

榆神矿区煤炭开采对地下水资源的影响

郭 欣

(中煤科工集团西安研究院 环境保护研究所 陕西 西安 710054)

摘要:榆神矿区地处陕北黄土高原与毛乌素沙地接壤地带,生态环境脆弱,煤炭资源大规模开发将加速区域生态环境的恶化。在矿区大规模开采前,科学认识煤炭开采与水资源变化的关系,具有重要的理论价值和现实意义。本文对榆神矿区主要可采的 2^{-2} 煤层开采后可能形成的导水裂隙带发育高度分别采用理论计算法、导水裂隙带发育高度的力学模型和基于岩层力学性质的煤炭开采数值模拟法3种方法进行了计算。对不同方法计算出的结果间的差异进行分析,得出结论。认为基于岩层力学性质的煤层开采数值模拟计算出的导水裂隙带发育高度相比其它几种方法更合理、更科学。

关键词:矿区;煤炭开采;导水裂隙带;水资源保护

中图分类号:X37

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2013)04-0088-03

Impact of coal mining on groundwater resources in Yushen mining area

GUO Xin

(Research Institute of Environmental Protection, Xi'an Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group Co., Ltd., Xi'an 710054, China)

Abstract: Yushen mining area is located in the bordering areas of northern Shaanxi loess plateau and Mu Us Sand-land. The fragile ecological environment need scientific coal mining. Calculate the height of water flowing fractured zone which may form during 2^{-2} coal seam development with theoretical calculation method, mechanical model analysis, numerical simulation method based on mechanical properties of stratum. Analyze the differences among the results achieved by different methods. The results show that the third method is the most reasonable and scientific.

Key words: mining area; coal mining; water flowing fractured zone; water resources protection

0 引 言

榆神矿区位于陕北侏罗纪煤田的中部,地跨陕西省榆林市榆阳区和神木县,是陕北榆林地区能源重化工基地建设的组成部分。

该区地处陕北黄土高原与毛乌素沙地接壤地带,水资源贫乏,植被稀疏,生态环境脆弱^[1],煤炭资源大规模的开发势必加速区域生态环境的恶化。生态环境恶化可能会对地下水产生一定影响。在矿区大规模开采前,科学认识煤炭开采与水资源变

化的关系,评价煤炭开采对水资源的影响,为政府部门制定矿区规划提供科学依据,对实现煤炭高效生产、合理利用与保护水资源、促进化工基地的建设发展有重要的理论价值和现实意义^[2]。

1 研究区地质及水文地质特征

1.1 地质特征

研究区总体趋势是一个缓倾的单斜构造,走向为NNE向,倾向NWW,倾角 1° 左右,仅在东南部边缘地带倾角较大。区内有几处极其宽缓的波状起

收稿日期:2013-05-14 责任编辑:孙淑君

作者简介:郭欣(1981—),女,陕西西安人,工程师,硕士,主要从事环境影响评价工作。E-mail: guoxin285@126.com。

引用格式:郭欣.榆神矿区煤炭开采对地下水资源的影响[J].洁净煤技术,2013,19(4):88-90.

伏,但规模有限,最大幅度约 10 m,区域构造简单。矿区内地表大部分被风积沙、第四系黄土及第三系红土覆盖,个别冲沟内有零星基岩出露。区内分布的地层由老到新主要有:三迭系上统永坪组,侏罗系下统富县组,侏罗系中统延安组,直罗组,安定组,第三系,第四系。

1.2 水文地质特征

开采区地下水主要划分为 3 种类型:①萨拉乌苏组孔隙潜水;②白垩系洛河组砂岩裂隙孔隙水;③侏罗系基岩裂隙承压水。其中萨拉乌苏组含水层是本区富水性最强的含水层,水资源较为丰富,水质优良,在该区分布广泛,目前是区内居民生活和生产用水的主要水源,也是维系地区植被生长的生态水源,是采煤过程中需重点关注的含水层。

区域隔水层主要为第四系中更新统离石黄土和新近系上新统保德组红土,其中第四系中更新统离石黄土在区域不连续分布,够成相对隔水层;新近系上新统保德组红土广布全区,基本连续分布,是区域内开采煤层与萨拉乌苏组孔隙潜水间最主要的隔水层,开采对该隔水层的破坏程度决定了对萨拉乌苏组含水层的影响程度,煤炭开采必须以不破坏该隔水层为原则进行开采,从而实现第四系浅层地下水的保护。

