

# 金乡煤矿松散含水层下开采的水文地质研究

葛中华 (南京大学 210008)

宋丹利 (扬州市节约用水办公室 225001)

**摘要** 讨论了巨厚松散含水层下开采合理留设煤柱的问题。在分析金乡煤矿底部含水层水文地质条件的基础上,模拟实际开采情况,用数值法求得合理的防水煤柱尺寸为59 m。应用地下水动力学原理,求得留25 m 防砂煤柱时的疏干水量为 $192 \text{ m}^3/\text{h}$ 。指出在金乡煤矿留设防砂煤柱是最合理的。

**关键词** 含水层下采煤;防水煤柱;防砂煤柱

**中国图书资料分类法分类号** P641.461

金乡煤矿位于黄河多次迁移的黄泛平原,地势平坦,沉积了较厚的松散层。在井田以北5 km 处有奥陶纪灰岩含水层出露。新万福河是井田主要的地表水系,由西向东流经井田,流量为 $0\sim 742 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

金乡煤矿 F2断层以北的3煤层埋深较浅,煤层倾角 $10^\circ$ 左右。若按附近矿区留80 m 防水煤柱来计算,建矿的前景很不乐观。所以,研究矿区在厚松散含水层下采煤的水文地质工程地质问题,最大限度地提高回采上限,是开发矿井煤炭资源的重要工作。

## 1 矿井水文地质条件

井田为向北倾斜的单斜构造,倾角 $8\sim 15^\circ$ ,南北长9.0 km,东西长8.5 km。

整个井田为4条大型逆断层所包围:北面为荷泽断层,走向 SEE,倾向 SW;南面为凫山断层,走向 EW,倾向 S;东面为嘉祥断层,走向 SN,倾向 E;西面为金乡断层,走向 NNE,倾向 SE。这些断层的落差均大于300 m,其隔水性较好。区内小断层较少。

井田无基岩露头,全被厚达 $380\sim 400 \text{ m}$  的第四系松散含水层覆盖。

由于开采煤层是山西组的3号煤,它距下伏奥灰含水层近200 m,底板突水的危险不

存在。煤层本身及其上的石盒子组砂岩含裂隙水,含水性很小。因此,对开采有影响的是上覆第四系松散含水层。

根据岩性、粒度特征和水文地质特点,本区第四系自上而下可划分为7个地段。

**I** 层含水(简称 I 含,下同)地段。亚砂土、亚粘土,夹1~3层粉细砂,含砂率 $18.3\%\sim 58.4\%$ ,平均厚度16 m,接受大气降水补给和地表水补给,水位 $+32.5\sim +34.5 \text{ m}$ ,为潜水含水层,  $K$  为 $0.018 \text{ m/d}$ 。

**I** 层隔水(简称 I 隔,下同)地段。亚粘土、亚砂土,夹4~8层粉细砂,含砂率 $13.2\%\sim 25.8\%$ ,平均厚度 $73.59\sim 91.93 \text{ m}$ ,隔水性良好。

**II** 含地段。粗砂、含砾粗砂为主,夹薄层粘土和亚粘土,自上而下粒度渐粗,水位 $+30\sim +33 \text{ m}$ ,地下水以侧向补给、水平运动为主,  $K$  为 $0.86\sim 5.13 \text{ m/d}$ ,  $q$  为 $0.35\sim 0.79 \text{ L/(s·m)}$ ,是 Cl—Na 型水,径流条件差,厚60~80 m。

**IV** 隔地段。粘土、亚粘土为主,夹2~4层粉细砂,厚 $37.8\sim 46.4 \text{ m}$ ,是稳定隔水层,含砂率为 $0\sim 11.5\%$ 。

**V** 含地段。粘土、砂,含铁锰质、钙质结核,砂层有5~7层,上、下部砂层较厚,含砂率

45.2%，厚 $80.8\sim121.3$  m，静止水位 $+29.3\sim+33.1$  m， $q$  为 $0.17\sim0.28$  L/(s·m)， $K$  为 $0.54\sim0.92$  m/d，水质类型为  $\text{SO}_4-\text{Ca}$ 、 $\text{Na}、\text{Mg}$  型，为中等富含水层，侧向补给，径流条件较差。

