

# 大恒煤矿开采对地下水疏干的影响

邓强伟, 张永波

(太原理工大学 水利科学与工程学院, 山西 太原 030024)

**摘要:**应用 Visual Modflow 建立了水文地质概念模型和数学模型,以山西省朔州市平鲁区大恒煤矿开采为例探讨了其对地下水水位和水量的影响。在对矿界周边 50 km<sup>2</sup> 的范围内水井水位进行调查的基础上,依据划分的各采区开采时间,结合区域地下水埋藏深度与地层走向和调查范围内各个时期水井水位埋深的监测,对大恒煤矿的开采进行建模并验证了模型的准确性。研究结果显示,大恒煤矿开采 28.8 a 之后会形成面积 9.5 km<sup>2</sup>,深度 55 m 的降落漏斗,表明煤矿开采会使上覆含水层水位下降并形成降落漏斗,对地下水资源造成严重破坏。

**关键词:**大恒煤矿; 上覆含水层; 水位下降; 降落漏斗; 水资源保护

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)06-0123-03

中图分类号: TD823

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.06.030

## Influence of Mineral Exploration on Groundwater Drainage in Daheng Coal Mine

DENG Qiang-wei, ZHANG Yong-bo

(College of Water Conservancy Science and Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan, Shanxi 030024, China)

**Abstract:** Hydrogeological conceptual and mathematical models were established by Visual Modflow, then taking Daheng coal mining as an example to explore the impacts on groundwater level and quantity in Shuozhou City of Shanxi Province. We conducted an investigation of water level in wells within the scope of 50 km<sup>2</sup> around the mining boundary. According to the mining time of each mining district, and combining with the regional groundwater buried depth and regional stratigraphic trend, as well as the monitoring results of the well water level during various periods within the scope of investigation, a model on Daheng coal mining and verification of the accuracy of the model was constructed. The result showed that the coal mining of Daheng mine will cause the cone of depression 28.8 years after mining, which has an area of 9.5 km<sup>2</sup> and depth of 55 m. It indicated that coal mining will make the overlying aquifer drawdown and the formation of the cone of depression.

**Keywords:** Daheng mine; overlying aquifer; drawdown; cone of depression; water resources protection

煤矿开采对地下水产生的问题目前已经成为全球关注的重要环境问题之一<sup>[1]</sup>。山西省煤炭资源丰富,大小煤矿 1 000 多个,属于水资源贫乏的地区,许多地方尤其是在煤炭集中开采的地区,生活用水得不到满足,制约着国民经济的发展。

随着煤矿开采的加深,一方面,采区煤系含水层和上覆含水层会被直接疏干直至破坏,造成水资源的破坏,使区域地下水位降低,水量减少,同时激发了边界补给量,袭夺了边界排泄量,增加了河流补给量<sup>[2]</sup>,使地下水补径排关系发生改变,形成新的地下水系统。另一方面,采煤活动诱发的地面塌陷、地裂缝,破坏了

浅层地下水隔水层和储水构造<sup>[3]</sup>,使地表水和浅层地下水顺着导水构造流入矿井,最终以矿井水的形式排到地面,使地下水水位下降,造成泉域衰减甚至断流<sup>[4]</sup>。

本文拟应用 Visual Modflow 建立水文地质概念模型和数学模型,以山西省朔州市平鲁区大恒煤矿开采为例探讨其对地下水水位和水量的影响。在对矿界周边 50 km<sup>2</sup> 的范围内水井水位进行调查的基础上,依据划分的各采区开采时间,结合区域地下水埋藏深度与地层走向和调查范围内各个时期水井水位埋深的监测,对大恒煤矿的开采进行建模并验证模型的准确性。

收稿日期:2013-11-01

修回日期:2013-12-12

作者简介:邓强伟(1989—),男(汉族),山西省临汾市人,硕士研究生,研究方向为水文地质。E-mail:magicmaksim@163.com。

通信作者:张永波(1962—),男(汉族),山西省晋城市人,教授,硕士生导师,主要从事水资源与水环境、环境岩土工程方面的研究。E-mail:ty\_zyb@sina.com。

