

神东矿区矿井水开发利用潜力研究

曹海东¹，刘 峰¹，李 泉²

(1. 煤炭科学研究总院 西安研究院, 陕西 西安 710054
2. 长安大学 环境科学与工程学院, 陕西 西安 710054)

摘 要: 阐述了神东矿区地表水资源、地下水资源及矿井水水资源条件, 通过富水系数法建立各矿煤炭产量与矿井涌水相关关系, 并用此法预测了各矿未来 12 年矿井涌水量, 同时用充水系数法计算了采空区积水量。在对矿井水水质进行评价的基础上, 分析了矿井水开发利用潜力, 提出加大矿井水利用效率, 科学、合理的开发利用矿井水是解决神东矿区未来水资源短缺的问题的重要途径。

关键词: 矿井水; 水质评价; 开发利用

中图分类号: TD74 **文献标识码:** B **文章编号:** 1671-0959(2010)01-0095-04

Study on development and utilization potential of mine water in Shendong Mining Area

CAO Hai-dong¹, LIU Feng¹, LI Quan²

(1. Xi'an Research Institute, China Coal Research Institute, Xi'an 710054, China
2. School of Environment Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

Abstract The paper stated the surface water resources, underground water resources and mine water resources in Shendong Mining Area. The rich water coefficient method was applied to establish the related relationship between the each mine production and mine water inrush. The rich water coefficient method was applied to predict the mine water inrush values of the future 12 years. The water filling coefficient method was applied to calculate the water accumulated values in the goaf. Base on the evaluation of the mine water quality, the paper analyzed the development and utilization potential of the mine water and provided to enhance the utilization efficient rate of the mine water. The science and rational development and utilization of the mine water would be the important access to solve the shortage of the future water resources in Shendong Mining Area.

Keywords mine water; water quality evaluation; development and utilization

1 问题的提出

神东矿区地处陕北黄土高原和毛乌素沙漠东南边缘接壤地带, 煤质好, 储量大, 埋藏浅, 开采条件相对简单, 是我国建设的世界级特大型煤炭生产基地。

随着神东矿区煤炭资源开发, 煤层上覆岩层不断发生冒落, 形成冒落带及导水裂隙带, 并在地表产生裂隙和塌陷区。因此, 造成含水层结构和地下水径流、排泄条件发生变化。第四系松散层潜水由水平径流、排泄为主逐步转化为垂向渗漏为主, 表现为矿井涌水量和采空区积水量不断增大, 2006年区内的大柳塔矿、活鸡兔井、上湾矿、补

连塔矿、哈拉沟矿、石圪台矿、乌兰木伦矿矿井年涌水量平均为 1470.5m³/h, 总量合计为 1266.7万 m³, 另一方面该区域近年来, 大气降水量也呈逐年减小的趋势, 补给量相对减少, 其结果是地下水水位逐年下降, 泉流量减小甚至断流, 水资源短缺形势不断加剧, 严重影响该地区 and 矿区经济持续、健康发展。

2 神东矿区水资源条件

神东矿区属干旱、半干旱地区, 年最大降雨量 819.1mm (1967年), 最小降雨量 108.6mm (1965年), 多年平均降雨量 413.5mm, 雨季多集中在七、八、九月份; 多

收稿日期: 2009-05-07

基金项目: “十一五”国家科技支撑项目中“矿井水害快速治理技术与装备”课题中水质测试调查一部分 (2007BAK24B05-01)

作者简介: 曹海东 (1977-), 男, 陕西杨凌人, 硕士研究生, 工程师, 现在煤炭科学研究总院西安研究院从事水资源、矿井水害防治等生产及科研工作。

年平均蒸发量 2111.2mm，是降雨量的 4~ 5 倍。

2.1 地表水资源

乌兰木伦河是区内的主要水系，主要靠接受大气降水补给，由于受降水的控制，河水位经常暴张暴落，季节性变化大，水质较差，无法直接开发利用。洁净水源主要来自乌兰木伦河两侧以泉的形式渗出的支流，如考考赖沟、哈拉沟、补连沟、柳根沟等是本区主要的水源地，开采方式是直接截取泉水。随着矿区发展规模扩大，用水量增加，加上各支沟流量逐年减少(考考赖沟 1997年至 2004年流量平均降幅为 7.75%，哈拉沟 1993年至 2004年流量平均降幅为 4.75%)，用水矛盾日渐突出。

2.2 地下水资源

区内的地下水主要是第四系上更新统萨拉乌苏组潜水和中生界烧变岩孔洞裂隙水。统萨拉乌苏组易于接受大气降水的补给，在下覆黄土隔水层(或基岩)所构成的洼地、河槽中，形成局部富水地段，主要分布于考考赖沟、柳根