**V** 隔层段。粘土、亚粘土为主，夹 $3\sim7$  层砂，砂被粘土质充填，厚 $55.6\sim144.3$  m，底部有一层平均厚度为 $6.3$  m 的粘土， $K$  为 $0.001$  m/d，为良好的隔水层。

**VII** 含(又称底含)层段。砂砾、粗砂，局部地段为中细砂，粘土质充填。含水层厚 $0\sim14.4$  m，平均厚 $4.46$  m。其分布情况见图1。静水水位为 $+32.14\sim+34.44$  m， $q$  为 $0.002\sim0.02$  L/(s·m)， $\text{SO}_4-\text{Na}、\text{Ca}$  型水，侧向补给，迳流条件差。

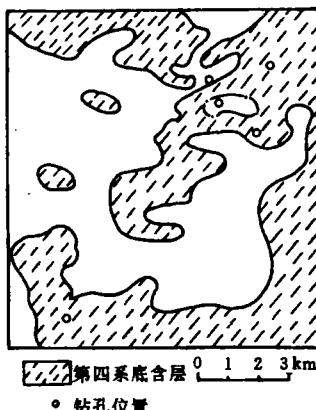


图1 金乡井田第四系底含分布范围图

由上可知，由于**VII** 隔厚度大而稳定，对煤层开采有影响的是**VII** 含层段。为防止**VII** 含对矿井产生不良影响，可采用防水煤柱法或防砂煤柱法。地面预疏干在本区不适用。

## 2 防水煤柱法

从理论上讲，防水煤、岩柱的合理尺寸应为采动所产生的导水裂隙带高度与上覆安全保护层厚度之和<sup>(1)</sup>。本研究中考虑采用的采煤方法为走向长壁全垮落法。

在全区钻探和钻孔全程水文地质工程地质试验基础上，采用二维弹塑性模型和工程

地质比拟法，对开采后的导水裂隙带发育形态和高度进行计算和分析<sup>(2)</sup>，求得导水裂隙带的最大高度为 $33.6\sim34.5$  m，其倾向剖面形态为马鞍形。

上覆岩层安全保护层的研究采用二维承压稳定流模型<sup>(3)</sup>。这时，保护层为基岩顶部的风化带及部分煤系，第四系底含为上覆含水体。所取计算参数为：上覆含水体水位 $+33$  m；风化带的 $K$  为 $0.001$  m/d；风化带厚 $23.44$  m；煤层顶板砂岩的 $K$  为 $0.03$  m/d；粘土的 $K$  为 $0.001$  m/d；工作面走向长 $1000$  m，斜长 $200$  m；导水裂隙带高 $34$  m；导水裂隙带顶界面的水位为其相应的位置标高。

取保护层厚为 $25$  m，则相对于工作面的运输巷，其上覆含水体的水头为： $h=380+34+25=439$  m。计算区剖面见图2。

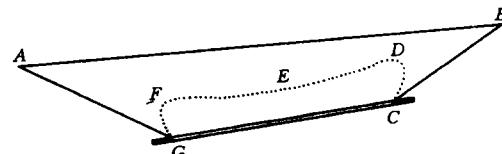


图2 金乡井田 $25$  m 厚保护层计算区剖面图  
AB、CDEFG—已知水头边界；BC、AG—隔水边界

图中计算边界： $AB$  为已知水头边界，其水头为**VII** 含的水头； $CDEFG$  为已知水头边界，其水头为相应点各自的标高； $BC$  为隔水边界； $AG$  为隔水边界。

用数值法求得上覆含水体下渗水量为： $Q=50 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

取保护层厚为 $50$  m，则相对于工作面运输巷而言，上覆含水体的水头为 $464$  m，求得上覆含水体的下渗水量为： $Q=20 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

