

井下定向钻进技术在矿井老窑水治理中的应用

曹主军,周建军,宋红娟

(神华宁夏煤业集团能源工程公司,宁夏 银川 750021)

摘 要: 针对神华宁夏煤业集团公司石炭井焦煤分公司一号井老窑水对二号井安全开采造成的安全隐患问题,通过分析一号井与二号井的边界关系、水力联系,以及现场地质、施工条件,应用具有先进定向功能的井下定向钻进技术,自二号井向一号井上组煤回风上山实施了7个长距离定向钻孔,4个钻孔施工至巷道内且成孔后单孔初始涌水量达到 $80 \sim 130 \text{ m}^3/\text{h}$,水头压力达到 1.8 MPa ,疏放水190 d后一号井老窑水水头高度下降了6 m。最后针对钻孔与巷道贯通时采空区内淤泥瞬间涌出,造成卡钻、水头压力高导致钻孔施工安全隐患等问题,提出具体的技术解决方案。

关键词: 老窑水; 定向钻进; 随钻测量系统; 涌水量; 封孔技术

中图分类号: TD41

文献标志码: A

文章编号: 0253-2336(2014)10-0106-03

Directional Drilling Technology Applied to Goaf Water Control in Underground Mine

CAO Zhu-jun, ZHOU Jian-jun, SONG Hong-juan

(Energy Engineering Company, Shenhua Ningxia Coal Industry Group, Yinchuan 750021, China)

Abstract: According to a safety hidden danger problem from a safety mining in No. 2 Mine caused by a goaf water in No. 1 Mine of Shitan-jing Coking Coal Mine, Shenhua Ningxia Coal Industry Group, with an analysis on the boundary relation, hydraulic connection between No. 1 well and No. 2 well, site geological and construction conditions, an underground mine directional drilling technology with an advance directional function was applied to the drilling of seven long distance directional boreholes conducted in air return rise of top group seam from No. 2 Mine to No. 1 Mine and four boreholes was constructed to the mine roadway. After those borehole construction completed, initial water inflow of each borehole was $80 \sim 130 \text{ m}^3/\text{h}$, water head pressure was 1.8 MPa and water head height in the goaf of No. 1 Mine was reduced with 6 m after 190 days of water drainage. Finally, when a borehole was drilling through mine gateway, mud inrush occurred from goaf would cause drilling tools jammed and high water head pressure, which could cause safety hidden danger and other problems in bore-hole drilling operation, the paper provided certain technical solution plan.

Key words: goaf water; directional drilling; measuring system with drilling operation; water inflow; borehole sealing technology

0 引 言

2011年之前,井下中长距离定向钻进技术在神华宁煤集团乃至全国绝大多数矿井灾害治理方面中还仅应用于煤层瓦斯治理,为了更好地解决神华宁夏煤业集团的水害问题,借鉴多年施工中长距离($600 \sim 800 \text{ m}$)定向瓦斯钻孔的施工经验,通过对原中长距离定向钻机及工艺技术进行改造后实现了有效治理水害的目的^[1-4]。在2011年9

月成功引进改造后的定向钻机及配套设备^[1],先后在神华宁夏煤业集团红柳煤矿、枣泉煤矿、梅花井煤矿成功实施35个井下长距离定向疏放水钻孔,累计进尺 $15\,150 \text{ m}$,成功将定向钻进工艺技术推广应用到顶板水疏放治理中^[5]。2012年,由于石炭井焦煤分公司一号井老窑水通过冒落裂隙带渗入二号井南翼各煤层采空区内,对二号井后续水平的开拓及延伸形成了一定的安全隐患,因此采用定向钻进技术,从二号井向一号井施工长距

收稿日期: 2014-04-11; 责任编辑: 赵 瑞 DOI: 10.13199/j.cnki.cst.2014.10.025

作者简介: 曹主军(1972—),男,宁夏银川人,高级工程师,现任神华宁夏煤业集团能源工程公司副总经理。

引用格式: 曹主军,周建军,宋红娟. 井下定向钻进技术在矿井老窑水治理中的应用[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(10): 106-108, 112.