2 煤层采动导水裂隙带发育高度研究

矿区开发影响地下水的方式主要是煤层开采后顶板垮落,形成垮落带和导水裂隙带,导致地下含水层与开采煤层间的隔水层结构被破坏,影响到上覆含水层。

导水裂隙带发育高度的确定方法主要有理论计算法、力学分析法、数值模拟法、钻孔实测法等,本文将采用理论计算法和数值模拟法 2 种方法研究煤层采动条件下导水裂隙带发育高度。

2.1 理论计算法

1) 方法一

榆神煤炭开采多采用综采采煤法,顶板管理为全垮落法^[3]。根据《矿区水文地质工程勘探规范》,导水裂隙带高度计算公式如下

$$H_f = \frac{100 \sum M}{3.3n + 3.8} + 5.1 \quad (1)$$

式中, M 为累计采厚, m ; n 为开采层数,按一次采全高,取 $n=1$ 。

区内主采 2⁻² 煤层厚度 0.80~12.49 m,开采后形成的导水裂隙带高度为 16.37~181.01 m,是采高的 14.60~14.49 倍。

2) 方法二

根据《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》,导水裂隙带高度计算公式如下

$$H_{ii} = \frac{100 \sum M}{1.6M + 3.6} + 5.6 \quad (2)$$

计算条件同方法一,经计算,开采后形成的导水裂隙带高度为 21.99~58.56 m,是采高的 5.73~4.69 倍。

2.2 导水裂隙带发育高度的力学模型

由于岩层自身性质的差异和受力条件不同,将岩体破坏分为脆性和塑性破坏^[4]。在单轴压缩实验中,随着应力的增大,硬岩试件表现出脆性破坏,软岩试件表现出塑性变形。因此,可用岩石是否达到峰值强度即极度抗拉强度判断硬岩是否破断和导水;用岩石是否达到极限拉应变判断软岩是否破断和导水^[5-6]。

计算过程分 7 步:承载关键层分析、硬岩层破断分析、软岩层破断分析、岩层下部自由空间高度计算、岩层破断与其下部自由空间高度关系、离层的判断、导水裂隙带发育高度判定。

以矿区内一井田为例,该井田采用大采高综采,工作面长度 350 m,走向长度 6000 m,工作面日推进 17.1 m,开采 2⁻² 煤,采高 6.0 m,根据钻孔揭露岩层情况确定计算剖面参数。根据上述 7 个步骤进行计算,导水裂隙带高度为 118 m,是采厚的 19.67 倍。

2.3 基于岩层力学性质的煤炭开采数值模拟法

采用 FLAC^{3D} 软件进行“三带”分布规律的模拟,选取矿区中有代表性的钻孔为原始数据来源,以 2⁻² 煤为对象进行模拟,数据资料见表 1。

表 1 2⁻² 煤的基本数据

钻孔编号	2 ⁻² 煤埋深/m	2 ⁻² 煤厚度/m	上覆岩层数量/个	上覆土层数量/个
1	327	5.86	33	2
2	378	5.74	33	2
3	271	4.00	33	2

以 3 个钻孔为原型,对应建立模型一、模型二及模型三,并根据模拟需要,将原始结构进行简化处

理 3 个模型边界约束条件设定一致。模拟计算过程分 2 步: 第一步是地表开采沉陷; 第二步是最大导水裂隙发育高度。

模型一计算结果, 地表最大下沉值为 3691.8 mm, 下沉系数 0.63, 符合该区域开采沉陷程度的一般特征, 最大导水裂隙带发育高度为 83.4 m, 为 16 倍采高。以此结果计算导水裂隙带高度为 12.8 ~ 199.84 m。

模型二计算结果, 地表最大下沉值为 1836.8 mm, 下沉系数 0.32, 最大导水裂隙带发育高度为 120.54 m, 为 21 倍采高。以此结果计算导水裂隙带高度为 16.8 ~ 262.29 m。由于钻孔 1 和钻孔 2 揭露的覆岩地质结构不同导致对应的模型一和模型二模拟结果相差较大。

