

文章编号:1673-9469(2008)01-0035-03

海孜煤矿顶板动力冲击水害的成因研究

程新明¹,王经明²

(1.淮北矿业集团公司,安徽 淮北 235000;2.华北科技学院,河北 燕郊 065000)

摘要: 离层水害是一种罕见而危害严重的灾害形式,本文通过水文地质分析、相似材料模拟、数值模拟和冲击水压试验证实发生在淮北海孜煤矿的顶板次生离层水害的成因。针对灾害原因,采取了采动疏干的防治水方法,取得了满意的效果,确保了类似条件工作面开采的安全。

关键词: 离层水;数值模拟;相似材料模拟;冲击水压

中图分类号: P641

文献标识码: A

Investigation on water hazards caused by impact dynamic in Haizi coal mine

CHEN Xin-ming¹, WANG Jing-ming²

(1. Huaibei Coal Mining Inc., Huaibei 235000, China; 2. North China Institute of Science & Technology, Yanjiao 065000, China)

Abstract: The water hazard hid in strata separation cell is one of unusual and dangerous hazards in coal mines. The causes of water hazard happened in Haizi coal mine, Huaibei Coal Mining Inc. was investigated by hydrogeological and geotechnical analyses, physical analogue, numerical simulation and water slug tests. The responding draining measure was taken to control the water hazards and the tests were successful. The achievements can be applied to the working faces with the similar hydrogeological condition to guarantee mining safe.

Key words: strata sell water; numerical simulation; physical analogue; water slug tests

煤层顶板的强弱岩层在开采过程中因不同步的破坏或变形而产生离层是常见的现象,然而因离层空间积水的突然释放而造成的灾害尚属罕见,研究很少,因此难以防范。淮北矿业集团公司海孜煤矿745工作面于2006年发生了顶板离层水的喷出,3 887m³/h的水量携带着400多m³碎石瞬间涌出,造成了重大伤亡。由于顶板离层水害是一种新型的水害类型,因此开展该案例的研究对水害类型的认识,对厚层砂岩、灰岩、火成岩等坚硬岩层下开采水害的防治具有很大的理论意义和实际价值。

为了证实水害的成因,施工了34个钻孔,进行了相似材料模拟、计算机数值模拟和水压冲击破坏的水力学实验5项水文地质和工程地质试验研究和4项地球物理探查,最后确定灾害为煤层顶板厚层火成岩席下页岩的离层积水瞬间释放所

致。针对其成因采取了相应的防治措施,收到了良好的效果。

1 水害的成因分析

1.1 海孜煤矿的水文地质条件

海孜煤矿地处淮北煤田的临涣矿区,属于华北型煤矿,井田总体为走向近东西向北倾斜的单斜构造,地层倾角10°~30°。

745工作面所采的7#煤平均厚度为3.2m,顶板的岩性如图1所示。

745工作面位于海孜煤矿84采区东翼,是该采区7煤层的最后一个工作面,其走向长350m,倾斜宽70m~120m,煤层倾角18°。工作面采用机械化的方法开采,自然垮落法管理顶板。

收稿日期:2007-12-01

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40772152)

作者简介:程新明(1964-),男,安徽省安庆人,高级工程师,从事煤矿防治水技术工作。

岩层柱状	岩层厚度	岩层名称
++++	87.6	闪长玢岩
-----	11.5	泥岩
.....	13.8	粉砂岩
-----	14.2	中砂岩
-----	12.5	泥岩

图1 煤层顶板柱状图

Fig.1 Roof strata column in face 745

井田内主要含水层有:第四系底部含水层,煤系地层砂岩含水层组,太原组灰岩含水层和奥陶系灰岩含水层。其中第四系含水层和底板灰岩含水层都因不符合形成溃水的条件而被排除。仅7#煤层顶板砂岩含水层对煤炭生产有一定的影响,但该含水层的单位涌水量 q 为0.0923~0.404 L/S.M,渗透系数 k 为1.046~2.747m/d。自1998年8月份开始回采84采区7#煤层以来,先后有4个工作面发生了16次突水,其中水量小于50m³/h的4次,50~100m³/h的7次,>100~150m³/h的4次,211 m³/h的1次。这些征兆较明显的突水,都未造成严重后果。