CAO Zhu-jun, ZHOU Jian-jun, SONG Hong-juan. Directional Drilling Technology Applied to Goaf Water Control in Underground Mine[J].

Coal Science and Technology, 2014, 42(10): 106-108, 112.

离定向钻孔对一号井老窑水进行疏放, 以达到疏放老窑水降低水头高度、消除安全隐患的目的。

1 一号井老窑水赋存状况及危害

1.1 一号井与二号井边界关系

一号井和二号井之间以 F0 正断层和Ⅷ勘探线为界, 勘探线两侧煤层自上而下留设梯形隔离煤柱, 煤柱批准文号(87)石局地字 017 号要求 3 号、4 号、5 号、8 号、9 号、10 号、13 号煤层分别留设 40、50、60、40、44、62、98 m 宽隔离煤柱。但在实际开采过程中, 大多数煤层个别地段煤柱小于规定值。

1.2 一号井与二号井间水力联系

一号井封闭后, 其 +1 000—+1 200 m 标高段的采区及所有巷道全部变成采空区, 雨季水及含水层岩层裂隙水沿各类裂隙通道进入采空区, 形成老窑水, 由于有补给条件但无矿井排水系统, 使一号井老窑水水位不断上涨, 老窑水水位标高上升至 +1 173 m, 积水高差 173 m。二号井南翼开采最低标高为 +970 m, 低于一号井老窑水标高。一号井老窑水通过冒落裂隙带渗入二号井南翼各煤层采空区内, 造成二号井矿井涌水量增大。经 2012 年全年监测发现, 矿井平均涌水量由 2009 年以前的 $100 \text{ m}^3/\text{h}$ 已增大到 $220 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

1.3 一号井老窑水量

由于采空区体积估算的理论涌水量数值变化较大, 因此采用 2012 年平均涌水量容积法计算一号井老窑水量。2012 年矿井实测涌水量 $Q_1 = Q_2 - Q_3$, 其中: Q_2 为 2012 年矿井平均涌水量, 取 $220 \text{ m}^3/\text{h}$; Q_3 为 2012 年生产用水量, 取 $20 \text{ m}^3/\text{h}$, 经计算得出 $Q_1 = 200 \text{ m}^3/\text{h}$ 。在未采取措施前, 预计老窑水水位标高为 +1 173 m, 则老窑水量 $Q = (Q_2 - 20) t$ 。其中 t 为积水时间, 取 15 120 h。综上, 通过理论计算 Q 约为 300 万 m^3 。

1.4 一号井老窑水对二号井的危害

1) 由于一号井老窑水水位增高, 受压力和水位影响, 一号井积水会对二号井持续补给, 如不抽排一号井积水, 二号井涌水量预计还将进一步增大。

2) 两井的隔离煤柱是矿界保护煤柱, 并非专门的防隔水煤柱。按照《煤矿防治水规定释义》规定可知^[6], 3、4、5、8、9、10、13 号煤层最薄弱处, 隔水煤柱理论留设宽度分别为 29、73、56、20、20、68、20 m, 实际留设值分别为 38、50、54、38、44、62、67 m。

通过计算 4、5、10 号煤层实际留设隔离煤柱小于规定值, 故一号井老窑水对二号井形成水害威胁, 需及早采取措施。如不采取措施, 当一号井煤柱回采完彻底关井后, 预计老窑水位最终将达到 +1 386 m 标高, 水头高度将达到 386 m, 水压将达到 3.8 MPa, 向二号井渗透水量会愈来愈大; 届时受水压影响, 由于部分煤柱留设宽度均小于规定的安全距离, 内生裂隙沿弱面会不断扩大, 煤柱抗压强度会减弱, 安全系数降低, 存在很大的安全隐患。

3) 一号井老窑水渗入二号井南翼各煤层采空区后, 当二号井南翼各煤层在采空区下部采煤时, 老窑水会进入采煤工作面采空区, 必然造成工作面巷出现渗水现象。

2 水害治理方案

根据一号井老窑水对二号井危害程度, 制定了以下水害治理方案。即: 在一号井的一号副斜井内安设水泵排水的同时, 分别在二号井 +1 038 和 +970 m 水平布置定向钻孔向一号井采空区边界回风上山巷内施工钻孔, 钻孔施工的同时从二号井 +970 m 轨道石门内开口施工 1 条泄水巷, 泄水巷施工至距离一号井采空区 80 m 处暂停掘进, 待一号井老窑水位排降至 +1 010 m 标高时再继续掘进, 与一号井北下组煤轨道巷贯通, 将一号井老窑水全部引入二号井排水系统, 从而解决一号井老窑水带来的隐患。