模型三计算结果, 地表最大下沉值为 3730.5 mm, 下沉系数 0.92。该模型所产生的地表最大下沉量在 3 个模型中最大, 下沉系数亦最大。最大导水裂隙带高度为 148 m, 为 37 倍采高。以此计算导水裂隙带高度为 29.6 ~ 462.13 m。由于该孔揭露 2^{-2} 煤顶板上覆 7 层岩层之间的物理力学性质非常接近, 可能存在“单层”效应, 膨胀系数小, 对采动损害具有明显的加剧作用。

基于岩层力学性质的煤炭开采数值模拟结果显示模拟区域最大导水裂隙高度是采高的 16 ~ 37 倍。

3 导水裂隙带高度的确定

以《矿区水文地质工程勘探规范》中的公式计算结果, 导水裂隙带发育高度为 16.37 ~ 181.01 m, 是采高的 14.60 ~ 14.49 倍; 以《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》中的公式计算结果, 导水裂隙带发育高度为 21.99 ~ 58.56 m, 是采高的 5.73 ~ 4.69 倍; 以导水裂隙带发育高度的力学模型计算结果, 导水裂隙带高度为 118 m, 是采高的 19.67 倍; 以基于岩层力学性质的煤炭开采数值模拟结果, 3 个模型最大导水裂隙发育高度为 83.4, 120.54, 148 m, 分别是采厚的 16 倍、21 倍和 37 倍。

从上述结果可以看出, 无论是从《矿区水文地质工程勘探规范》和《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》中的经验公式计算还是采用力学模型分析计算的结果, 最大导水裂隙带

发育高度与采厚的比值均远小于采用基于力学性质的煤层采动数值模拟结果。导水裂隙带的发育高度, 受采高、煤层上覆基岩岩性、岩层结果、岩层工程力学性质、采煤方法、推进速度、采煤工作面长度等多种因素影响, 而《矿区水文地质工程勘探规范》和《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》中的经验公式仅以采高作为唯一的计算条件, 力学模型更是简单地将采空区上方岩体假设为两端固定的岩梁, 再依据其关键层悬漏是否小于其极限跨距作为导水裂隙带是否往上发育的判据, 这些方法虽然有一定的理论性, 但是计算结果在实际采煤过程中有一定的局限性。基于岩层力学性质的煤层采动数值模拟运算, 是在现有的计算条件和计算机硬件条件下以尽量多的影响因素作为约束条件, 动态模拟采动围岩破坏过程和破坏范围, 相比前几种方法更符合实际生产情况, 计算更合理、更科学。因此推荐采用基于岩层力学性质的煤炭开采数值模拟结果。

虽然数值模拟的 3 个模型结果相差甚远, 但是代表了区内 3 种不同的覆岩结构和力学性质, 具有代表性。依据数理统计概念, 3 个模型模拟结果的加权平均值即 24.7 倍采高在区内具有广泛性。最终选定以 24.7 倍采高估算该矿区 2^{-2} 煤层开采后导水裂隙带发育高度为 19.76 ~ 308.5 m, 一般不会波及到萨拉乌苏组含水层, 局部煤矿开采过程中采取适当的措施可以实现保水采煤, 保护地下水资源。

参考文献:

- [1] 师本强, 侯忠杰. 陕北榆神府矿区保水采煤方法研究[J]. 煤炭工程, 2006(1): 63-65.
- [2] 梦凡生, 王业耀. 煤矿开采环境影响评价中地下水问题探析[J]. 地下水, 2007(1): 81-84.
- [3] 张培元, 程水英, 郭欣, 等. 陕西榆神矿区一期规划区总体规划环境影响报告书[R]. 西安: 煤炭科学研究总院西安研究院, 2006: 8-11.
- [4] 孙广忠. 论岩体力学模型[J]. 地质科学, 1984(4): 423-428.
- [5] 王占盛, 王连国. 不同岩层组合对导水裂隙带发育高度的影响[J]. 煤矿安全, 2012(2): 144-146.
- [6] 许家林, 朱卫兵. 基于关键层位置的导水裂隙带发育高度预计方法[J]. 煤炭学报, 2012, 36(5): 763-768.