

付村煤矿东四采区水体下采煤安全性分析

王克武¹, 柳杰², 张小波², 罗亚麒²

(1. 北京天地华泰采矿工程技术有限公司, 北京 100013; 2. 中国矿业大学(北京)资源与安全工程学院, 北京 100083)

[摘要] 根据付村煤矿地质资料和现场观测结果, 分析了第四系松散含水层的结构及性质, 计算了“两带”高度并讨论了防砂煤(岩)柱的留设, 论证了付村煤矿水体下采煤的安全性。结果表明: 第四系松散含水层上组(Q_+)为富水性强的含水层, 下组(Q_-)为弱含水层, 可以留设防砂煤(岩)柱; 垮落带发育最大高度小于基岩厚度; 东四采区符合留设防砂安全煤(岩)柱标准, 松散层底砂不会溃入井下。第四系上下组之间的黏土层和基岩顶部的风化带能够有效地阻隔导水裂缝带的发育, 不会使上下组之间发生水力联系导致水害事故, 付村矿东四采区水体下采煤是安全的。

[关键词] 水体下采煤; 第四系松散含水层; 覆岩破坏高度; 防砂煤柱

[中图分类号] TD823.83 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1006-6225(2013)03-0081-04

Safety Analysis of Mining Coal under Water Body in East-four Mining Section of Fuchun Colliery

1 东四采区地质概况

付村煤矿隶属于枣庄矿业集团, 设计生产能力为1.2Mt/a。井田位于滕南煤田南部, 微山县付村镇境内。东四采区位于邵阳湖下, 付村煤矿井田南翼, 煤炭资源丰富。主采煤层为二叠系山西组 3_+ 、 3_- 煤层。采区走向长度500~2100m, 倾斜长度1500~2500m, 面积339hm²。地面标高为+31.57~+33.68m。东四采区内3号煤层赋存较稳定。目前正在开采的2个工作面是 3_+ 412, 3_- 408。由于受周围大断层的切割, 形成了一个半封闭的水文地质单元, 主要有第四系松散含水层等含水水体或含水层。主要含水层具有发育程度与含水性不均一, 浅部含水性较强, 随着深度增加而减弱, 以静储量为主, 动储量为辅的特点, 水文地质条件属简单-中等类型。

2 第四系松散含水层分析

付村矿井田内第四系厚度40.85~108.33m, 在3号煤层露头附近厚度为40~80m。以水平沉积为主, 由大气降水与河流垂直渗透补给, 含水丰富, 属孔隙承压水。依据岩性和含水性不同, 分为上、下两组。

上组(Q_+)厚23.40~43.19m, 由黏土、砂质黏土、砂和黏土质砂组成。一般含砂4层, 补给条件好。单位涌水量 $q=1.813\sim6.681\text{L/s}\cdot\text{m}$, 根

据《煤矿防治水规定》^[1], 为富水性强含水层, 水位为+31.99~+34.96m, 水质类型为 HCO_3-CaNa 水。

下组(Q_-)厚11.98~72.3m, 由黏土、黏土砂浆、砂质黏土、黏土质砂、砂和砂砾组成。含砂5层, 厚度0.50~28.14m, 平均5.50m。补给条件差, 含水较弱, 水位为+27.95~31.03m, 水质类型为 HCO_3-CaNa , 单位涌水量为 $q=0.0436\sim0.095\text{L/s}\cdot\text{m}$, 根据《煤矿防治水规定》, 为弱含水层, 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》(以下简称《“三下”采煤规程》)^[2], 可以对下组(Q_-)含水层留设防砂煤柱^[3]。

第四系内隔水层较多, 均匀分布在砂层之间, 一般隔水层厚度都大于砂层厚度, 尤其是上、下组分界处为黏土或砂质黏土, 分布稳定, 厚1.50~14.90m, 平均5.64m, 塑性指数约20.5, 具有良好的隔水性能。因此, 上下组不会发生水力联系。