2.1 钻场及钻孔布置

1) 钻场布置。钻场布置在上 71 回风上山巷内 S53 测点处(该段巷道底板标高为 +970 m)。

2) 钻孔布置。定向疏放水钻孔根据目标区域范围及钻机施工能力, 布置了 1—7 号钻孔, 平面终孔间距为 43 ~ 78 m, 钻孔终孔位置分别为一号井采空区 +1 000 m 下组煤回风上山巷 +1 118、+1 078、+1 038、+1 000 m 标高, 以及上组煤回风上山巷 +1 038、1 008、1 000 m 标高处。钻孔设计剖面方案如图 1 所示。

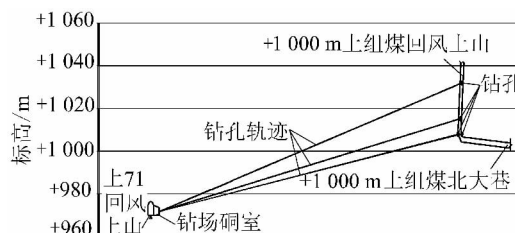


图 1 钻孔设计剖面方案

2.2 钻孔结构

钻孔采用 $\phi 96$ mm 钻头 + $\phi 73$ mm 钻杆开孔至 25 m, 退钻采用 $\phi 165$ mm 扩孔钻头扩孔 25 m 后下设 $\phi 127$ mm、壁厚 6 mm 的孔口管。在岩层中以 $\phi 96$ mm PDC 烧结式金刚石复合片钻头^[7-8]裸孔钻进至 +1 000 m 上(下)组煤回风上山。

3 施工情况

1) 施工设备。采用 ZDY6000LD 型井下定向探放水钻机、配套 YHD1-1000 随钻测量装置^[9-11]、 $\phi 73$ mm 通缆钻杆和螺杆马达进行施工。

2) 钻孔整体实钻情况。施工过程中按照逐步降低水头压力的原则进行施工,即先施工 +1 038 m 水平布置的一号及二号钻场,后施工 +970 m 水平布置的 3 号钻场。+1 038 m 水平布置的 1 号钻场和 2 号钻场钻孔均需穿过落差 25 m 的大断层,共施工 3 个钻孔均遇断层后无法穿过断层提前终孔。3 号钻场不受断层影响,累计施工钻孔 4 个^[12],累计工程量 3 100.1 m。其中 3 号钻场累计施工的 4 个钻孔编号分别为 1、2、3、4 号,累计施工进尺 2 135 m,最大钻孔深度 438 m,最大放水量 $130 \text{ m}^3/\text{h}$,累计疏放水 106.5 万 m^3 。各钻孔涌水量统计情况见表 1。

表 1 3 号钻场各钻孔涌水量统计

钻孔号	初始涌水量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	平均稳定涌水 量/($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	疏放 周期/d	单孔疏放 水量/方
1	130	120	141	392 592
2	109	50	191	299 616
3	80	50	128	106 200
4	130	120	105	266 592

4 存在的技术问题及解决方案

钻孔施工过程中必须与采空区巷道贯通,因此存在钻孔精度要求高、钻孔与巷道贯通时采空区内淤泥瞬间涌出造成卡钻抱钻事故、水头压力高施工安全如何保障等问题。针对以上问题,在钻孔实施前制定了以下措施确保钻孔施工安全性及精度。