沟、哈拉沟、公捏尔盖沟等泉域，属冲积、湖积成因，呈条带状或片状分布，富水性强，但是不能作为直接供水水源，因为本层地下水开采会直接影响到泉水流量。

烧变岩是煤自燃过程中，上覆岩层受到不同程度的烧变作用而发生垮落、变形的红色、灰白色岩体，孔洞发育。多在沟谷呈条带状分布，烧变岩含水带的富水性受单斜构造和底板起伏褶曲构造控制，当熄火边界位于岩层倾伏一侧时，则形成烧变岩单斜储水构造区，反之则成为泄水构造^[2]。若烧变岩区底板存在低洼盆形构造，则构成烧变岩盆形构造含水区，具明显分区性，各分区范围大小和富水性不一，地下水贮存量有限，只可作为临时水源。

2.3 矿井水资源

通过调查，区内的主要生产矿井 2006年涌水量为 1470.5m³/h，总量合计为 1266.7万 m³，各矿涌水量如表 1 所示。

表 1 研究区各矿 2006年平均涌水(总)量汇总表

名 称	大柳塔	活鸡兔	上湾矿	补连塔	哈拉沟	石圪台	乌兰木伦	合计
年平均涌水量 /m ³ · h ⁻¹	338.3	136.8	87.8	504.3	80.8	155	167.5	1470.5

3 矿井水水质评价

矿井水主要来源于地下水，煤矿开采过程中，地下水与煤、岩层接触，发生一系列物理、化学和生化反应，其特性取决于成煤的地质环境和煤系地层的矿物化学成分。作为资源开发的矿井水，对其水质进行全面评价，以指导水资源开发利用的整体规划和处理设备、工艺的选择。

3.1 污染因素分析

神东矿区煤层埋藏浅，侏罗系砂岩裂隙含水层富水性弱，矿井涌水水源主要为第四系松散层水，矿井水流经采煤工作面 and 巷道时，因受人为活动影响，会产生污染：

- 1) 悬浮物污染，煤岩粉和一些有机物质进入水中，使矿井水中普遍含有以煤岩粉为主的悬浮物。
- 2) 煤岩中可溶的无机盐类的溶解，使矿井水的矿化度增高，煤系顶板砂岩中钠(钾)长石的水解，使钠(钾)离子浓度增高，PH 质随之变化，煤系硫分的氧化产生硫酸根离子，使矿井水中的硫酸根离子含量大幅提高，盐岩的溶解使氯离子含量升高，使矿井水质类型更加复杂。

- 3) 溶滤煤或煤矸石中的有毒有害元素会使水质受到污染，井下液压支柱等设备产生油类，使矿井水中的有机物、油类超标。

3.2 矿井水质评价

取矿井水样 16组进行分析，其中，直接来自于井下出水部位的水样 3个；矿井污水(未处理)8组；矿井直接排入河谷水样 5组。

神东矿区所有矿井水毒力指标中的总铜、总铅、总锌、

总隔、总汞、总砷远小于煤矿工业污染物排放标准中日最高允许排放浓度，均在国家标准采煤废水排放标准范围之内；pH 值、总铁、总锰符合煤矿废水排放标准。

按照矿井水回用的要求，依据中华人民共和国生活引用水源水质标准(CJ3020-93 二级)评价：神东矿区矿井水中 PH 一般为 7.5~ 8.37，在正常的变化范围内，属中性~ 弱碱性水；矿化度变化范围为 341.6~ 1915.4mg/L，属淡水~ 微咸水，水质类型主要为 SO₄·Cl(HCO₃)-Na 型水，部分水质的可溶性固体和硫酸根、氯离子含量超标，微量元素 Fe、Mn 的成份，在国家生活饮用水水源水质标准(CJ3020-93 二级)的范围内；毒理性指标 F- 含量有个别水样超标(氟化物大于 1.0mg/L)，在所作毒力指标化验的水样中汞离子含量全部超过国家生活饮用水水源水质二级标准(大于 0.001mg/L)，超标 1~ 3 倍，酚含量略有超标(大于 0.04mg/L)，铜、铅、砷、镉(铜含量小于等于 1.0mg/l 铅含量小于等于 0.07mg/l 砷含量小于等于 0.5mg/L，镉含量小于等于 0.01mg/L)基本达到生活饮用水水源标准。

总之，本区矿井水基本属于高悬浮物矿井水，矿井水中的毒理指标均在国家煤矿废水排放标准限值范围之内，通过对悬浮物的混凝沉淀处理可以达标排放；作为回用水，矿井水中的除悬浮物超标外、色度、挥发酚以及汞离子超出回用水标准(按照国家生活饮用水水源水质标准 CJ3020-93)。