松散含水层向井下充水主要是通过底部含水层, 如果底部有厚度大于3m的黏土层, 则可以有效地阻隔上面含水砂层水的下渗^[4]。东四采区松散底部岩性见表1。

由表1中的数据可知, 6个钻孔中有4个钻孔存在厚层黏土层, 其中2个厚度大于3m, 另外2个厚度都大于2m, 因此可以有效地阻隔上面含水砂层水的下渗。

[收稿日期] 2012-10-26

[作者简介] 王克武(1954-), 男, 陕西澄城人, 高级机电工程师, 北京天地华泰采矿工程技术有限公司总工程师, 主要从事煤矿技术管理工作。

表 1 松散层底部岩性

孔号	松散层岩性	厚度/m	累积厚度/m
F16-9	粉砂黏土	12.40	93.20
F16-12	细、中砂	3.35	101.90
F17-9	黏土	2.00	96.10 (约)
F18-7	中砂	4.00	105.15
F18-13	黏土	4.00	104.25
F17-11	黏土	2.65	101.50

3 防砂煤(岩)柱的合理性论证

对于水体下采煤来说,覆岩破坏规律是确定能否提高回采上限的决定性因素,因此确定覆岩破坏规律的度和范围是必不可少的一步。

3.1 覆岩类型分析

为了研究上覆岩层破坏规律,根据采区钻孔柱状图,整理煤层顶板以上 80m 范围的砂类岩和泥类岩的厚度及比例:

(1) 3_上煤上面覆岩 0~20m 段,各钻孔泥类岩的比例为 5.25%~86.00%; 21~40m 段,各钻孔泥类岩的比例为 37.00%~100%; 41~60m 段,各钻孔泥类岩的比例为 60%~100%; 61~80m 段,各钻孔泥类岩的比例为 37.75%~100%,其中 41~60m 段泥类岩的所占比例大于 50%。

(2) 砂类岩的单轴抗压强度为 68.7~91.5MPa; 泥类岩的单轴抗压强度为 23.2~45.6MPa。

(3) 覆岩为下硬上软的类型。

(4) 覆岩在 21~80m 范围内为导水裂缝带的主要影响区域,泥类岩占大部分比例,属于中硬偏软覆岩类型。

3.2 垮落带高度预计

近距离煤层分层开采,当下层煤的垮落带接触或完全进入上层煤范围内时,上分层的导水裂缝带最大高度采用本煤层的开采厚度计算,下煤层的导水裂缝带最大高度则应采用上、下层煤的综合开采厚度计算,取其标高最高者为两层煤的导水裂缝带最大高度。

上、下层煤的综合开采厚度可按以下公式计算:

$$M_{z1-2} = M_2 + (M_1 - \frac{h_{1-2}}{y_2}) \quad (1)$$

式中, M_1 为上层煤开采厚度, m; M_2 为下层煤开采厚度, m; h_{1-2} 为上、下层煤之间的法线距离, m; y_2 为下层煤的垮高采厚之比(由孔庄经验取 6.4)。

东四采区范围内各见煤钻孔所揭露的煤层厚度

变化情况及由上述公式计算各见煤钻孔所揭露的煤层上下分层均开采后的综合开采厚度见表 2。

表 2 各见煤钻孔揭露煤层综合开采厚度 m

钻孔编号	3 _上 煤 层厚度	层间距	3 _下 煤 层厚度	3 _上 、3 _下 煤层 综合开采厚度
F14-9	5.1	9.81	3.90	7.47
F14-19	5.35	11.97	3.95	7.43
F15-10	5.35	8.38	4.02	8.06
F16-10	5.61	7.37	3.13	7.59
67-2	5.57	7.21	4.02 (不含夹矸)	8.46
F16-9	5.17	9.36	3.87 (不含夹矸)	7.58
F17-11	5.25 (不含夹矸)	10.97	3.33	6.87
F17-10	2.13	6.45	1.26	2.38
F17-9	5.55	9.55	3.9 (不含夹矸)	7.96
F18-15	4.07	-	-	4.07
F18-14	5.37	11	3.40	7.05
F18-13	5.46	10.96	3.65	7.40
F18-12	5.19	8.22	3.20	7.11
平均值	5.01	9.27	3.47	7.03

