

榆神矿区煤炭开采对水资源影响分区评价

康华¹, 林平选^{1,2}

(1. 陕西省水工环地质调查中心, 陕西 西安 710068; 2. 矿山地质灾害成灾机理与防控重点实验室, 陕西 西安 710054)

摘要: 利用渗流基本原理, 推导出榆神矿区煤炭开采对水资源的影响系数计算公式, 提出影响程度分区方法及标准。通过对区内钻孔资料统计分析, 计算得到 528 个影响系数, 结合水文地质条件, 将榆神矿区煤炭开采对水资源影响程度划分为无水采煤区、间接影响区、直接影响区 3 大类, 并进一步划分成数个亚区, 其面积分别为 836、3 668、761 km², 占矿区总面积的 15.88%、69.67%、14.45%。对比研究区及周边矿井涌水量实测数据, 涌水量较大井田位置与本次分区结果一致, 分区方法及标准正确可行, 对水文地质条件相似区域具有借鉴意义。最后, 根据典型煤矿排水特征及对水资源的影响, 提出煤炭开采的水资源保护建议。

关键词: 煤炭开采; 水资源; 影响; 分区评价; 榆神矿区

中图分类号: TV213.4; TD82

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2019)01-0122-04

Evaluation of the impact of coal mining on water resource in Yushen Mining Area

KANG Hua¹, LING Pingxuan^{1,2}

(1. Hydraulic Engineering Environmental Geological Survey Center of Shaanxi Province, Xi'an 710068, China;

2. Key Laboratory of Mine Geological Hazards Mechanism and Control, Xi'an 710054, China)

Abstract: Based on the principle of seepage, the formula of the influence coefficient of coal mining on water resource in Yushen Mining Area was derived, and the zoning methods and criteria for impact levels were proposed. Through statistical analysis of drilling data, 528 influence coefficients were calculated. Considering the hydrogeological conditions, the impact levels of coal mining on water resources in YuShen Mining Area was divided into three categories: no water area, indirect impact area and direct impact area, with an area of 836 km², 3668 km² and 761 km² respectively, accounting for 15.88%, 69.67% and 14.45% of the total mining area. Furtherly, they were divided into several subareas. According to the measured data of inrush water, the location of the high water yield mines is consistent with the results of this zoning, which proves that the zoning methods and standards are correct and feasible, and they can be used in areas with similar hydrogeological conditions. Finally, based on the drainage characteristics of typical coal mine and the influences on water resource, several suggestions on water resource protection for coal mining were proposed.

Key words: coal mining; water resource; impact; zoning evaluation; Yushen Mining Area

1 研究背景

榆神矿区是国家重点建设的 14 个大型煤炭基地中 100 余个矿区之一, 矿区面积约 5 265 km², 已探明煤炭资源储量 733.45 × 10⁸ t, 在国家能源战略

中占据重要地位。然而其地处毛乌素沙漠与黄土高原接壤地带, 生态环境脆弱, 地下水是水资源的重要组成部分, 对经济发展和生态环境有着重要影响。煤炭开采会改变上覆含水层结构, 影响地下水的补、径、排条件^[1-3]。采煤后, 地下水的自然流场将发生

收稿日期: 2018-03-23; 修回日期: 2018-07-18

基金项目: 陕西省基建基金项目(陕发改煤电函[2015]17号、陕财办建[2015]343号); 陕西省公益性地质工作项目(陕公益 20130201); 陕西省科技统筹创新工程(2012SMHKJ-A-J-01-05)