4 矿井水开发利用潜力

通过以上分析知道，神东矿区范围内的地表水、地下

水均没有可控的开发利用潜力，矿井水则作为神东矿区最有开发利用潜力的水资源。

为了科学合理的开发利用矿井水资源，对神东矿区未来几年的矿井涌水量进行科学的预测就十分必要。

4.1 矿井涌水量预测

1) 预测的依据。通过对矿井历史上的涌水量、生产等资料的综合分析，采用水文地质比拟法中的富水系数法来预测矿井涌水量。

$$K_p = \frac{Q}{P} \tag{1}$$

式中 K_p ——富水系数，指同一时期(通常为一年)矿井涌水量 $Q(t)$ 与开采量 $P(t)$ 之比。

可见，富水系数法是根据矿井生产量与涌水量之间的增长关系建立的比拟式。若已知 K_p 值后，预计相似条件，开采量为 P' 的矿井涌水量 Q' ，则：

$$Q' = K_p P' \tag{2}$$

不同矿井，甚至同一矿井不同时期的值的变化往往很大，其原因是它与自然条件(地质、水文地质)和人为因素(开采方法、开采强度等)的变化有关。为了使得预测的结果尽可能的接近客观实际，在实践中，根据预测矿井的实际情况和资料情况，选择其他的富水系数进行预测，如：

$$K_F = \frac{Q}{F}, K_V = \frac{Q}{V}, K_L = \frac{Q}{L} \tag{3}$$

式中 $F、V、L$ ——采空面积、采空体积、巷道长度；
 $K_F、K_V、K_L$ ——采空面积富水系数、采空体积富水系数、巷道长度富水系数^[3]。

根据神东矿区各主要生产矿井涌水特征，分析其历史涌水资料和影响涌水的生产因素资料，建立煤炭产量与矿井涌水相关关系来预测矿井涌水量。即：建立各矿井历史上的年涌水总量和累积煤炭产量关系曲线，并作出该关系曲线的趋势线，利用该趋势线拟合方程求得未来各年煤炭产量对应的矿井涌水量。

2) 矿井涌水量预测。利用上述方法，分别作出神东矿区各主要生产矿井煤炭产量与矿井涌水相关关系曲线、趋势线，并拟合趋势线方程。

以补连塔矿为例，该矿煤炭产量与矿井涌水相关关系曲线、趋势线(如图 1)。

该趋势线拟合方程为： $Y = 252.72 \ln(x) - 1647.2$
预测成果见表 2。

表 2 补连塔矿 2008—2020 年预测矿井涌水量成果

年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
年涌水量 /万 m ³	646	693	733	767	798	825	849
年份	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
年涌水量 /万 m ³	872	892	911	929	945	961	

其它各矿涌水量预测方法同上。
神东矿区各主要生产矿 2008 年到 2020 年的年矿井涌水量基本呈逐年增大的趋势(如图 2 所示)，涌水量合计从

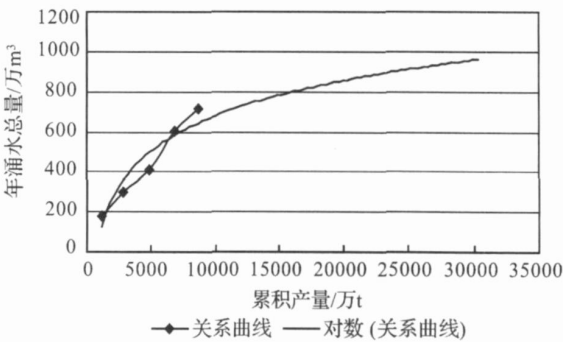


图 1 补连塔矿煤炭产量与矿井涌水相关关系曲线、趋势线

2008 年的 51324m³/d 增大到 2020 年的 69235m³/d

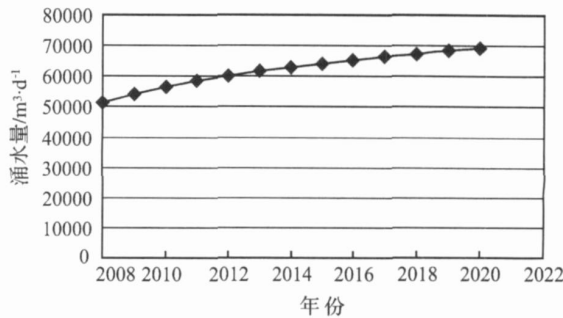


图 2 神东矿区各主要生产矿井涌水量变化曲线

4.2 采空区积水量计算

煤矿采空区积水，是一种目前尚未得到充分认识和开发利用的地下水资源。采空区积水是采矿活动停止后，地下水继续沿各种通道(裂隙、空隙、断层等)进入原煤层开采水平的积存水。采空区积水量计算采用公式：