1.2 水害成因分析

由水文地质条件可以看出,煤层顶板不存天然强含水层,不可能达到3887m³/h的水量携带m³碎石瞬间涌出,造成了重大伤887m³/h的溃水量。这样灾害性水源只能是次生的,而产生次生的条件又只能是离层空间。

离层空间的产生需要3个条件:(1)坚硬的覆岩。由图1可以看出顶板厚度为87.6m的闪长玢岩,属于坚硬岩层。(2)良好的塑性隔水层。由图1可以看出,闪长玢岩下厚度为25.3m的粉砂岩和泥岩石良好的塑性隔水层。(3)冲击性水压。在离层空间充满水后,闪长玢岩的垮落可以产生冲击性水压。

采矿学认为,煤层开采后必然形成覆岩的冒落、导水裂隙带和弯曲沉降带。正常情况下,弯曲沉降带将一直发育到地表,造成地表塌陷。但是,海孜矿7#煤顶板50~60m以上为巨厚的侵入岩床,坚硬的侵入岩体不能与其下伏岩层同步弯曲下沉而产生的“离层”,“离层空间”充水后形成巨

大“水包”的次生水源。当离层空间过大,上覆岩层的“悬臂”过长而发生断裂时,将产生冲击性压力,使得“水包”发生破裂而发生溃水,如图2所示,这就是海孜煤矿745工作面溃水的主要原因。

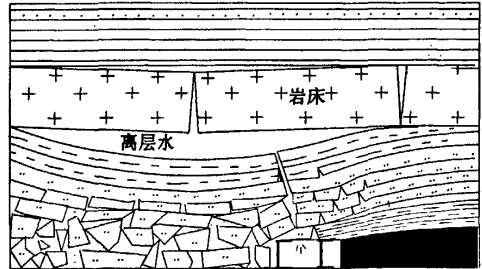


图2 次生离层水害形成示意图

Fig.2 The skeleton map showing water cell formation due to overburden strata separation

2 顶板动力冲击水害成因的试验研究

2.1 相似材料模拟

根据相似材料模拟的三个定律,对745工作面次生离层水害成因进行了相似材料模拟,模拟方法如下:

7#煤层厚度3.2m,底板厚度15m,顶板厚度为71.8m。平面模型架模拟高度为1m,长度为3m,宽0.3m。模型中共布置测点55个,其中压力测点39个,位移测点16个。

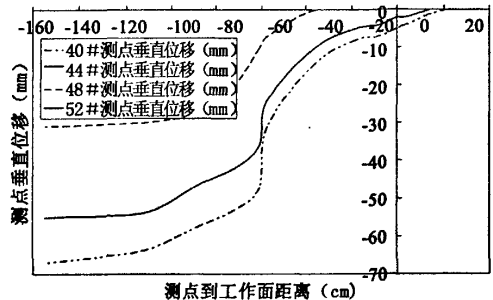


图3 测线2顶板不同层位垂直位移曲线

Fig.3 The vertical displacement curves in line 2

观测发现,上覆岩层的移动是分层或分组进行的,如图3,测点40、44、48、52号,距煤层顶分别为17.5cm、25.5cm、43.3cm、52.3cm,其中后两个测点位于火成岩床内。从图中可看出3种现象:(1)顶板岩体的位移以火成岩底面为界分为两组。煤系地层内的两个测点的垂向位移量显著大于火成岩床内两个测点的位移量,形成离层,如图4;煤系

地层内两个测点的位移起点一致,他们之间的位移量差距明显,而火成岩内两个测点的位移量起点也一致,他们之间的位移量相差甚微。(2)煤层顶板约靠近煤层位移量越大,位移得越早。(3)在工作面推过 60~80m 处火成岩发生断裂。