作者简介: 康华(1984-), 女, 陕西清涧人, 硕士, 高级工程师, 研究方向为水资源与水环境。

通讯作者: 林平选(1976-), 男, 陕西华县人, 硕士, 高级工程师, 研究方向为水文地质、环境地质。

改变,水流由开采前的横向运动向垂向运动过渡,矿坑排水导致地下水位下降^[4-6]。王苏健等^[7-8]负责开展实施的《陕北神南矿区煤炭开采对水资源影响评价》、《神南水文地质专项研究》项目研究了水资源受采动影响动态变化过程,建立了多重介质地下水探查与预测评价方法;王双明等^[9]主持的《榆神矿区三期规划区煤炭开采对水资源影响评价》项目,通过数值模拟预测了矿井涌水量;张茂省等^[10]在《干旱半干旱地区水资源及其环境问题》专著中,阐述了陕北能源化工基地水资源形成条件和特征,分析了采煤对地下水的响应与对策。上述针对本矿区煤炭开采对水资源影响的研究,缺乏系统性水文地质资料支撑,未对影响程度进行具体的分级分区,结论不易推广应用。

西安地质调查中心^[11]完成的《陕北能源化工基地地下水勘查研究》项目,虽将采煤对地下水资源影响程度进行了分级,但分级理论依据不完善,科学合理评价煤炭开采对水资源影响对于榆神矿区后续煤炭资源规划、开发及水资源与生态环境保护具有重要指导意义。

2 矿区水文地质概况

榆神矿区地势总体西北高东南低,西北部为沙漠滩地地貌,东南部为黄土丘陵梁峁地貌,分别占矿区总面积的 81.74%、15.88%。侏罗系中统延安组为榆神矿区含煤地层,厚度在 0~329.69 m 之间,总体东薄西厚、北薄南厚,本组煤有 20 多层,可采煤层 1~12 层,中上部含煤较好,厚度大,中下部含煤层较薄。

依据区域地下水含水介质、赋存条件及分布规律,含水层主要分为新生界松散岩类含水层、中生界基岩含水层以及烧变岩含水层。新生界松散岩类含水层主要包括:风积沙层和萨拉乌苏组潜水含水层以及沟谷冲积层含水层。萨拉乌苏组与上覆风积沙总厚度 0~172.10 m,对 84 个钻孔抽水试验成果统计分析可见,含水层厚度即砂层厚度是其富水性强弱的主要因素(表 1)。

基岩类含水层包括洛河组、安定组、直罗组和延安组,洛河组含水层仅分布于研究区西部。风积沙层、萨拉乌苏组潜水含水层和白垩系洛河组含水层与生态环境关系密切,富水性较好,具有集中供水意义,是区内煤炭开采过程中需要保护的含水层,也是本次影响评价的目标含水层。地下水的补给以大气降水、侧向径流、灌溉回归为主。

表 1 钻孔抽水试验成果统计表

富水性 分区	统计值	含水层 厚度/m	单位涌水量/ (L/s·m)
强 富水区	最小值	39.55	1.075
	最大值	156.14	4.944
	平均值	94.78	2.642
中等 富水区	最小值	6.42	0.102
	最大值	160.45	0.899
	平均值	54.63	0.344
弱 富水区	最小值	4.40	0.001
	最大值	93.77	0.090
	平均值	29.20	0.036

3 分区方法及标准

根据研究区煤层赋存情况和导水裂缝带发育规律,煤炭开采对水资源的影响可分为直接影响和间接影响。在导水裂缝带揭穿目标含水层的区域为直接影响区,含水层地下水将通过导水裂缝带涌入矿井,涌水量的大小取决于含水层的厚度,厚度越大,涌水量将越大。在导水裂缝带未揭穿目标含水层的区域为间接影响区,由于煤炭开采改变了地下水动力条件,地下水主要以越流的形式渗入矿井。根据渗流基本原理,目标含水层通过保护层越流进入矿井的水量可用下式表示:

$$W = \frac{\Delta H}{M} K \cdot F \cdot T \quad (1)$$

式中: W 为目标含水层通过保护层越流进入矿井的水量, m^3/d ; ΔH 为渗透水压力差, m ; M 为保护层厚度, m ; K 为保护层渗透系数, m/d ; F 为渗透面积, m^2 ; T 为渗透时间, d 。