$$Q = KMS / \cos \alpha \tag{4}$$

式中 Q ——采空区积水量；

M ——煤层采高；

S ——采空区水平投影面积；

α ——煤层倾角；

K ——充水系数^[4]。

$M、S、\alpha$ 皆为固定值，因此 K 的取值是积水量计算是否准确的关键参数。

煤层采出后其采空体积一部分被垮落岩石碎胀后增加的那部分体积(称岩石的残余碎胀体积，等于岩石垮落后的总体积减去岩石垮落之前的体积)充填，其余部分体积则通过上覆岩层的下移被转移到地表，最终表现为地表下沉。所以，有下述关系式成立：

$$V = V_1 + V_2 \tag{5}$$

式中 V ——采空体积；

V_1 ——下沉体积；

V_2 ——垮落带岩石的残余碎胀体积。

采空区积水体积 V' 应等于垮落带岩石间碎块的空隙体积之和, 即

$$V' = V_2 = V - V_1$$

则充水系数:

$$K = (V - V_1) / V = (MS - SH) / (MS) = 1 - H / M$$

$$K = 1 - H / M \tag{6}$$

由于研究区缺少采空区地表下沉体积, 在确定神东矿区采空区充水系数时, 采用经验比拟法给出。根据补连塔矿对 31305面和 31306面的采空区积水面积、积水量进行测算中, 充水系数确定为 0.3。乌兰木伦矿 63104、63106工作面采空区积水量测算结果推算出充水系数为 0.32, 再结合 1992版《煤矿安全手册》第五篇矿井防治水中给出了的取值范围为 0.25~0.5, 所以本次计算神东矿区采空区积水时确定的充水系数为 0.3。据此, 计算出神东矿区各主要矿井采空区积水量, 如表 3所示。

研究区内的大柳塔矿、活鸡兔井、上湾矿、补连塔矿、哈拉沟矿、石圪台矿、乌兰木伦矿采空区积水总面积为 13062.8万 m², 积水总量为 3930.7万 m³。随着矿井开采规模的增大, 采空区积水面积和积水量也呈增大的趋势。

表 3 研究区各矿采空区充水面积及积水量表		
矿 名	采空区水平投影面积 /万 m ²	积水量 /万 m ³
大柳塔矿	5396.7	1623.9
活鸡兔井	1094.9	329.4
补连塔矿	2977.0	895.8
上湾矿	2115.5	636.6
石圪台矿	486.9	146.5
哈拉沟矿	436.2	131.3
乌兰木伦矿	555.6	167.2
合 计	13062.8	3930.7

4.3 潜力分析

统计了神东矿区现有和规划建成的矿井水复用工程 (包括了马家塔渗渠及采坑水源和后补连采坑复用水利工程) 的处理能力, 再根据前面对各矿井未来不同水平年涌水量的预测, 其各年的矿井涌水量不同, 这样各年的供水潜力也不同。分析成果如表 4所示。(预测的矿井涌水量即为可复用的水量; 未处理的矿井水就是富余量即为供水潜力)。

表 4 未来不同水平年工业复用水潜力分析表								m ³ /d
名 称	2008年		2010年		2015年		2020年	
	可复用水量	富余量	可复用水量	富余量	可复用水量	富余量	可复用水量	富余量
大柳塔井	12017	5097	12541	5621	13421	6501	14007	7087
活鸡兔井	5848	3148	5954	3254	6129	3429	6244	3544
上湾矿	2335	1265	2423	1353	2571	1501	2669	1599
补连塔矿	17686	14586	20081	16981	23881	20781	26320	23220
哈拉沟矿	3359	1959	3922	1522	4756	2356	5268	2868
石圪台矿	4204	3004	4485	3285	4927	3727	5240	4040
乌兰木伦矿	5876	4476	6960	5560	8532	7132	9486	8086
马家塔渗渠及 采坑水源	10000	0	10000	0	10000	0	10000	0
后补连采坑	0	0	10000	0	10000	0	10000	0
合计	61325	33535	76366	37576	84217	45427	89234	50444

5 结 语

神东矿区发展规模逐年增大, 水资源供需矛盾也日趋严重, 从分析的区内水资源现状可知, 地表水资源、地下水资源均无开发利用的潜力, 只能维持开发现状。区内的矿井水作为一种资源无论从水质、水量都具有很大的开发利用潜力, 因此, 摸清矿区矿井水现状、预测其变化趋势, 进而提高矿井水利用效率, 科学、合理的开发利用矿井水是缓解神东矿区水资源供需矛盾的重要途径。

参考文献:

[1] 范立民, 蒋泽泉. 烧变岩地下水的形成及保水采煤新思路 [J]. 煤炭工程, 2006

[2] 王宏斌, 刘伯. 矿井水害防治技术 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2007

[3] 熊崇山, 王家臣. 矿井采空区积水量研究 [J]. 煤矿安全与环保, 2005, 32(2).

(责任编辑 章新敏)