## 1 煤矿概况及水文地质条件

龙矿大恒煤矿位于朔州市平鲁区陶村乡。井田南北长 3.85 km, 东西宽 3.27 km, 面积 6.909 7 km<sup>2</sup>。批准开采的 4, 8, 9, 11 号煤层均位于石炭系上统太原组, 生产规模为 1.80 × 10<sup>6</sup> t/a, 预计开采 26.9 a。

井田内大部分被黄土覆盖, 局部见基岩出露。井田发育地层由老到新分别为: 奥陶系中统上马家沟组(O<sub>2s</sub>); 石炭系中统本溪组(C<sub>2b</sub>); 石炭系上统太原组(C<sub>3t</sub>); 二叠系下统山西组(P<sub>1s</sub>); 二叠系下统下石盒子组(P<sub>1x</sub>); 二叠系上统上石盒子组(P<sub>2s</sub>); 上第三系上新统(N<sub>2</sub>); 第四系上更新统(Q<sub>3</sub>)。井田内主要含水层包括: (1) 奥陶系石灰岩岩溶裂隙含水层。岩溶发育极不均匀, 连通性中等, 井田奥灰水位标高约为 1 078.50~1 086.50 m。(2) 太原组、山西组砂岩裂隙含水层局部裂隙发育, 具有一定含水条件。但由于砂岩含水层埋藏较深, 其间又有泥质岩隔水层分布, 不易接受上部含水层越流补给和大气降水渗入补给, 一般富水性较弱。(3) 上、下石盒子组砂岩裂隙含水层。局部裂隙发育, 具有一定的含水条件。仅沟内有少量基岩出露, 受大气降水的入渗补给量极为有限, 所以该含水层一般富水性较弱。(4) 上第三系、第四系孔隙含水层。上第三系在沟谷中出露较多, 含水层主要为砾岩, 厚度不稳定, 富水性弱。第四系上更新统井田内广泛分布, 其含水层补给条件不好, 连续性差, 富水性弱。

## 2 模型的建立和识别

### 2.1 水文地质概念模型

2.1.1 含水层结构概化 由导水裂隙带高度<sup>[5]</sup>和保护层煤层厚度<sup>[6]</sup>计算结果可知煤炭开采后, 导水裂隙带均将会导通石炭系上统山西组和二叠系上、下石盒子组砂岩裂隙含水层。由于这些含水层均为弱含水层, 因此将这些含水层概化为一个含水层, 根据参数敏感性分析<sup>[7]</sup>, 并取被导通含水层中最不利的水文地质参数代替这个含水层的各项参数, 即用其中渗透系数最大值代替所有含水层的渗透系数。

2.1.2 模型边界概化 根据该地区实测砂岩裂隙水位等值线流向和大小, 将上游距井田边界最小距离约 3.7 km 的 1 120 m 水位等值线作为东北部边界; 下游距井田边界最小距离约 4.7 km 的 1 030 m 水位等值线作为西南部边界。这两个边界均处理为人为边界, 概化为二类流量边界。模拟区以垂直于 1 030~1 120 m 水位等值线的线段作为东南、西北部边

界。其中西北部距井田边界最小距离约 3.5 km, 东南部距井田边界最小距离约 3.4 km。均处理为流量零通量边界, 概化为隔水边界(图 1)。

2.1.3 含水层水力特征概化 评价区砂岩裂隙含水层地下水水流从空间上看是以水平运动为主、垂向运动为辅, 地下水流速矢量在  $x, y$  方向有分量, 参数随空间变化地下水系统的输入输出随时间、空间变化。综上所述, 将评价区地下水运动假设为非均质各向同性二维非稳定流。

2.1.4 源汇项概化 根据模型概化结果可知, 目标含水层上、下均概化为隔水层, 源汇项主要为井田南部杨涧煤矿和高阳坡、圣佛崖两个村庄的人工开采。现状条件下, 整合前各煤矿的开采使得地下水已经形成降落漏斗, 不过由于开采技术及开采量的限制, 降落漏斗形成范围比较小, 只局限于井田中部。