根据水文地质资料,侏罗系承压水水头和目标含水层水位(或水头)在天然条件下相差不大,煤炭开采后,侏罗系承压水水头最大降至目标含水层底板,因此,渗透水压力差可用潜水含水层的厚度表示。同时,在区域上保护层的岩性组成差异不大,其渗透系数变化不大。因此,单位时间单位面积越流进入矿井的水量取决于渗透水压力差与保护层厚度的比值,这个比值即为影响系数,影响系数越大,则越流量越大。公式如下:

$$\begin{cases} P = \frac{\Delta H}{M} \\ M = M_j - h \\ h = 23.586M_m + 15.733 \end{cases} \quad (2)$$

式中: P 为影响系数; ΔH 为渗透水压力差, m ; M 为保护层厚度, m ; M_j 为煤层上覆基岩厚度, m ; h 为导

水裂隙带高度, m ; M_m 为首采煤层厚度, m , 当 $M_m > 8 m$ 时, 按 $8 m$ 计算。

若 $M < 0$, 即 $P < 0$, 表明导水裂缝带揭穿目标含水层; $M > 0$, 即 $P > 0$, 表明导水裂缝带未揭穿目标含水层, 具体分区标准如表 2 所示。

表 2 分区标准

分区标准	分区名称	亚区名称
$P < 0$	$H > 40$	直接影响大区 I
	$H < 40$	直接影响较大区 II
$P > 0$	$0 < P < 0.5$	间接影响较小区 A
	$0.5 < P < 1.0$	间接影响中等区 B
	$P > 1.0$	间接影响较大区 C

注: H 代表含水层厚度。

4 分区结果及分析

通过对区内 528 个钻孔保护层厚度与含水层厚度的统计分析, 进一步计算得到影响系数, 结合水文地质条件、煤层埋藏特征及导水裂缝带发育规律, 将榆神矿区煤炭开采对水资源影响程度划分为无水采煤区、间接影响区、直接影响区 3 大类, 并进一步划分成数个亚区(表 2, 图 1)。

直接影响区:呈近南北向条带状分布于升富煤矿、锦界煤矿、隆德煤矿、大保当井田、西湾井田、方家畔煤矿、榆树湾煤矿、杭来湾煤矿、薛庙滩煤矿及沙炭湾煤矿。由于煤炭开采后, 导水裂隙带揭穿目标含水层, 各含水层互相贯通, 上覆含水层地下水直接渗入矿坑, 煤矿排水将引起采区内水位下降, 附近村庄人畜饮水受到影响。在据杭来湾煤矿 30102 工作面 1.2 km 处的水位监测数据显示, 从 2015 年 12 月至 2017 年 4 月, 地下水水位下降幅度约 2 m。

直接影响区总面积 761 km², 占研究区总面积的 14.45%, 煤炭开采对水资源影响明显。根据含水层厚度, 可划分出 9 处直接影响大区, 面积 55 km², 占研究区总面积的 1.04%, 该区域砂层厚度大于 40 m, 意味着可能会产生较大的矿井涌水量。

间接影响区:主要分布于三、四期规划区, 面积 3 668 km², 占研究区总面积的 69.67%。煤炭开采后, 目标含水层隔水底板有效厚度变小, 渗透水压力差变大, 对目标含水层的影响主要是以越流形式补给矿井水。根据影响系数, 可分为间接影响较小、中等和较大 3 个亚区。

间接影响较大区影响系数大于 1.0, 在直接影响区周边呈斑块状分布于锦界煤矿、隆德煤矿、金鸡

滩煤矿及惠宝煤矿。本区锦界煤矿砂层厚度 18.4 ~ 38.49 m, 保护层厚度 4.79 ~ 11.05 m, 影响系数 1.66 ~ 8.04; 金鸡滩煤矿砂层厚度 18.02 ~ 54.21 m, 保护层厚度 5.08 ~ 26.82 m, 影响系数 1.00 ~ 9.29; 隆德煤矿砂层厚度 33.06 ~ 41.5 m, 保护层厚度 27.44 ~ 30.26 m, 影响系数 1.2 ~ 1.37。该区总面积 127 km², 占研究区总面积的 2.42%。

