

The Optimization of Drilling Water Inflow Prediction about the Underground Drain and the Study on the Attenuation Law of Water

Yanhong Shi, Xiuyan Chen

Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui
Email: 565252513@qq.com

Received: Jan. 30th, 2015; accepted: Feb. 10th, 2015; published: Feb. 26th, 2015

Copyright © 2015 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

Abstract

Taking QianYingZi coal mine 3₂12 working face of draining project as an example, specific to the important issue of “borehole water inflow forecast” during the present situation of coal mine safety production, based on the analysis and calculation of mine water inflow in different stages and conditions, we research the attenuation law of water inflow on the working face by analysing the accuracy on the calculation results of the inflow and the interference of the group of exploration boreholes inflow. Researches show that: the big well method is more reasonable than the original calculation method in process of the optimization to drain hole water in flow and it is more in line with groundwater movement rule. For multiple drilling exploration in the same drill socket, adjacent borehole of initial water has a tendency to decline. Give priority to those with static reserves of coal measures hole as a whole, it is on the decline.

Keywords

The Water Inflow Forecast on Working Face, Big Well Method, Attenuation Law of Water Inflow

井下探放水钻孔涌水量优化预测及水量衰减规律研究

时焱红, 陈秀艳

安徽理工大学, 安徽 淮南
Email: 565252513@qq.com

收稿日期: 2015年1月30日; 录用日期: 2015年2月10日; 发布日期: 2015年2月26日

摘要

以钱营孜煤矿 3_2 12工作面探放水工程为例, 针对目前煤矿安全生产中“钻孔涌水量预测”的重要问题, 在分析计算不同阶段和条件下的矿井涌水量的基础上, 对涌水量计算结果的准确性与群孔探放水钻孔涌水量干扰进行分析, 研究工作面涌水量衰减规律。研究表明: 采用大井法优化方法预计探放水过程中钻孔涌水量, 较原计算方法更合理, 更符合地下水运动规律。在同一个钻窝内进行多个钻孔的探放水时, 相邻钻孔的初始水量有减小的趋势。以静储量为主的煤系砂岩裂隙水, 随着疏放探放水钻孔的涌水量总体呈下降趋势。

关键词

工作面涌水量预测, 大井法, 涌水量衰减规律

1. 引言

矿坑(井)涌水量是确定矿床水文地质条件复杂程度的重要指标之一, 关系到矿山的安全生产与成本, 对矿床的经济技术评价有很大的影响, 也是开采设计部门选择开采方案、制定疏干措施、确定排水设备及其生产能力的主要依据[1]。正确预测未来矿坑涌水量, 是矿床水文地质勘查的主要任务之一。目前在矿井涌水量预测方面, 有发展较为迅速的有限元法和人工神经网络法, 解析法、水文地质比拟法、相关分析法和应用 Benoulli 能量方程等在矿井涌水量计算中使用较为广泛[2]。本次研究利用地下水动力学井流理论, 采用大井法优化方法预计探放水过程中钻孔涌水量, 对水量衰减规律进行研究。

2. 研究区概况

2.1. 充水含水层

3_2 煤层的充水含水层包括新生界松散层“四含”、煤层顶底板砂岩裂隙含水层及煤层底板 K_3 砂岩裂隙含水层。“四含”仅在 3_2 12 工作面中部存在, 在南部和北部缺失。含水层下距煤层 350~450 m, 对工作面无充水影响。 3_2 12 工作面的充水含水层为煤层顶底板砂岩裂隙含水层及 K_3 砂岩裂隙含水层。

2.2. 充水含水层富水性

2.2.1. 含水层裂隙发育特征

1) 3_2 煤层顶底板砂岩含水层

含水层平均厚度 10.66 m, 主要由 3~5 层的细砂岩和中砂岩组成, 裂隙较发育, 钻探揭露时在 272、405 和 291 三孔发生漏水, 漏失量达 5~19.2 m^3/h , 钻孔泥浆消耗量一般为 0~0.16 m^3/h , 最大消耗量 0.64~4.8 m^3/h 。405 孔位于工作面附近, 说明 3_2 12 工作面顶底板砂岩裂隙比较发育。

2) K_3 砂岩裂隙含水层

K_3 砂岩上距 3_2 煤层 35~37 m, 平均厚度 9.64 m, 以中粗粒砂岩为主, 石英含量高, 砂岩表面呈蜂窝状构造。根据领矿桃园矿资料, 该层段砂岩裂隙发育不均一, 补 74, 6-710 等钻孔揭露该层位时发生漏

水现象,说明此层段裂隙较发育。综合 K_3 砂岩粒度、成分、结构及钻孔冲洗液漏失情况,可以判定其裂隙发育程度较好。在断层等构造存在的条件下, K_3 砂岩裂隙含水层中的水仍有可能通过构造导水通道进入工作面。 K_3 砂岩裂隙含水层为 3_212 工作面开采的间接充水含水层。