由于东四采区采用综放开采,而《“三下”采煤规程》并未提供两带的计算方法,因此,采用文献[5]中的方法和相邻矿区杨村矿的观测结果进行类比计算。

(1) 由 3.1 分析结果可知,覆岩类型属于中硬偏软类型,因此,采用文献[5]的中硬覆岩综放垮落带高度计算公式:

$$H_{m1} = \frac{100 \sum M}{0.49 \sum M + 19.12} + 4.71 \quad (2)$$

式中, M 为采高, m。

(2) 根据杨村矿观测结果,垮落带高度与采高的比值为 5.31。东四采区 3 号煤层全部回采后,预计垮落带高度为:

$$H_{m2} = 5.13M \quad (3)$$

由以上两种方法计算各见煤钻孔所揭露煤层,在上下分层均开采后及在综合开采厚度条件下垮落带的发育高度见表 3。

由表 3 可知,基岩柱厚度最小为 81.90m,经过计算得出在综合开采厚度为 7.96m 条件下垮落带的发育高度最大为 42.27m,远小于基岩柱厚度,因此垮落带不会波及松散层下组(Q_F)含水层。

3.3 防砂煤(岩)柱留设

基于付村煤矿松散层的工程特征,东四采区范围内第四系下组有厚层的黏土或薄层的砂层,通常砂层为弱富水性,因此考虑采区范围内煤层开采是

表 3 各见煤钻孔揭露煤层综合

开采厚度下垮落带发育高度 m				
钻孔编号	$3_{\text{上}}, 3_{\text{下}}$ 煤层综合开采厚度	H_{m1}	H_{m2}	基岩柱厚度
F14-9	7.47	37.55	39.67	468.67
F14-19	7.43	37.40	39.45	354.54
F15-10	8.06	39.70	42.80	298.91
F16-10	7.59	38.00	40.30	319.0
67-2	8.46	41.12	44.92	293.63
F16-9	7.58	37.96	40.25	159.53
F17-11	6.87	35.31	36.48	212.62
F17-10	2.38	16.49	12.64	187.63
F17-9	7.96	39.34	42.27	81.90
F18-15	4.07	24.04	21.61	109.55
F18-14	7.05	35.99	37.44	119.45
F18-13	7.40	37.29	39.29	87.48
F18-12	7.11	36.21	37.75	96.52
平均值	7.03	35.91	37.33	-

否满足防砂安全煤(岩)柱条件。

由于在工作面范围内松散层底部弱含水层厚度大于采厚, 根据文献 [6] 取保护带厚度为 $2.8A$ (A 采高即综合开采厚度最大值)。

则最小防砂煤柱高度为:

$$H_{\text{sha}} = H_m + 2.8A \quad (4)$$

计算结果见表 4。

表 4 各见煤钻孔揭露煤层综合开采厚度下最小防砂煤(岩)柱高度 m

钻孔编号	$3_{\text{上}}, 3_{\text{下}}$ 煤层综合开采厚度	H_{m2}	基岩柱厚度	最小防砂煤(岩)柱高度
F14-9	7.47	39.67	468.67	60.59
F14-19	7.43	39.45	354.54	60.25
F15-10	8.06	42.80	298.91	65.37
F16-10	7.59	40.30	319.00	61.55
67-2	8.46	44.92	293.63	68.61
F16-9	7.58	40.25	159.53	61.47
F17-11	6.87	36.48	212.62	55.72
F17-10	2.38	12.64	187.63	19.30
F17-9	7.96	42.27	81.90	64.56
F18-15	4.07	21.61	109.55	33.01
F18-14	7.05	37.44	119.45	57.18
F18-13	7.40	39.29	87.48	60.01
F18-12	7.11	37.75	96.52	57.66
平均值	7.03	37.33	-	-

由表 4 可知, 各见煤钻孔在综合开采厚度条件下, 最小防砂煤(岩)柱高度均小于基岩柱厚度, 因此根据《“三下”采煤规程》第 50 条规定可知, 付村煤矿东四采区符合留设防砂安全煤(岩)柱标准, 松散层底砂不会溃入井下。