间接影响中等区影响系数为 0.5 ~ 1.0, 主要分布于尔林滩二号井田大部、孟家湾二、三号井田、尔林滩一号井田、尔林兔三、六号井田局部及隆德煤矿中部, 其中, 尔林滩一号、二号井田区砂层厚度普遍大于 100 m, 最高可达 172 m, 在全区范围内都处于较大值, 然而该区保护层厚度亦较厚, 普遍大于 200 m, 最高可达 235 m, 使得煤炭开采对水资源造成的影响并非特别显著。总体来看, 间接影响中等区较间接影响较大区保护层厚度增厚, 均在 100 m 以上, 该区总面积 423 km², 占研究区总面积的 8.03%。

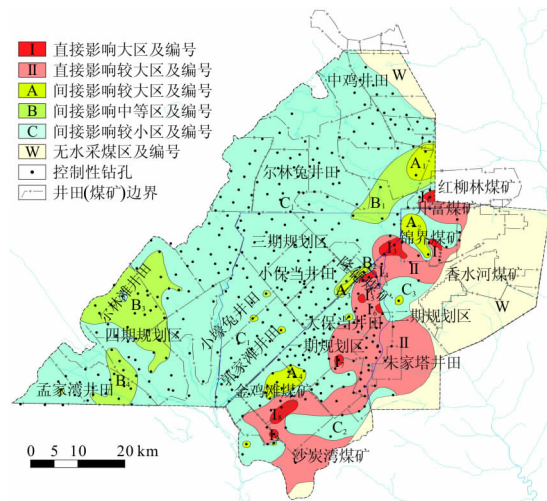


图 1 影响程度分区图

间接影响较小区影响系数为 0 ~ 0.5, 砂层厚度相对较小, 保护层厚度较大, 煤炭开采对目标含水层影响较小, 该区在研究区中、西部广泛分布, 面积 3 118 km², 占总面积的 59.22%。

无水采煤区:分布于研究区东部、北部黄土梁岭地带, 煤层上覆地层岩性以黄土、粉土、粉质黏土为主, 据钻孔抽水试验资料, 统降单位涌水量约 0.02 ~ 0.05 L/(s · m), 渗透系数 0.10 ~ 0.90 m/d, 属弱富水 - 贫水区, 不具有集中供水意义, 且水位埋深大于 25 m, 煤炭开采对水资源和生态影响轻微。该区总面积 836 km², 占研究区总面积的 15.88%。

综上分区结果, 直接影响区及间接影响较大区主要分布于升富煤矿、锦界煤矿、隆德煤矿、榆树湾

煤矿、杭来湾煤矿、大保当煤矿、金鸡滩煤矿等,据收集资料,锦界煤矿位于青草界沟,具有有利的汇水条件,沟北砂层厚度最大可达70 m,保护层厚度小,约4.79~11.05 m,实测矿井涌水量95 952 m³/d;隆德煤矿、榆树湾煤矿、杭来湾煤矿、金鸡滩煤矿实测涌水量分别为24 000、13 340、12 672、12 493 m³/d。位于内蒙的母杜柴登井田、巴彦高勒井田及红柳林煤矿与本次研究区的间接影响中等区毗连,其实测矿井涌水量分别为27 576、48 000、22 814 m³/d。涌水量较大的煤矿,也正是本次研究区的直接影响区、间接影响较大区及中等区范围所在。由此可见,本次评价真实有效地反映了煤炭开采对水资源影响程度的大小、分区方法及标准正确可行。该方法对地质、水文地质条件相似区域具有借鉴意义。

5 结论

(1)直接影响区呈近南北向条带状展布于升富煤矿至沙炭湾煤矿,面积761 km²,占总面积的14.45%;间接影响较大区在直接影响区周边呈斑块状分布,面积127 km²,占总面积的2.42%,直接影响区及间接影响较大区涵盖的煤矿主要有升富煤矿、锦界煤矿、隆德煤矿、榆树湾煤矿、杭来湾煤矿、大保当煤矿、金鸡滩煤矿等;间接影响中等区及较小区在三、四期规划区广泛分布,面积分别为423、3 118 km²,占总面积的8.03%、59.22%;无水采煤区分布于研究区东部、北部黄土梁峁地带,面积836 km²,占总面积的15.88%。