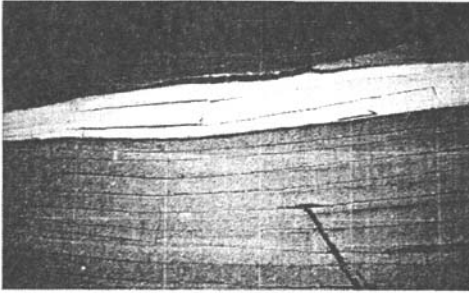


图4 相似材料模拟实验显示的高层现象

Fig.4 The pic showing separation caused of roof strata in analogue experiment

2.2 离散元数值模拟

二维模型走向长度取 200m, 垂直方向上为 138m, 网格剖分如图 5 所示。约束条件是侧面和底面采用简支, 即侧面不可以水平位移, 但可以纵向位移; 地面不可以上下位移, 但可以水平位移。以自然垮落的顶板管理方法模拟开采, 顶板在开采过程中的位移情况如图 5。

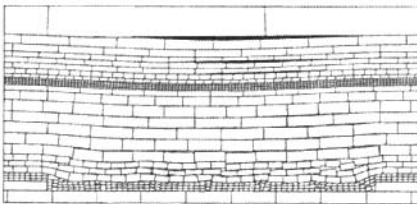


图5 煤层回采350m时顶板的离层情况

Fig.5 The roof strata separation when the working face advanced 350m according to discrete element simulation

从图 5 可以看出, 当工作面推进了 250m 时, 顶板在火成岩与煤系地层之间出现了明显的离层现象。

2.3 冲击倾向性测试

火成岩、砂岩动态破坏时间 Dt , 弹性能量指数 WET , 冲击能量系数 KE 三项指标测试结果表明, 火成岩 Dt 为 67.38~315.43ms, WET 为 3.27~10.40, KE 为 5.67~17.98, 综合判定为中等至强烈

冲击倾向性; 中砂岩 Dt 为 90.86~369.629ms, WET 为 2.02~5.14, KE 为 5.88~6.82, 综合判定为强烈冲击倾向性。这一试验结果表明, 在 745 工作面及其下伏的 1049 工作面叠加开采过程中, 当火成岩和中砂岩地应力积聚到一定程度, 且在有离层及拉伸裂开空间的临空面条件下, 火成岩和中砂岩都会产生强烈动力冲击破坏, 尤其是火成岩的动力冲击作用更剧烈。

2.4 冲击水压试验

冲击水压是保持水压一定, 对被测岩样进行单轴轴向加载, 直至岩样破坏。此时坚硬的岩石试样在巨大的压力冲击下破碎, 碎块迫击试样中的水体, 使得水体瞬间产生冲击压力。本项研究对 6 个岩样进行了试验, 结果差别甚微, 如图 6。从图上可以看出, 冲击水压约为 0.75MPa, 远大于 0.2MPa 的正常值。对于 745 工作面, 7# 煤顶板沉降带底部强度较低的砂页岩层在发生沉降离层后, 上覆火成岩沉降量很小, 积聚了很大弹性势能, 当发生破坏时, 离层水体受到巨大动力作用, 水压突然升高, 突破砂页岩层而突水。

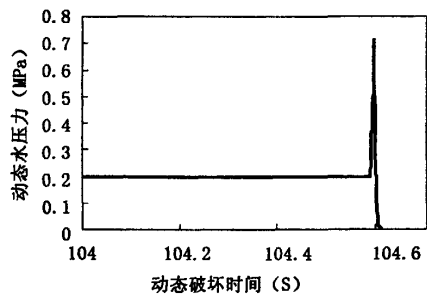


图6 高层水的动态水压力-时间的曲线图

Fig.6 Time dependent curve of water pressure in the cell formed by roof strata separation

