

煤矿特大突水原因分析与通道探查技术

刘猛^{1,3}, 白峰青^{1,2}, 申继学⁴, 张京杭⁵, 李江潮¹

- (1. 河北工程大学 资源学院, 河北 邯郸 056038; 2. 河北省资源勘测研究重点实验室, 河北 邯郸 056038;
3. 河北鼎基矿业集团, 河北 邢台 054100; 4. 中国地质大学 材料科学与工程学院, 北京 100083;
5. 山西焦煤汾西矿业 正文煤业, 山西 孝义 032303)

摘要: 矿井突水灾害严重威胁煤矿的安全生产, 有效防治矿井水害对煤矿安全具有特殊意义. 文章以某矿工作面运输巷掘进期间特大突水事件为背景, 从矿井开采实践、奥灰水位变化和水质分析结果3个方面综合确定此次突水水源为奥灰水, 并根据突水实际情况, 分析可能引起此次突水的导水构造, 针对突水通道探查的难点制定了相应的通道探查方案. 探查结果表明, 2[#]煤层底板以下存在一条落差为120 m的正断层, 使得煤层底板与下盘奥灰含水层的间距不足30 m, 剩余隔水层的厚度和强度均不足以抵抗高压奥灰水, 致使巷道掘进期间, 高压奥灰水突破巷道围岩, 发生奥灰特大突水灾害.

关键词: 煤矿突水; 奥灰突水; 通道探查; 断层导水

中图分类号: TD745.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-9102(2015)01-0030-04

Analysis of heavy water inrush and the technology of channel exploration

LIU Meng^{1,3}, BAI Fengqing^{1,2}, SHEN Jixue⁴, ZHANG Jinghang⁵, LI Jiangchao¹

- (1. College of Resource, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China;
2. Key Laboratory of Resource Exploration Research of Hebei Province, Handan 056038, China;
3. Hebei Resource Investment Group, Xingtai 054100, China;
4. School of Materials Science and Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;
5. Fenxi Mining Industry Group, Xiaoyi 032303, China)

Abstract: Mine water inrush has threatened the mine production seriously, and the effective prevention and treatment of mine water inrush have special significance for coal mine safety. This paper takes the working face of a mine as an example, in which ordovician water inrush occurs during roadway excavation in coal seams. Based on the mining practice, this paper uses the ordovician limestone water level change and water analysis results to determine the water source, which is ordovician limestone water. Combined with the actual situations, this paper analyzes the possible causes of the water inrush and makes the channel exploration program. Through a comprehensive analysis of the water inrush data and exploration results, there is a fault under 2[#] coal whose 120m large height of drop makes the seam floor and footwall ordovician aquifer less than 30m. The strength and thickness of remaining impermeable layer floor are insufficient, so it cannot stand the high pressure ordovician limestone water. At last, the water inrush occurs during roadway excavation.

Key words: mine water inrush; ordovician limestone water invasion; channel exploration; fault water channeling

矿井水害一直是华北岩溶矿区煤矿安全生产面临的主要问题之一, 历史上曾多次发生突水淹井事故, 其中由奥灰含水层所导致的突水事故占30%左右^[1-6], 奥灰含水层以其层厚、水大的特点, 发生突水时往往造成特大突水灾害, 特别是随着我国浅部煤炭资源开采殆尽, 矿井转向开采深部煤层^[7-9]. 面对严峻的

水害现状,我国科技工作者进行了大量的研究工作,对减少矿井水害,降低矿井损失起到了至关重要的作用。

文章以某矿工作面运输巷掘进期间特大突水事件为背景,前期通过对矿井的突水量、水位、水质等方面的分析确定突水水源,并依据矿井的实际情况分析可能存在的突水通道,后期通过布置施工定向钻孔进行突水通道探查的综合防治水技术路线,确定了此次突水的突水水源和突水通道,为下一步的矿井防治水工作奠定了基础。

2010年11月19日凌晨4点,某矿在掘进工作面运输巷过程中,迎头后路30m(1#出水点)及150m(2#出水点)位置,在顶板来压时突然发生底板出水,最大突水量高达6000m³/h,远超过矿井排水能力,最终导致整个矿井被淹。