2.2.2. 富水性特征分析

3_2 煤顶底板砂岩裂隙含水层为弱富水($q = 0.00571 \sim 0.0194 \text{ L/s}\cdot\text{m}$), K_3 砂岩裂隙含水层富水性弱~中等($q = 0.02 \sim 0.87 \text{ L/s}\cdot\text{m}$)。但是,根据矿井实际揭露和相邻矿井生产实践, 3_2 煤层顶底板砂岩裂隙含水层与 K_3 砂岩裂隙含水层局部存在较强富水区,主要体现在以下几个方面:

1) 首采区北部地面瞬变电磁探测结果显示: 3_212 工作面内及附近分布大量的富水区。

2) 根据 3_212 工作面机巷和风巷掘进涌水情况及探放水钻孔涌水情况,目前工作面巷道总水量为 $74 \text{ m}^3/\text{h}$,水量较大且衰减幅度较小。

3) 淮北和皖北矿区在建井过程中, K_3 砂岩含水层多次发生突水,涌水量达 $60 \sim 254 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

刘桥一矿 4、6 煤层顶底板砂岩、新集刘庄煤矿的 11-2 煤层顶底板砂岩裂隙含水层等均表现出勘探阶段富水性较弱,而开采阶段涌水量较大的特点。因此,需充分认识砂岩裂隙含水层富水性不均一性,把部分区域水量较大、裂隙连通性较好的砂岩作为较强含水层。

3. 涌水量预测理论分析

研究以地下水动力学井流理论为基础,采用大井法优化方法预测探放水过程中钻孔涌水量。研究进行抽水试验获得钻孔涌水量,获取含水层的水文地质参数,并计算矿坑涌水量。

3.1. 矿井涌水量预测及分析

由于含水层特征不同、水文地质单元的边界条件不易查清、涌水水动力条件难以准确获得,因此,若要较准确的预计工作面的涌水量,必须在分析水文地质条件的基础上,划分不同阶段,按照不同条件进行[3]。对于 3_212 工作面涌水量的预计需要分为掘进涌水量、回采涌水量和探放水钻孔涌水量,而回采涌水量则要分为疏放前与疏放后两种情况。

1) 掘进涌水量、回采(疏放前)涌水量和探放水钻孔涌水量

3_212 工作面涌水量掘进时涌水量为 $84.25 \text{ m}^3/\text{h}$;回采时(疏放前)涌水量为 $109.27 \text{ m}^3/\text{h}$;探放水钻孔(单孔)涌水量为 $58.98 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

2) 疏放后回采涌水量

根据计算,疏放前回采涌水量为 $109.27 \text{ m}^3/\text{h}$,疏放后回采涌水量应该小于疏放前水量,可以采用矩形工作面涌水量计算方法,即区分静储量和动储量,再根据回采进度进行计算。另外,应该在疏放水工程结束后,获得疏放水量的前提下进行计算。

3) 3_212 工作面涌水量的预计修正

修正内容 3_212 工作面回采时,由于采动矿压的影响,在构造发育部位有可能造成 K_3 砂岩水的涌出;而在掘进及探放水阶段受采动矿压的影响较小,不会造成 K_3 砂岩水的涌出。因此,将 K_3 砂岩水作为 3_212 工作面回采期间涌水量的组成部分,而不作为掘进及探放水阶段涌水量的组成部分。以下重新计算疏放前的回采涌水量。

承压~无压完整井裘布依公式:

$$Q = 1.366 K \frac{(2S - M)M - h_0^2}{\lg R_0 - \lg r_0} \quad (1)$$

K_3 砂岩含水层渗透系数采用相邻矿井资料(祁东、祈南矿),祁东: $K = 0.002 \sim 0.05083 \text{ m/d}$,祈南: $K =$

0.01464~0.5166 m/d。含水层厚度采用本矿井资料 $M = 9.64$ m, 水位降深 $S = 670.56$ m, 影响半径 $R_0 = 1913.3$ m, 抽水半径 $r_0 = 383.98$ m, 综合矿区情况, 本次 h_0 取值 0, 将具体数据代入公式(1), 得:

$$Q = 1.366 \times 0.146 \times \frac{(2 \times 670.65 - 9.64) \times 9.64}{(\lg 1913.3 - \lg 383.98) \times 24} = 152.06 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2)$$

结合 3₂ 煤层顶底板砂岩涌水量, 3₂12 工作面回采总涌水量 $Q_{\text{总}} = 261.3 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

3.2. 涌水量计算结果评述

1) 涌水量计算结果的准确性

上面分别采用三种方法对 3₂12 工作面的涌水量进行了预计, 得出了掘进时、回采时及探放水钻孔的单孔涌水量。由于每种方法在计算的过程中均有不同程度的简化和近似, 加之砂岩富水性的复杂性, 计算结果与实际涌水量误差一般在 $\pm 10\%$ 均属于正常[3]。