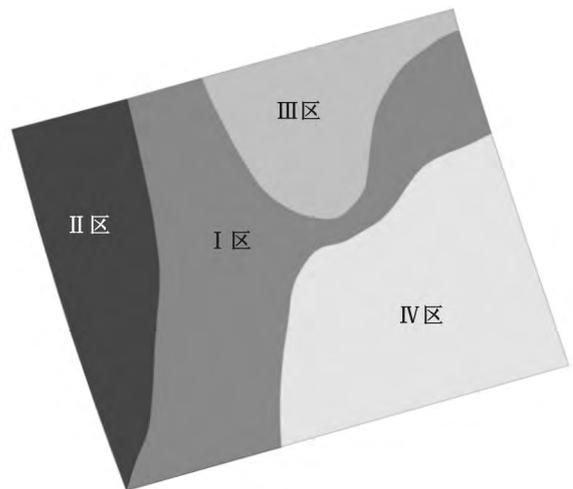


图 1 模拟区水文地质参数分区

根据上述概念模型, 在不考虑水的密度变化条件下, 孔隙介质中地下水的流动可用偏微分方程来表示。

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial x} \left( K \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K \frac{\partial h}{\partial y} \right) - W = \mu^* \frac{\partial h}{\partial t} & (x, y \in D) \\ h(x, y, t) |_{t=0} = h_0(x, y) & (x, y \in D) \\ KM \frac{\partial H}{\partial n} |_{\Gamma_2} = q(x, y, t) & (x, y \in \Gamma_2, t \geq 0) \end{cases}$$

式中:  $D$ ——平面计算域;  $K$ ——沿  $x, y$  坐标轴方向的渗透系数(m/d);  $h$ ——点  $(x, y)$  在  $t$  时刻水头值(m);  $h_0$ ——含水层的初始水头(m);  $\mu^*$ ——含水层贮水系数(1/m);  $W$ ——源汇项(m/d);  $\vec{n}$ ——边界的外法线方向;  $Q$ ——渗流区二类边界上的单位宽度流量(m<sup>3</sup>/d);  $\Gamma$ ——第二类边界。

### 2.2 边界条件处理

模拟区西北、东南部边界处理为隔水边界, 流量通量为零。模拟区东北、西南部边界均概化为二类流

量边界,通过这两条边界的流量采用达西公式计算。

$$Q=K \cdot D \cdot M \cdot I$$

式中: $Q$ ——侧向补给/排泄量( $\text{m}^3/\text{d}$ ); $K$ ——渗透系数( $\text{m}/\text{d}$ ),根据模拟区的水文地质参数,西南部边界为  $0.025 \text{ m}/\text{d}$ ,东北部边界为  $0.037 \text{ m}/\text{d}$ ; $D$ ——剖面宽度( $\text{m}$ ),西南部边界长约  $11.0 \text{ km}$ ,东北部边界长约  $10.8 \text{ km}$ ; $M$ ——含水层厚度( $\text{m}$ ),取  $243.86 \text{ m}$ ; $I$ ——垂直于剖面的水力坡度( $\%$ ),根据模拟区裂隙水水位等值线,西南部边界处水力坡度约为  $0.87\%$ ,东北部边界处水力坡度约为  $1.13\%$ 。

经计算,通过西南部边界的流量为  $583.44 \text{ m}^3/\text{d}$ ,东北部边界的流量为  $744.02 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

### 2.3 参数识别

选择 2011 年 11 月 25 日至 2012 年 9 月 28 日为模型的识别阶段,将水文地质调查得到的水文地质参数<sup>[8-9]</sup>、边界条件、水头初始条件作为模型调参的初始值,运行预报模型,将实测水位和计算水位进行拟合分析,如果计算水位与实测水位相差很大,则根据参数变化范围和实际水位差值,重新给定一组参数,再迭代计算,直至二者拟合较好为止<sup>[10]</sup>。通过调参计算,实测水位和计算水位等值线拟合结果较好(表 1),说明含水层概化、参数选择符合实际。调参结果为:Ⅰ区渗透系数和贮水系数分别为  $0.04 \text{ m}/\text{d}$  和  $0.0014$ ;Ⅱ区分别为  $0.032 \text{ m}/\text{d}$  和  $0.0011$ ;Ⅲ区分别为  $0.021 \text{ m}/\text{d}$  和  $0.00094$ ,Ⅳ区分别为  $0.016 \text{ m}/\text{d}$  和  $0.00088$ 。