1 突水工作面概况

突水工作面位于采区北翼下部,东部以F₃₈₋₁断层为界,南部以采区下山保护煤柱为界,北部以F₅₅断层防水煤柱为界。设计工作面走向长850m,倾向长110~125m,煤层倾角13°~18°,2#煤厚度4~5m,工作面设计可采储量35.4×10⁴t,煤层距下伏奥灰含水层顶面150m。工作面于2010年3月开始准备,截至到2010年11月19日,溜子道已掘进400m,运料巷已掘进670m,巷道标高为-640~-560m,地面标高+180~+190m,工作面情况见图1,矿井地层情况见图2。

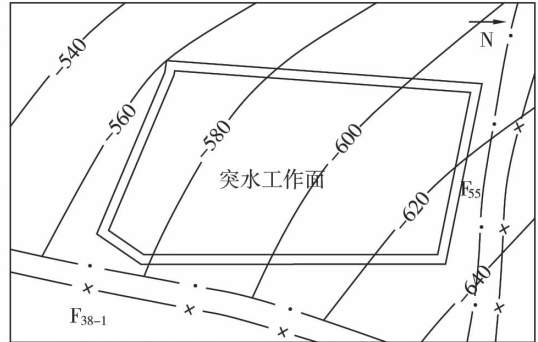


图1 突水工作面示意图

地 层					分层厚 (m)	累厚 (m)	岩性 柱状 1:5 000	岩性描述	备注
界	系	统	组	段					
新生界	第四系				5	5		黄土、粘土、砂质粘土、卵石、胶结砾石。	
	第三系				75	80		粘土、砂质粘土、卵石、胶结粗砾石及砾岩。	
古 生 界	二叠系	上统	石千峰组	四段	126	206		多为紫色、暗红色砂岩、砂质泥岩,中部有2-4层泥灰岩,底部杂色中砂岩。	
				三段	146	352		以紫色、暗红色砂岩、砂质泥岩为主,夹数层中粒砂岩,砂岩硬度大,一般为硅质胶结。	
				二段	103	455		以厚层状紫灰、灰绿色砂质泥岩、泥岩为主,夹薄层细砂岩。	
				一段	117	572		以厚层状紫灰、灰绿色砂质泥岩、泥岩为主,夹薄层细砂岩。	
				一段	164	736		以中-粗粒砂岩为主,夹灰绿色砂质泥岩。	
	石炭系	下统	山西组		54	790		上部为紫色花斑、中下部浅灰、灰色粉砂岩、砂质泥岩,具鲕状结构,底部为中砂岩。	
					66	856		灰、灰黑色泥岩、砂岩。含煤2-5层,1-3层可采,含大量植物化石。	主要含煤地层,其中大煤(2#)平均厚度4.01m,大煤局部开采
					124	980		灰、灰黑色泥岩、灰岩及砂岩。含煤层12层,灰岩6-8层,富含动、植物化石	主要的含煤地层,其中山青(6)、小青(7)、大青(8)、下架(9)为稳定煤层
	奥陶系	中统	峰峰组		9	989		深灰色粉砂岩、灰或紫色色铝土岩。含不稳定煤层1-2层、不可采	
					>100			豹皮状灰岩,纯灰岩与白云质角砾状灰岩互层	

图2 矿井地层综合柱状图

2 突水因素分析

2.1 突水水源分析

快速准确地确定突水水源对于矿井防治水工作具有重要作用,能够为下一步的防治水工作提供依据,根据矿井突水的实际情况分析如下:

1) 突水时,根据技术人员现场采用容积法观测水量记录,1 min 内突水量淹没断面为 10 m^2 的巷道 10 m ,估算水量为 $100 \text{ m}^3/\text{min}$. 后来根据巷道淹没时间测算突水量也在 $100 \text{ m}^3/\text{min}$ 左右. 依据矿井几十年的开采实践,推断只有奥灰水有如此大的突水量.

2) 突水灾害发生后,距矿井突水点 1500 m 处的奥灰观测孔水位 1 d 内下降了 0.7 m ,随着时间的延续奥灰水位呈明显下降趋势. 到 12 月 28 日水位降深达 1.35 m ,奥灰水位变幅远超同期正常值.

3) 突水期间,现场技术人员取突水水样进行了化验,通过对水质分析结果的对比分析,发现突水水样具有明显的奥灰水水质特征.

综合以上分析,确定此次突水水源为奥灰水.