(2)首次利用渗流基本原理,推导得出榆神矿区煤炭开采对水资源的影响系数计算公式,提出影响程度分区方法及标准,煤矿涌水实测数据表明该方法及标准正确可行,对水文地质条件相似区域具有借鉴意义。

6 煤炭开采区的水资源保护建议

(1)制定区域地下水资源保护-煤炭开采规划。在区域性煤炭工业大规划的框架下,合理布排煤炭开发格局、开采次序,适时调整开发规划,选择科学合理的开采方法,将地下水资源开发与煤炭资源开采相结合^[12]。矿井排水应集中统一处理,作为工业供水和农业用水水源,减少地下水和地表水的开采利用量^[13-14]。

(2)大力推广保水采煤技术。根据煤层赋存特征、含水层特征和地表生态特征,大力推广保水采煤技术,达到避免或减少采煤对含水层的影响^[15]。

(3)建设应急后备水源。利用煤炭开采形成的采空区岩体空隙储水,将安全煤柱用人工坝体连接形成水库坝体,充分利用采空区矸石对矿井水的自然净化作用,建设煤矿地下水库^[16-17]。

参考文献:

- [1] 王强民,赵明. 干旱半干旱区煤炭资源开采对水资源及植被生态影响综述[J]. 水资源与水工程学报,2017,28(3):77-81.
- [2] 曹志国,李全生,董斌琦. 神东矿区煤炭开采水资源保护利用技术与应用[J]. 煤炭工程,2014,46(10):162-164.
- [3] THOMAS J L, ANDERSON R L. Water-energy conflicts in Montana's Yellowstone River Basin, Southeastern Montana[J]. Journal of American Water Resources Association,1976,12(4):829-842.
- [4] 周进生,王剑辉,党学亚. 矿产开发对地下水失衡影响及其控制对策——以陕北煤炭资源开发为例[J]. 中国矿业,2009,18(12):52-55.
- [5] 李文平,李涛,陈伟,等. 采空区储水——干旱区保水采煤新途径[J]. 工程地质学报,2014,22(5):1003-1007.
- [6] HICKCOX D H. Water rights, allocation, and conflicts in the Tongue River Basin, Southeastern Montana[J]. Journal of American Water Resources Association,1980,16(5):797-803.
- [7] 王苏健,王兴顺,王建文,等. 陕北神南矿区煤炭开采对水资源影响评价[R]. 陕西煤业化工集团神南矿业公司,2010.
- [8] 王苏健,李文平,侯恩科,等. 神南矿区水文地质专项研究[R]. 陕西煤业化工技术研究院有限责任公司,2016.
- [9] 王双明,王苏健,白宏,等. 榆神矿区三期规划区煤炭开采对水资源影响评价[R]. 陕西省地质调查院,2012.
- [10] 张茂省,党学亚. 干旱半干旱地区水资源及其环境问题[M]. 北京:科学出版社,2014.
- [11] 张茂省,党学亚,魏雄斌,等. 陕北能源化工基地地下水勘查研究[R]. 西安地质调查中心,2008.
- [12] 范立民. 保水采煤的科学内涵[J]. 煤炭学报,2017,42(1):27-35.
- [13] 王双明,黄庆亨,范立民,等. 生态脆弱区煤炭开发与生态水位保护[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [14] 李文平,李涛,陈伟,等. 采空区储水-干旱区保水采煤新途径[J]. 工程地质学报,2014,22(5):1003-1007.
- [15] 范立民,马雄德,冀瑞君. 西部生态脆弱矿区保水采煤研究与实践进展[J]. 煤炭学报,2015,40(8):1711-1717.
- [16] 缪协兴. 干旱半干旱矿区保水采煤方法与实践[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2011.
- [17] 曹志国,李全生,董斌琦. 神东矿区煤炭开采水资源保护利用技术与应用[J]. 煤炭工程,2014,46(10):162-164+168.