2) 群孔探放水钻孔涌水量干扰分析

根据 3₂12 工作面机巷、风巷掘进时涌水情况, 3₂ 煤层顶底板砂岩局部为含水较丰富的含水层, 在工作面开采之前必须进行探放水工作。在多个钻孔进行放水的情况下, 每个钻孔涌水量会受同一个钻窝其它钻孔或其它钻窝钻孔的影响, 对此进行如下分析:

①放水钻孔与干扰钻孔处于同一个水文地质单元

此时, 根据地下水动力学中的干扰井群的叠加原理进行分析: 设平面上有 W_1 和 W_2 两个定流量并同时开始工作的抽水井(图 1), 其流量分别是 Q_1 和 Q_2 , 求任意点 M 的水头降深。

这里讨论的条件, 除了有两个定流量的抽水井以外, 其他条件都与泰斯井流相同。该问题的数学模型可写为[3]:

$$\begin{cases} a \left(\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} \right) = \frac{\partial H}{\partial t} & -\infty < x, y < \infty, t > 0 \\ H(x, y, t)|_{t=0} = H_0 & -\infty < x, y < \infty \\ H(x, y, t)|_{(x^2+y^2) \rightarrow \infty} = H_0 & t > 0 \\ \lim_{r_1 \rightarrow 0} \left(T r_1 \int_0^{2\pi} \frac{\partial H}{\partial r_1} d\theta_1 \right) = Q_1 & t > 0 \\ \lim_{r_2 \rightarrow 0} \left(T r_2 \int_0^{2\pi} \frac{\partial H}{\partial r_2} d\theta_2 \right) = Q_2 & t > 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中: r_1 、 θ_1 和 r_2 、 θ_2 分别是以井 W_1 和 W_2 为极点的辅助极坐标系的极径和极角。

利用干扰井群符合叠加原理, 通过降深 s 与水头 H 的转换, 得到:

$$s = H_0 - H = (H_{1,0} + H_{2,0}) - (H_1 + H_2) = s_1 + s_2 = \frac{1}{4\pi T} \left[Q_1 W \left(\frac{r_1^2}{4at} \right) + Q_2 W \left(\frac{r_2^2}{4at} \right) \right] \quad (3)$$

对于间距为 2λ , 流量相同且同时开始工作的两个抽水井的情况, 其降深方程为:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \left[W \left(\frac{r_1^2}{4at} \right) + W \left(\frac{r_2^2}{4at} \right) \right] \quad (4)$$

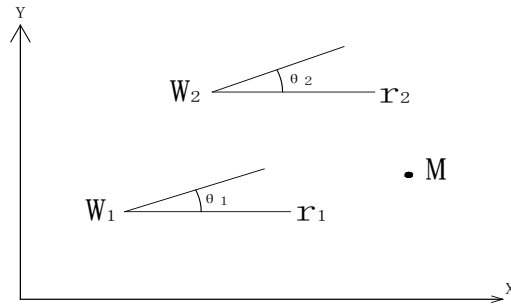


Figure 1. Water seepage overlay
图 1. 水井渗流叠加图

由式(4)可以看出：当两个抽水井同时工作时，其扰动范围内某一点 M 的降深为每个抽水井单独工作时降深的叠加，在两个抽水井开始工作的瞬间， M 点的降深是不变的，而(4)式右边却增加了 $W\left(\frac{r_2^2}{4at}\right)$ ，

因此，若要保持 s 不变， Q 将会减小。

4. 工作面涌水量衰减规律研究

4.1. 砂岩突水量衰减规律

经过前面综合分析， 3_212 工作面主要充水水源为顶底板砂岩裂隙水，较太原组灰岩和奥陶系灰岩水，砂岩裂隙水呈现以静储量为主，水量衰减速度较快的特点。砂岩裂隙水在采矿揭露的过程中，其突水量总的来说是由小的淋水迅速达到最大值。然后开始衰减，衰减的速率依次变小，直至突水点趋于干枯或某一个常量。国内外研究学者研究结果表明：突水量动态符合指数衰减规律。典型突水量衰减曲线为[3]：

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha(t_i - t_{i-1})} \quad (5)$$

式中： Q_t ——时段末突水量， m^3/h ； Q_0 ——初始突水量， m^3/h ； t_i ——时间段， d ； α ——衰减系数， $1/d$ 。

由于公式(5)基于实际观测数据，而 3_212 工作面突涌水点突水量无大量观测数据，因此，本次借鉴与矿井水文地质条件相类似的徐州夹河矿、张集矿的衰减曲线对 3_2 煤层顶底板砂岩裂隙水进行衰减趋势分析。