1) 钻孔施工过程中必须按照《煤矿防治水规定》第九十六条,安装符合要求的防喷装置和反压装置,确保钻孔出现涌水后人员和设备的安全。

2) 钻孔封孔必须严格按照设计要求进行,封孔候凝结束后必须进行打压试验,打压合格后方可下钻具进行钻进。

3) 为避免钻孔与采空区巷道贯通时采空区淤

泥瞬间涌出造成卡钻事故的发生,定向钻进至距离靶点 10 m 处必须停钻更换回转钻具,采用回转钻进与靶点贯通。

4) 钻孔开孔严格按照设计坐标进行开孔,开孔后必须由矿方地测专业人员对开孔坐标进行复测,根据复测的开孔坐标绘制钻孔实钻平面、剖面图,确保钻孔开孔点坐标的精确性。

5) 钻孔施工过程中每隔 100 m 至少采用 2 根厂家校核过的测量短节对钻孔轨迹参数进行复测,复测后与实钻过程中的数据进行对比,若前后 2 次差值在 1° 以内,则取 2 次平均值作为实钻轨迹坐标计算的数值,若前后 2 次差值较大则查明原因后再行取值。

6) 钻孔与靶点贯通前 6 m 范围内停钻,更换回转钻具钻进至终孔位置处,防止采用定向钻具钻进至采空区时出现卡钻抱钻事故。钻孔与采空区贯通后不允许立即退钻,待钻孔内涌水稳定后方可缓慢退钻。

5 结论与建议

1) 中长距离定向钻孔精确施工至采空区靶点,对采空区积水疏放一定周期后水头高度明显下降,该技术能够达到对老窑水疏放和治理的目的。

2) 由于地质条件与施工条件所限,钻孔仅成功施工至 +1 000 m 水平的上组煤回风上山处,对上组煤采空区积水进行了疏放。后续施工条件满足后,建议在 +1 000 m 下组煤回风上山继续施工中长距离定向钻孔对下组煤采空区积水继续疏放,彻底解决采空区积水产生的安全隐患。

3) 由于采空区淤泥较多,钻孔成孔后进行疏放过程中尽量避免关闭孔口闸门,或向孔内下与钻孔孔径相近的钻具进行捅孔,这样容易造成孔内淤泥堆积从而使钻孔堵塞失去疏放水效果。

参考文献:

- [1] 姚宁平, 张 杰. 煤矿井下定向钻孔轨迹设计与控制技术[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(3): 7-11.
- [2] 石智军, 温 榕. 煤层井下定向钻进随钻测量系统的研制[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(3): 16-20.
- [3] 郝世俊. 煤矿井下水平定向钻进技术的发展[J]. 煤田地质与勘探, 2004, 32(2): 57-59.
- [4] 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.

(下转第 112 页)

差。这仅仅是从总体结果评价拟合效果,集对分析联系度表达式还可以通过 a 、 b 、 c 进行层次结构的细致分析。

对于1号井 $\mu = 0.703$ $b = 0.237$ $c = 0.06$,整体拟合度为84.3%,其中拟合度好的占70.3%,拟合度较好的占23.7%,较差的占6.0%。

对于2号井 $\mu = 0.706$ $b = 0.175$ $c = 0.119$,整体拟合度为71.2%,拟合结果不算好,其中拟合度好的占70.6%,较好的占18.5%,较差的占11.9%。

对比2口井的拟合效果,1号井的拟合效果比2号井的拟合效果要好的原因如下。

1) 实际产气量曲线型态。1号井的实际产气量曲线整体阶段性比较好,产气阶段比较平稳,相比较而言2号井的实际产气量曲线则变化幅度比较大,整体平稳性较差,由于模拟软件COMET3的内在模拟算法程序固定,所以软件对稳定性强的曲线拟合效果要好一些。

2) 联系度表达式中系数 j 的取值。按集对分析原理,式中都是取值为-1,由于2号井的第三类拟合点所占比例为11.9%,而1号井的第三类拟合点比例为6.0%,所以在 $j = -1$ 的情况下,计算的1号井的拟合结果要比2号井的拟合效果好。如果不考虑第三类拟合点,即 $j = 0$ 时,1号井的拟合度为94%,2号的拟合度为89.1%,拟合效果都很好,两者相差不大。