2.2 突水通道分析

正常条件下,矿井开采 $2^{\#}$ 煤层下距奥灰含水层顶面 150 m ,在没有大型导水构造的前提下,一般不会发生奥灰特大突水灾害. 既然发生了奥灰特大突水灾害,表明在突水点附近应该存在未查明的隐伏导水构造,减小了 $2^{\#}$ 煤底板隔水层的有效厚度和阻水能力. 受采掘活动的影响,在断层、渗流场和应力场的联合作用下,煤层底板高压奥灰水通过导水通道突破煤层底板突出^[10-15],导致了此次奥灰特大突水灾害.

3 突水通道探查

依据矿井的实际情况,分析此次突水通道探查的难点,并针对这些难点制定了相应的探查方案.

3.1 突水通道探查难点

1) 突水后,井下巷道大面积被淹,突水点和充水巷道没有明显的物性差异,导致物探方法失效,只能利用在地面施工的钻孔进行探查.

2) 探查孔只能依据初步分析确定的最大可能突水区域进行布置,钻孔数量无法确定. 此外,因突水点埋深较大,对钻进技术、钻探设备和钻孔孔斜控制要求高,施工难度大.

3) 地表施工钻孔需要经过浅部的采空区,增加了堵水钻孔施工过程的难度. 主要表现在钻进中冲洗液大量漏失、孔壁掉块、坍塌等方面. 容易引起卡钻、埋钻等事故,影响钻孔施工进度和质量.

3.2 突水通道探查方案

针对突水通道探查的难点,制定了“以突水点为中心,由近及远布置钻孔”的探查方案,即在突水点附近施工一定数量的定向钻孔,定向钻孔以“点面结合”的方式进入地层,能有效的探知所钻进范围内地层构造的变化,既提高了对隐伏导水构造的探查精度,又扩大了钻孔控制范围,达到快速准确确定突水通道位置和分布特征的目的^[16-18].

1) 探查孔的布置. 突水通道探查孔以 $1^{\#}$ 和 $2^{\#}$ 突水点为中心,在半径为 30 m 的范围内以垂直孔(主孔)和分支孔相结合的方式探查,共布置 $1^{\#}$ ~ $4^{\#}$ 这 4 个钻孔,见图 3. 每个主孔设计 3 ~ 4 个分支孔(控制范围为 $30 \sim 40 \text{ m}$),主孔二层套管均下到 $2^{\#}$ 煤底板以下 $20 \sim 60 \text{ m}$ 处,以便为分支孔探查创造条件.

2) 钻孔结构要求. 各钻孔开孔直径为 311.15 mm ,钻进至第四系地层以下 $5 \sim 10 \text{ m}$,下 $\Phi 244.5 \text{ mm}$ 的套管,注浆固结隔离第四系地层,变径为 219 mm 和 215.9 mm 钻进至 $2^{\#}$ 煤顶板上 60 m 左右,下 $\Phi 177.8 \text{ mm} \times 8.05 \text{ mm}$ 的通天套管并固孔,变径为 152 mm 裸孔钻进至 $2^{\#}$ 煤底板下 $20 \sim 60 \text{ m}$ 终孔. 设计终孔层位为进入奥灰含水层 $20 \sim 45 \text{ m}$,孔深为 $800 \sim 900 \text{ m}$. 钻进至煤层底板以下一定深度定向造斜,分支孔孔径 127 mm ,控制 $30 \sim 40 \text{ m}$ 的范围.



图 3 探查孔布置示意图

3.3 突水通道探查过程及结果

结合现场施工条件,探查过程中首先施工位于 $1^{\#}$ 和 $2^{\#}$ 突水点附近的 $1^{\#}$ 孔和 $2^{\#}$ 孔,再依次施工 $3^{\#}$ 孔及

4#孔,探查孔施工结果参见表1.

表1 探查孔施工结果一览表

钻孔名称	孔深/m	见2#煤深度/m	奥灰顶界面深度/m	备注
1#	883.0	804	870.00	806.00 m 见水泥和煤,806.50 m 到巷顶, 808.32 m 至巷道底板
2#	882.0		856.90	799.00 m 全漏
3#	815.5	797		
4#	900.0		855.03	823.20 m 见铁,890.00 m 全漏

在2#及4#探查孔施工过程中,分别于856.9 m和855.03 m探测到奥陶系灰岩,经过煤岩对比,发现在2#突水点巷道下帮25 m处附近新发现了一条走向为NE10°,倾向NW,落差近120 m的断层(编号为F₅₅₋₁),见图4.导致下盘奥灰含水层与溜子道之间隔水层厚度不足30 m,而剩余底板隔水层承受奥灰水压高达7.9 MPa以上,在高压奥灰水和地应力的综合作用下,奥灰水突破巷道围岩进入矿井,发生了矿井滞后突水.