夹河矿：

$$Q_t = Q_0 e^{-1.823256t} \quad (6)$$

张集矿：

$$Q_t = Q_0 e^{-0.0027t} \quad (7)$$

通过衰减曲线形态及衰减程度分析，张集矿衰减曲线(7)比较符合 3_212 工作面涌水量衰减情况，遂采用公式(7)进行水量衰减计算。

4.2. 3_212 工作面涌水量衰减计算

将初始单孔涌水量 $Q_0 = 58.98 m^3/h$ ，代入公式(7)，得：

$$Q_t = 58.98 e^{-0.0027t} \quad (8)$$

计算结果见表 1。

根据预测结果表可生成图 2。

Table 1. 3₂12 working face water inflow prediction of attenuation calculation table
表 1. 3₂12 工作面涌水量衰减计算预测结果表

时段(d)	初始0	1	7	30	90	365
水量(m ³ /h)	58.98	58.82	57.88	54.39	46.26	22.01

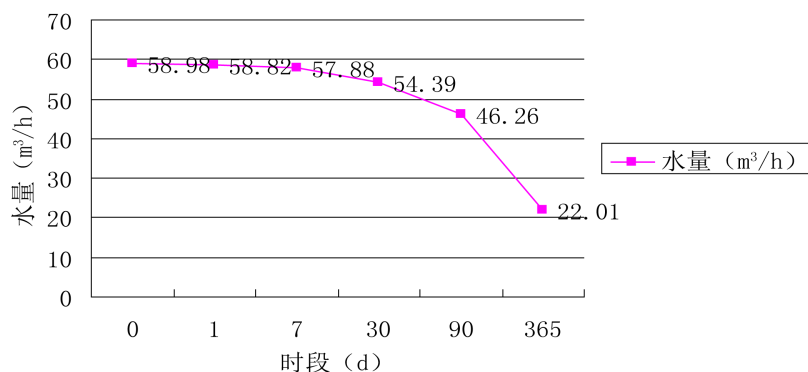


Figure 2. 3₂12 working face water inflow attenuation prediction curve
图 2. 3₂12 工作面涌水量衰减预测曲线

本次研究主要借鉴张集矿的涌水量衰减曲线, 计算结果难免存在偏差, 建议加强后期探放水钻孔涌水量的观测, 对大量观测结果进行回归和拟合, 从而进一步确定钱营孜矿 3₂煤层顶底板砂岩裂隙水突水量衰减曲线, 用于指导 3₂煤层的开采。

5. 结论

1) 通过分析工作面掘进时、回采时(疏放前)、探放水钻孔(单孔)涌水量, 计算得出 3₂12 工作面回采总涌水量 $Q_{\text{总}} = 261.3 \text{ m}^3/\text{h}$ 。矿井涌水量计算公式和参数选择合理, 该方法预测的正常涌水量结果与实际涌水量基本接近, 符合研究区水文地质条件和规律。可为矿井水害防治提供一定的科学依据, 适用范围广泛, 在两淮矿区及类似矿井有较好的推广前景。

2) 在本次采用大井法优化方法预计探放水过程中钻孔涌水量中分析得出钻孔涌水量的衰减规律。根据衰减预测曲线显示: 工作面衰减的速率依次变小, 涌水量衰减动态符合指数衰减规律。钻孔水量取决于所处含水层的静储量及水头压力, 在群孔放水、扰动范围内降深不变时, 抽水井水量将会减小, 即: 在同一个钻窝内进行多个钻孔的探放时, 相邻钻孔的初始水量有减小的趋势。总体来讲, 不论何种情况, 以静储量为主的煤系砂岩, 随着水量的疏放, 探放水钻孔的涌水量总的呈下降的趋势。

参考文献 (References)

- [1] 杜敏铭, 邓英尔, 许模 (2009) 矿井涌水量预测方法综述. 成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 成都, 70-73.
- [2] 管思太, 武强 (2005) 矿井涌水量预测评述. 中国矿业大学, 北京, 7-8.
- [3] 安徽理工大学 (2009) 皖北煤电集团钱营孜煤矿 3212 工作面防治水补充设计. 安徽理工大学, 1-9.

汉斯出版社为全球科研工作者搭建开放的网络学术中文交流平台。自2011年创办以来，汉斯一直保持着稳健快速发展。随着国内外知名高校学者的陆续加入，汉斯电子期刊已被450多所大中华地区高校图书馆的电子资源采用，并被中国知网全文收录，被学术界广为认同。

汉斯出版社是国内开源（Open Access）电子期刊模式的先行者，其创办的所有期刊全部开放阅读，即读者可以通过互联网免费获取期刊内容，在非商业性使用的前提下，读者不支付任何费用就可引用、复制、传播期刊的部分或全部内容。