4 工作面涌水性分析

4.1 导水裂缝带高度实测

$3_{\text{上}}$ 401 工作面位于东四采区西南部, 工作面

煤层底板标高 $-238.4 \sim -421.9\text{m}$, 高差 183.5m , 运巷高于材巷; 北部埋藏深, 南部埋藏较浅。采煤工艺为综采放顶煤。 $3_{\text{上}}$ 煤层厚度 $5.25 \sim 5.61\text{m}$, 平均 5.43m , 属厚煤层, 且厚度稳定, 变化幅度较小, 结构简单, 可采性好。在 $3_{\text{上}}$ 401 工作面现场观测导水裂缝带高度的方法是: 钻孔双回路注(放)水系统, 测量漏失量的大小, 从而判断上覆各岩层的裂隙发育状况, 确定导水裂缝带的发育高度。将观测钻孔设在二采区胶带巷道内, 并布设施工观测钻窝。钻窝具体位置视巷道条件而定, 一般应选在没有断层、顶板岩层稳固的地方。在钻窝内布置采前、采后观测钻孔。

井下钻孔观测示意图如图 1 所示。

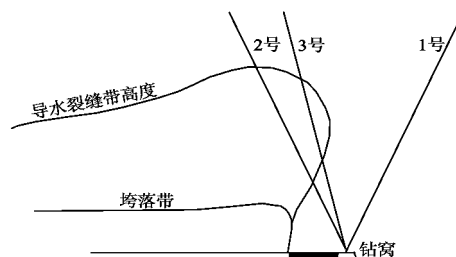


图 1 井下钻孔观测示意图

根据采前孔、采后孔的观测资料及采后孔对比采前孔注水漏失量观测成果, 结合各钻孔剖面图可以看出, 导水裂缝带高度为采后孔的导水裂缝带发育高度最大者, 即 61.52m 为 $3_{\text{上}}$ 401 工作面导水裂缝带高度。 $3_{\text{上}}$ 401 工作面 $3_{\text{上}}$ 煤的平均采厚为 5.43m , 因此裂采比为: $61.52/5.43 = 11.32$, 跟预计值相近。

4.2 导水裂缝带高度计算

(1) 采用文献 [5] 中硬覆岩综放导水裂缝带计算公式:

$$H_{\text{裂}1} = \frac{100M}{0.26 \sum M + 6.88} - 11.49 \quad (5)$$

(2) 实测值类比法预计。 $3_{\text{上}}$ 401 工作面实测裂采比为 11.32 , 则导水裂缝带高度为:

$$H_{\text{裂}2} = 11.32M \quad (6)$$

由以上公式计算各见煤钻孔所揭露煤层, 上下分层都开采后, 在综合开采厚度条件下导水裂缝带的发育高度见表 5。

由表 5 可知, 公式 (5) 所求得的 $H_{\text{裂}1}$ 的高度均小于最小基岩柱厚度, 而公式 (6) 求得的 F17-9 导水裂缝带发育高度大于最小基岩柱厚度, 采动裂隙波及到了第四系松散层下组 8.21m , 但是由于在东四采区基岩顶界面有平均 20m 左右的基岩风化带, 其性质具有阻隔裂隙发育的作用, 根据井

表 5 各见煤钻孔揭露煤层综合开采
厚度下导水裂缝带发育高度

钻孔编号	$3_{上}, 3_{下}$ 煤层 综合开采厚度	$H_{裂1}$	$H_{裂2}$	基岩柱厚度 m
F14-9	7.47	73.18	84.56	468.67
F14-19	7.43	72.83	84.11	354.54
F15-10	8.06	78.31	91.24	298.91
F16-10	7.59	74.24	85.92	319.00
67-2	8.46	81.69	95.77	293.63
F16-9	7.58	74.15	85.81	159.53
F17-11	6.87	67.78	77.77	212.62
F17-10	2.38	20.25	26.94	187.63
F17-9	7.96	77.45	90.11	81.90
F18-15	4.07	39.78	46.07	109.55
F18-14	7.05	69.42	79.81	119.45
F18-13	7.40	72.56	83.77	87.48
F18-12	7.11	69.97	80.49	96.52
平均值	7.03	69.24	79.58	-