由于工作面的下渗涌水量允许达到 $50 \text{ m}^3/\text{h}$ ，而留 $50$  m 保护层仍有 $20 \text{ m}^3/\text{h}$  的下渗水量，且要丢数百万 t 煤，因此，这时的安全保护层厚取 $25$  m，合理的防水煤岩柱尺寸为  $l=34+25=59$  m。

## 3 防砂煤柱法

采用防砂煤柱时，可允许第四系底部含

水层水下渗进入矿井,但必须防止流砂随水一起进入矿井。因此,要保证导水裂隙带的严重破坏带不波及到第四系底部含水层,而允许导水裂隙带发育到底部含水层中。根据导水裂隙带发育特征和基岩风化带条件分析,并结合计算结果对比,预计强破坏带高度不超过20 m。因基岩风化带为23.44 m,取防砂煤柱尺寸为25 m就可满足要求。

采用防砂煤柱法必须满足一定的水文地质条件,即必须保证第四系底含的下渗水量不影响矿井的正常生产。因而,必须研究底部松散含水层的富水性。

第四系底部含水层(VI含)在区内分布不连续。由图1可知,矿区内有一半地区缺失此层,在分布区各段之间相互联系较少,厚度也较小。因此,含水层的侧向水力联系较弱,补给较小,而且其垂直越流补给也很少。本层的富水性较差。

由于底含层的 $K$ 值为 $0.005 \sim 0.12 \text{ m/d}$ ,侧向补给量较小,对于大面积疏干来讲,静贮量的疏干是其主要目标,而动贮量则是矿井的长期排水量。静贮量包括重力水贮存量和弹性贮存量。这3部分水量可按下式<sup>[4]</sup>计算:

$$W = W_1 + W_2 + Qt \quad (1)$$

式中: $W$  ——疏干水量, $\text{m}^3$ ;

$W_1$  ——重力水贮量, $\text{m}^3$ ;

$W_2$  ——弹性水贮量, $\text{m}^3$ ;

$Q$  ——补给量, $\text{m}^3/\text{d}$ ;

$t$  ——疏干时段,d

$$W_1 = V\mu \quad (2)$$

$$W_2 = \sum_{i=1}^n F_i M_i (H_0 - H_i) S \quad (3)$$

$$Q = LMIK \quad (4)$$

式中: $V$  ——疏干区体积, $\text{m}^3$ ;

$\mu$  ——含水层给水度;

$F_i$  ——疏干影响区面积, $\text{m}^2$ ;

$M_i$  ——含水层厚度,m;

$H_0$  ——原始水位,m;

$H_i$  ——疏干水位,m;

$S$  ——弹性贮水率;

$L$  ——侧向补给段长,m;

$I$  ——水力梯度

图3是7-7勘探线(SN向)的第四系剖面示意图。据钻孔资料,区内VI含平均厚4.46 m。

以第一开采水平工作面上回风巷水平为基岩面,取其下25 m,整个煤田由西到东布置8个采区,则开采时VI含层段水在疏干影响范围内都将流入矿井,形成以采空区为中心的降落漏斗区。设计降落漏斗的发展为:疏干1 a后,采空区上方疏干,水位影响到采空区之外5 km;疏干3 a后,降落漏斗扩展到采空区之外10 km。取 $\mu$ 为0.1, $S$ 为 $10^{-4}$ ,按前述算式计算出的第一年和后两年的疏干水量如表1所示。

对于一个采区来讲,不超过 $200 \text{ m}^3/\text{h}$ 的排水能力是完全能满足的。而且,水是由采空区内流入的,不影响工作面正常生产。随着疏干的发展,采区下渗水量将逐渐变小,直至下渗量为 $5 \text{ m}^3/\text{h}$ 左右。因此,防砂煤柱法是可行的。