所以对于第三类拟合点的分析处理,如何对 j 取值,取决于实际生产中对于拟合效果和层次结构的要求。

5 结 论

通过用集对分析原理对沁南地区的2口煤层气井产气量历史拟合的拟合度计算,经过定量计算,对拟合出的三组参数进行对比分析,选择出了最佳拟合参数。其中1号井的拟合效果很好,2号井的拟合效果稍差,这是整体分析的结果。如果只看I类、II类的话,2号井的拟合效果也比较好的。如何合理的处理拟合效果差的数据点,需要以后进一步的研究。集对分析原理简单易懂,运用集对分析方法定量分析了煤层气井产气量历史拟合的效果,弥补了只是靠肉眼感性判定拟合效果的缺陷,能够清晰展现结果的层次结构,使得对结果的分析更加科学合理,提高了结果的可信度。

参考文献:

- [1] 赵 雯,朱炎铭,张晓莉,等.煤层气井历史拟合评述[J].中国煤层气,2010,7(3):20-22.
- [2] 张遂安.煤层气模拟原理及其应用[J].中国煤层气,1998,21(1):34-36.
- [3] 骆祖江,叶建平.沁水盆地FZ煤层气井网三维数值模拟[J].成都理工大学学报:自然科学版,2005,32(3):271-277.
- [4] 苏现波,林晓英.煤层气地质学[M].北京:煤炭工业出版社,2009:54-56.
- [5] 孟雅杰.一种实用的自动历史拟合方法[J].大庆石油学院学报,1995,13(1):16-20.
- [6] 王晓梅,张 群,张培河,等.煤层气井历史拟合方法探讨[J].煤田地质与勘探,2003,23(1):20-22.
- [7] 袁奕群,袁庆峰.黑油模型在油田开发中的应用[M].北京:石油工业出版社,1995:78-79.
- [8] 秦 勇,袁 亮,胡千庭,等.我国煤层气勘探与开发技术现状及发展方向[J].煤炭科学技术,2012,40(10):1-6.
- [9] 赵克勤,宣爱理.集对论一种新的不确定性理论方法与应用[J].系统工程,1996,14(1):18-23.
- [10] 赵克勤.集对分析与熵的研究[J].浙江大学学报:社会科学版,1992,6(2):65-72.
- [11] 朱 兵,王文圣,王红芳,等.集对分析中差异不确定系数 i 的探讨[J].四川大学学报,2008,40(1):5-9.
- [12] 邓红霞,李存军,赵太想,等.基于SPA的水文预测模型评估[J].四川大学学报,2006,38(6):34-37.
- [13] ZOU Ming-jun, WEI Chong-tao, PAN Hai-yang, et al. Productivity of Coalbed Methane Wells in Southern of Qinshui Basin [J]. Mining Science and Technology, 2010, 20(5):765-769.

(上接第108页)

- [5] 宋红娟.千米定向探放水钻机在神华宁煤集团水害治理中的应用前景展望[C]//全国煤矿机械与救援装备高层研讨暨新产品技术交流会论文集.沈阳:北方交通重工集团,2011.
- [6] 国家煤矿安全监察局.煤矿防治水规定[M].北京:煤炭工业出版社,2009:60-63.
- [7] 郭东琼.煤矿井下随钻测量定向钻进用PDC钻头的研制[J].金刚石与磨料磨具工程,2011,31(3):31-34.
- [8] 刁文庆,唐大勇.定向钻进用胎体式PDC钻头烧结工艺研究[J].煤炭科学技术,2013,41(3):22-24.
- [9] 石智军,田宏亮,田东庄,等.煤矿井下随钻测量定向钻进使用手册[K].北京:地质出版社,2012:6-7.
- [10] 孙荣军.煤矿井下随钻测量技术及钻孔轨迹数据处理方法研究[D].西安:煤炭科学研究总院西安研究院,2009:8-16.
- [11] 王二鹏,刘 波,郭文杰.随钻测量技术在我国煤矿井下水平定向钻进中的应用与展望[C]//沈阳国际安全科学与技术学术研讨会论文集.沈阳:东北大学出版社,2010.
- [12] 石智军.煤矿井下定向分支孔钻进技术的研究[R].西安:煤炭科学研究总院西安分院,1994.
- [13] 孙新胜,王 毅,郭 涌.定向钻进技术在煤矿井下探放水孔施工中的应用[J].煤田地质与勘探,2005,33(S1):22-24.