表 1 观测点地下水计算水位和实测水位

水井编号	1	2	3	4	5
计算值/ $\text{m}$	1 048.0	1 068.5	1 077.0	1 095.0	1 109.0
实测值/ $\text{m}$	1 046.9	1 067.8	1 076.3	1 094.9	1 109.2

## 3 预测结果及分析

根据井田开拓布置,大恒煤矿开采 4,8,9,11 号煤层,分为上下两个开采水平,从上往下开采,一、二水平服务年限均为  $14.4 \text{ a}$ 。根据各开采水平服务年限,分别模拟预测开采  $14.4$  和  $28.8 \text{ a}$  之后地下水水位状态。矿井正常涌水量为  $1800 \text{ m}^3/\text{d}$ 。模拟时将这个涌水量平摊到全采区的面积上,以 PUMP WELLS 的形式排出。经过模拟,大恒煤矿一水平采区开采后,由评价区砂岩裂隙含水层水位等值线图分析可知,全区开采  $14.4 \text{ a}$  后,以全区为中心的降水漏斗范

围扩大,漏斗中心的水位降深约为  $36 \text{ m}$ ,往上、下游水位降深逐渐变小,至下游约为  $1.2 \text{ km}$  处,上游约为  $0.6 \text{ km}$  处,影响面积约为  $5.6 \text{ km}^2$ 。大恒煤矿二水平采区开采后,由评价区砂岩裂隙含水层水位等值线图分析可知,全区开采  $28.8 \text{ a}$  后,以全区为中心的降水漏斗范围扩大,漏斗中心的水位降深约为  $55 \text{ m}$ ,往上、下游水位降深逐渐变小,至下游约为  $2.8 \text{ km}$  处,上游约为  $1.7 \text{ km}$  处,影响面积约为  $9.5 \text{ km}^2$ 。

## 4 结论

(1) 以大恒煤矿为例,初步阐述了煤矿开采对地下水影响。由模拟结果可以看出,随着煤矿的开采,在影响范围内会逐渐形成以开采地区为中心的地下水降落漏斗,而且随着煤矿开采范围的加大与开采深度的加深,地下水降落漏斗范围也会继续扩大,降深继续加深,最终疏干煤系地层含水层和上覆含水层,对地下水含水系统造成较大影响。

(2) 为了减少采煤对地下水资源的破坏,需要研究出更合适的开采方案,以降低采煤对上覆隔水层和储水构造的破坏,达到保护地下水资源的目的,为经济建设的可持续发展做出贡献。

### [参 考 文 献]

- [1] 范立民. 陕北地区采煤造成的地下水渗漏及其防治对策分析[J]. 矿业安全与环保, 2007, 34(5): 62-64.
- [2] 林岚, 迟宝明, 施枫芝, 等. 大煤矿床疏干排水对区域水资源的影响研究[J]. 灌溉排水学报, 2006, 25(6): 90-93.
- [3] 乔小娟, 李国敏, 周金龙, 等. 采煤对地下水资源与环境的影响分析: 以山西太原西山煤矿开采区为例[J]. 水资源保护, 2010, 26(1): 49-52.
- [4] 李七明, 翟丽娟. 华北型煤田煤层开采对含水层的破坏模式研究[J]. 中国煤炭地质, 2012, 24(7): 38-43.
- [5] 许家林, 朱卫兵, 王晓振. 基于关键层位置的导水裂隙带高度预计方法[J]. 煤炭学报, 2012, 37(5): 762-769.
- [6] 高国军, 赵亮. 浅谈大平煤矿库下综放开采保护层厚度的选取[J]. 中国新技术新产品, 2012(21): 103.
- [7] 翟远征, 王金生, 苏小四, 等. 地下水数值模拟中的参数敏感性分析[J]. 人民黄河, 2010, 32(12): 99-101.
- [8] 成春奇, 郑高升, 魏广庆. 基于单孔稳定流抽水试验观测值的非稳定流求参方法[J]. 煤田地质与勘探, 2005(S1): 98-100.
- [9] 曹运江, 廖坤炎, 冯少真, 等. 贵州谊源煤矿矿山环境影响耦合分区[J]. 煤田地质与勘探, 2011(3): 33-37.
- [10] 吴吉春, 薛禹群, 黄海, 等. 山西柳林泉域地下水流数值模拟[J]. 水文地质工程地质, 2001(1): 18-20.