#### 4 评价

如果将底部含水层(VI含)当作富水性好的含水层,采用防水煤柱法,则要留设59 m

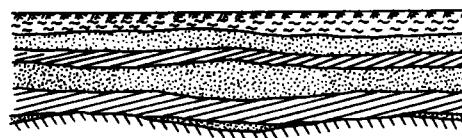


图3 金乡煤矿7-7勘探线第四系剖面示意图

表1 疏干水量计算成果

疏干时间	重力水贮量	弹性水贮量	补给量	排水强度( $\text{m}^3/\text{h}$ )	
	$W_1$ (万 $\text{m}^3$ )	$W_2$ (万 $\text{m}^3$ )	$Q$ ( $\text{m}^3/\text{d}$ )	$Q_1$ 平均值	$q$ , 每个采区值
第一年	85	1215	993	1525	191
后两年	86	3283	815	1217	152

(下转 60 页)

施,以减少岩粉的作用,稳定气压。当然,孔中有涌水、存在水柱压头压降时,也要破坏泡沫的稳定运行,造成岩粉积聚成球而更难吸附返出。

#### 4 结论

泡沫复合片绳钻为解决钻进软岩效率低的问题带来了广阔的前景。它不仅能大幅度降低冲洗液漏失消耗,而且十分有助于延长钻头寿命和防止钻孔内结垢。

泡沫钻进必须配套合理可靠的灌排系统,以产生结构稳定的泡沫和便于各种工况

的操作。泡沫绳钻应配备供风量较小、额定气压较高的装备,并实现气液量可调;宜采用超径钻头,实行孔径随孔深逐步递减的“倒塔形”钻孔结构,以减少环空阻力;应加重系列绳索取芯钻具级配;孔口最好设置封闭返流结构,以调节环空泡沫压力,保证泡沫质量。

#### 参考文献

- 1 鲁钟琪. 流体力学. 北京: 机械工业出版社, 1980
- 2 曾丹苓等. 工程热力学. 北京: 高等教育出版社, 1980
- 3 高尔什考夫 A. K. 在试验台条件下评价泡沫洗井金刚石特点. 探矿工程译丛, 1987(4)

(收稿日期 1993—08—15)

### THE APPLICATION OF FOAM DIAMOND WIRE LINE DRILLING IN COAL-FIELD AND DISCUSSION OF SOME PROBLEMS

Zhang Xiaohong

(Shaanxi Coal Geology Bureau)

**Abstract** The small diameter foam diamond wire line drilling tests have first been made using the equipments and circulation system made in China. The maximum hole depth is 217.74 m. The variation laws of main parameters are obtained through the tests by analyzing the drilling rate, the pressure fall and so on. It is of current significance to apply foam flush technique to wire line drilling in coal-field for increasing the drilling rate.

**Keywords** foam drilling; diamond drilling; wire line coring; bit weight; efficiency of rig-month

(上接 43 页)

的防水煤岩柱,这将积压煤量 700 万 t。在开采时,仍有一定量的水从Ⅶ含下渗到采空区,其下渗量为 50 m<sup>3</sup>/h 左右。

采用防砂煤柱法,在基岩风化带之下的煤量基本上都可开采,可采储量仅 3 号煤就增加 700 多万 t。而井下排水量仅在最初几 a 每个采区增加 100 m<sup>3</sup>/h 左右。对于这些增量,矿井本身有能力排掉,而且随着疏干工作的进行,疏干水量逐渐减少至 40 m<sup>3</sup>/h 以下。

因此,对于金乡煤矿,由于巨厚松散含水层底部富水性较差,应采用防砂煤柱法进行

开采,防砂煤柱尺寸为 25 m。

#### 参考文献

- 1 葛中华、王柏荣、杨宝林. 淮河下采煤矿井隔水层合理厚度的研究. 煤田地质与勘探, 1991(5): 43~46
- 2 隋旺华、狄乾生. 巨厚松散含水层下采煤工程地质研究. 第二届国际采矿研讨会论文集, 1990: 630~635
- 3 葛中华、沈文. 水下开采中确定保护层厚度的水文地质模型. 煤炭学报, 1989(2): 11~18
- 4 房佩贤. 专门水文地质学. 北京: 地质出版社, 1987, 89~96

(收稿日期 1993—07—09)