3 顶板离层水害的防治

水害的次生离层水害成因的确定为水害治理指明了方向。防治方法是: 在工作面的上下巷迎着推进方向斜向上方施工疏干钻孔。为了保证在开采过程中不会因为超前破坏而堵孔, 在钻孔内下入了透水套管。

(下转第 67 页)

m;可以计算出周围水的体积为 0.5m^3 ,由于周围流体温度受太阳能及蓄热量影响,模型较为复杂,因此本文假设周围流体的平均温度为 25°C 做数值实验。

由于为一维模型,从圆柱蓄热体轴线到半径处划分为8份,共9个点,并从内向外编号为A1、A2、……A9。

3)模拟结果。本实验系统的蓄热材料熔点为 $20 \pm 2.5^\circ\text{C}$,可以通过温度来判断相变界面的移动,从表2、图4中,可以分析出此模型在大约6h后相变界面传入到中线点A1;离流体越近,发生相变的时间越早;如果想较早使蓄热材料发生相变可以通过减少蓄热体半径加以解决;各点在外界流体的传热下,温度不断升高;离边界点A9越远,相邻点温差越小;此蓄热体的体积为 0.5m^3 ,而周围水的体积为 0.5m^3 ,相当于在 0.5m^3 的流体边界创造了延缓其升高的蓄热体,由于流体的边界点A9在8h内一直具有热流L的存在,从而推迟了水温的升高速度。

3 结论及展望

1)显热存储应与地埋管温度相匹配,在保证负荷要求的前提下,应尽量降低水箱的温度来减少不可逆损失,提高集热器效率。

2)当通过增加水箱体积来延缓水的温度升高时,存在随水箱体积增大而集热量减少的问题。

3)相变蓄热可以作为太阳能蓄热来辅助地源热泵的低位热源,与显热蓄热相比,可延缓水温的升高速度。

4)相变蓄热和太阳能的耦合问题,还需要进一步研究。

参考文献:

- [1] 王侃宏,毕文峰,乔华,等. 太阳能辅助加热土壤源热泵系统理论分析[J]. 河北建筑科技学院学报, 2005, 22(1):10-14.
- [2] PENROND E B, PRASANNA K V. Design of a flat - plate collector for a solar earth heat pump[J]. Solar Energy, 1962, 6(1):9-22.
- [3] ONDER OZGENER, ARIF HEPBASLI. A review on the energy and exergy analysis of solar assisted heat pump systems [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2007, (11):482-496.
- [4] 韩宗伟,郑茂余,刘威,等. 严寒地区太阳能-土壤源热泵相变蓄热供暖系统[J]. 太阳能学报, 2006, (12):1214-1218.
- [5] 崔海亭,杨锋. 蓄热技术及其应用[M]. 北京:化学工业出版社, 2004.
- [6] 张鹤飞,俞金婧. 太阳能热利用原理与计算机模拟[M]. 西安:西北工业大学出版社, 1990.
- [7] 陈卫星. 双热源太阳能热泵模式研究[D]. 南京:南京理工大学, 2004.
- [8] 王昊. 采用新型相变材料蓄热槽蓄放热特性数值计算方法探讨[D]. 北京:北京工业大学, 2003.

(责任编辑 闫纯有)

(上接第37页)

4 结束语

顶板次生离层水尽管是一种少见的水害形式,但因其发生突然,危害很大。在水文地质和工程地质条件分析的前提下,相似材料模拟、数值模拟和冲击水压试验是确定灾害源成因的有效方法。针对离层水的成因,采取了防治方法,使得此类水害在本矿类似的水文地质和工程地质条件下开采的其他工作面没有再发生顶板水害事故。这一问题的研究成果已被应用于顶板为巨厚砂岩的杨庄煤矿,取得了较好效果,因此该成果对全国类似条件的煤矿业具有推广价值。

参考文献:

- [1] 王经明,马茂盛,王勇. 沙下大采高采煤导水裂隙带高度的确定[J]. 煤田地质与勘探, 1999, 27(1): 45-48.
- [2] 煤炭科学研究总院北京开采研究所. 煤矿地表移动与覆岩破坏规律及其应用[M]. 北京:煤炭工业出版社, 1981.
- [3] 杨本水,王从书,阎昌银. 中等含水层下留设防沙煤柱开采的试验与研究[J]. 煤炭学报, 2002(4): 34-37.
- [4] 孟凡龙. “两硬”大采高工作面顶板控制设计技术[J]. 煤炭工程, 2007, (9): 7-9.
- [5] 王金华. 我国高效综采成套技术的发展与现状[J]. 煤炭科学技术, 2003, 31(1): 5-8.

(责任编辑 刘存英)

海孜煤矿顶板动力冲击水害的成因研究

作者: 程新明, 王经明, CHEN Xin-ming, WANG Jing-ming
作者单位: 程新明, CHEN Xin-ming (淮北矿业集团公司, 安徽, 淮北, 235000), 王经明, WANG Jing-ming (华北科技学院, 河北, 燕郊, 065000)
刊名: 河北工程大学学报(自然科学版) 
英文刊名: JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING (NATURAL SCIENCE EDITION)
年, 卷(期): 2008, 25(1)

参考文献(5条)

1. 王经明; 马茂盛; 王勇 沙下大采高采煤导水裂隙带高度的确定[期刊论文]-煤田地质与勘探 1999(01)
2. 煤炭科学研究总院北京开采研究所 煤矿地表移动与覆岩破坏规律及其应用 1981
3. 杨本水; 王从书; 阎昌银 中等含水层下留设防沙煤柱开采的试验与研究[期刊论文]-煤炭学报 2002(04)
4. 孟凡龙 “两硬”大采高工作面顶板控制设计技术[期刊论文]-煤炭工程 2007(09)
5. 王金华 我国高效综采成套技术的发展与现状[期刊论文]-煤炭科学技术 2003(01)

本文读者也读过(10条)

1. 赵团芝. 李文平. 赵成喜. 李小琴. 孙如华 顶板覆岩离层水体分布规律勘查研究[期刊论文]-矿业安全与环保 2008, 35(5)
2. 程新明. 王经明. CHENG Xin-ming. WANG Jing-ming 海孜煤矿顶板离层水害的成因与防治研究[期刊论文]-煤炭工程 2008(7)
3. 程新明 复杂地质条件下上行开采的研究与实践[期刊论文]-煤炭科学技术 2004, 32(1)
4. 徐传田 海孜矿开采远距离下保护层解突效果研究[会议论文]-2004
5. 胡戈. 李文平. 刘启蒙. 李小琴. 程伟. 焦永亮. HU Ge. LI Wen-ping. LIU Qi-meng. LI Xiao-qin. CHENG Wei. JIAO Yong-liang 叠加开采顶板变形破坏离散元模拟研究[期刊论文]-采矿与安全工程学报 2007, 24(4)
6. 张维峰 “四含”水体下留设防砂煤岩柱开采可行性研究[期刊论文]-中国煤田地质 2002, 14(4)
7. 胡东祥 济宁煤田巨厚覆岩离层突水机理初探[期刊论文]-能源技术与管理 2010(1)
8. 王泉. 李忠凯. WANG Quan. LI Zhong-kai 海孜煤矿矿井水综合利用技术的研究[期刊论文]-华北科技学院学报 2004, 1(4)
9. 李忠凯 巨厚火成岩在煤系中的水文地质意义[期刊论文]-中国煤田地质 2004, 16(4)
10. 李吴波. 吴鹏. 王现金. 赵忠宜. Li Wubo. Wu Peng. Wang Xianjin. Zhao Zhongyi 缓倾斜地层顶板离层水对综采工作面的危害及防治探讨[期刊论文]-中国煤炭地质 2009, 21(10)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200801010.aspx