of seismic wave [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2004, 23(15): 2510-2513.

(下转第 88 页)

- multivariate statistics and GIS techniques [J]. Journal of Hydrology, 2012, 414–415: 435–451.
- [11] Belkhiri L, Mouni L, Boudoukha A. Geochemical evolution of groundwater in an alluvial aquifer: Case of El Eulma aquifer, East Algeria [J]. Journal of African Earth Sciences, 2012, 66–67: 46–55.
- [12] Jolliffe IT. Principal component analysis [M]. Springer-Verlag, New York, 2002.
- [13] 傅德印. 主成分分析中的统计检验问题 [J]. 统计教育, 2007, 15(9): 4–7.
- FU Deyin. Statistical validation in principal component analysis [J]. Statistics Education, 2007, 15(9): 4–7.

## Application of principal component analysis in identifying the seepage of seawater into Xinli mine pit

LI Guo-qing<sup>1</sup>, WANG Xin-qing<sup>1</sup>, YIN Gai-mei<sup>2</sup>

(1. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Hubei Wuhan 430074, China;

2. Wuhan Design & Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group, Hubei Wuhan 430064, China)

**Abstract:** To identify the flooding conditions of seawater in Xinli mine, detailed in-situ hydrogeological survey and sampling were conducted and seven water quality variables were processed using principal component analysis, the physical meanings of the two principal components were analyzed and mine water samples were classified based on a composite principal component index. It turns out that, seven variables can be reduced to two principal components,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  have similar high loadings on the first principal component (PC1) and PC1 reflects the concentration effect;  $\text{K}^+$  has a big loading on PC2 and PC2 reflects the adsorption/desorption (ionic exchange) effect;  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  and other ions concentration in mine water can reveal the physical and chemical features in seepage of seawater into mine pit. Seawater seepage into mine pit can be judged by mine water chemical features in future production.

**Key words:** undersea mining; brine water; ionic exchange-adsorption; principal component analysis

(上接第 82 页)

## The monitor of fractures in the depth stratum used by Double-block leak technology under the coal seam

HUANG Biao, FENG You-li

(Henan polytechnic university Institute of resources & environment, Jiaozuo Henan 454000, China)

**Abstract:** A substantial reduction in the storage of the shallow coal seam in our country in recent years, to meet the industrial production and people's living needs, staves trend of mining deep coal seam becomes imperative, however, to more complex deep mining conditions, especially in carboniferous-Permian of north China type coal field, Ordovician limestone water, lava always restricts the mining of the coal seam, water inrush more than 90% of the proportion of the total coal mine accidents. the depth stratum facing the threaten by the confined water, once the fractures caused by mining connected with the flowing zone, and lead to a water channel, which will cause the water inrush. The Double-block leak technology divided the drilling into dozens parts, and test each part, then get the development, the maximum depth of fractures.

**Key words:** coal floor; water leakage; fracture development; the maximum depth fracture