4 结论

- 1) 此次突水水源为奥灰水.
- 2) 在突水点附近应该存在未查明的隐伏导水构造,减小了2#煤底板隔水层的有效厚度和降低了其阻水能力.

3) 2#煤层底板以下存在1条落差为120 m的F₅₅₋₁正断层,剩余底板隔水层不足以承受高达7.9 MPa的奥灰水压,致使巷道掘进期间,高压奥灰水突破巷道围岩发生奥灰特大突水灾害.

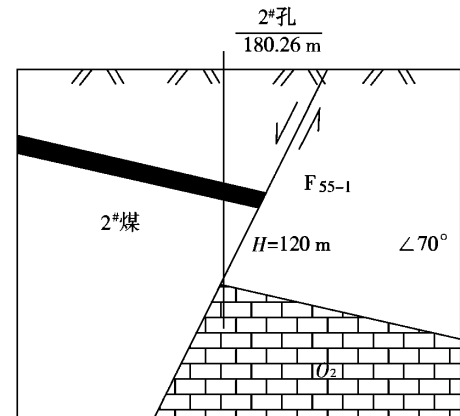


图4 2#孔探查结果示意图

参考文献:

- [1] 宋振骥,郝建,汤健泉,等. 断层突水预测控制理论研究[J]. 煤炭学报,2013,38(9):1511-1515.
- [2] Ma L Q, Zhang D S, Li X, et al. Technology of groundwater reservoir construction in goafs of shallow coalfields[J]. Mining Science and Technology, 2009(61):730-735.
- [3] 刘猛,白峰青,王斌. 受断层影响的水库下采煤可行性分析[J]. 矿业工程研究,2014,29(1):74-77.
- [4] 武强,崔芳鹏,赵苏启,等. 矿井水害类型划分及主要特征分析[J]. 煤炭学报,2013,38(4):561-565.
- [5] Winter T C, Buso D C, Shattuck P C, et al. The effect of terrace geology on groundwater movement and on the interaction of groundwater and surface water on a mountainside near Mirror Lake, New Hampshire, USA[J]. Hydrological Processes, 2008, 22(1):21-32.
- [6] 靳德武,刘英锋,刘再斌,等. 煤矿重大突水灾害防治技术研究新进展[J]. 煤炭科学技术,2013,41(1):25-29.
- [7] 李沛涛,武强. 底板破坏型采煤工作面突水机理及治理技术[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2008,27(5):653-656.
- [8] 姜卫东,关英斌,李延申,等. 李楼铁矿水文地质条件研究[J]. 矿业工程研究,2013,28(4):4-7.
- [9] 白峰青,卢兰萍,缙书宝,等. 德盛煤矿特大突水治理技术[J]. 煤炭学报,2007,32(7):741-743.
- [10] 李志明. 大采深高承压矿井水文地质条件及防治水技术[J]. 煤炭科学技术,2010,38(9):104-107.
- [11] 冯现大,李树忱,李术才,等. 矿井突水模型试验顶板高层破断数值模拟研究[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版),2011,(2):163-166.
- [12] 赵庆彪,程建远,杜丙申,等. 东庞矿突水陷落柱综合探查技术[J]. 煤炭科学技术,2008,36(8):96-100.
- [13] 刘存玉,关永强. 峰峰集团九龙矿15423N工作面特大突水原因剖析[J]. 煤矿安全,2013(08):187-190.
- [14] 岳卫振. 九龙矿15423N工作面突水原因分析与快速治理[J]. 煤矿安全,2011(6):145-147.
- [15] 赵苏启,武强,尹尚先. 广东大兴煤矿特大突水事故机理分析[J]. 煤炭学报,2006,31(5):619-622.
- [16] 黄麟森,曾来. 煤矿井下定向钻进新技术[J]. 煤炭科学技术,2010,38(4):82-84.
- [17] 姚宁平,张杰,李乔乔. 煤矿井下近水平定向钻技术研究与应[J]. 煤炭科学技术,2011,39(10):53-57.
- [18] 姚宁平. 我国煤矿井下近水平定向钻进技术的发展[J]. 煤田地质与勘探,2008,36(4):78-80.