下施工勘探孔观测裂隙发育高度小于计算数据。另外,该区域松散层下组有 45m 的黏土层,可以达到稳定隔水的目的,工作面局部有出现小型涌水的可能性。

由计算数据可知,东四采区部分区域在综合开采条件下导水裂缝带的发育高度有可能波及松散层下组,但松散层下组平均厚 54.56m,由灰-灰绿色黏土、黏土砂、砂质黏土、黏土质砂、砂和砂砾组成,含水性弱,补给条件差。另外上、下组分界处黏土或砂质黏土分布稳定,厚 1.50 ~ 14.90m,平均 5.64m,塑性指数达 20.5 左右,具有良好的隔水性能,使上下组不发生水力联系。因此导水裂缝带不会导通第四系上组含水层,发生水害事故,但在矿井生产的过程中应加强水情的监测,并制定完善、可行的安全开采技术措施,从而确保安全生产。经过计算和实测,认识到导水裂缝带不会导通富水性中等的第四系上组含水层,不会发生矿井淹井水害事故。

5 主要结论

(1) 第四系松散含水层内隔水层较多,均布在砂层之间,一般隔水层厚度都大于砂层厚度,尤

其是上、下组分界处为黏土或砂质黏土,分布稳定,且塑性指数较高,因此具有良好的隔水性能,使上下组不发生水力联系;上组($Q_{上}$)为富水性强的含水层,下组($Q_{下}$)为弱含水层,可以留设防砂煤柱。

(2) 通过计算,垮落带的发育高度远小于基岩柱厚度,垮落带不会波及松散层下组导致底砂溃入井下;在钻孔 F17-9 处,预计导水裂缝带的高度为 90.11m,基岩厚度为 81.90m,波及到第四系松散含水层,但在基岩顶部有 20m 厚的风化带,具有阻隔导水裂缝带发育的作用,工作面出现小型涌水的可能性。同时第四系松散含水层的上下组之间有较厚的隔水层,结合现场实测,发现导水裂缝带的发育高度小于计算值。因此,导水裂缝带不会导通第四系上组含水层,发生水害事故可能性低。

(3) 通过计算,在综合开采厚度条件下最小防砂煤(岩)柱高度均小于基岩柱厚度,付村煤矿东四采区留设的防砂安全煤(岩)柱符合标准,松散层底砂不会溃入井下。

(4) 通过对松散含水层、采区上覆岩层的破坏规律的分析研究,对付村矿水体下采煤的安全性进行论证、评价,得出付村矿东四采区水体下采煤是安全的。

[参考文献]

- [1] 国家安全生产监督管理总局. 煤矿防治水规定 [S]. 北京: 煤炭工业出版社, 2009.
- [2] 国家煤炭工业局. 建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程 [S]. 北京: 煤炭工业出版社, 2000.
- [3] 张华兴, 郭维嘉. “三下”采煤新技术 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2008.
- [4] 许延春. 深部黏土的工程特性以及在“三下”采煤中的应用 [J]. 煤炭科学技术, 2004, 32 (11): 22-23.
- [5] 许延春, 李俊成, 刘世奇, 等. 综放开采覆岩“两带”高度的计算公式及适用性分析 [J]. 煤矿开采, 2011, 4 (2).
- [6] 许延春, 刘世奇. 水体下综放开采的安全煤岩柱留设方法研究 [J]. 煤炭科学技术, 2011, 36 (11): 1-4.

[责任编辑: 张玉军]

(上接 71 页)

- [2] 张连福, 谢文兵. 深井大断面软岩硐室高强稳定型支护技术研究 [J]. 山东科技大学学报 (自然科学版), 2010, 29 (5): 32-38.
- [3] 魏树群, 张吉雄, 张文海, 等. 高应力硐室群锚注联合支护技术 [J]. 采矿与安全工程学报, 2008, 25 (3): 281-285.
- [4] 彭刚, 王卫军, 李树清. 松散破碎硐室锚注修复加固技术应用研究 [J]. 湖南科技大学学报 (自然科学版), 2008, 23 (1): 6-9.

- [5] 李学华, 黄志增, 杨宏敏, 等. 高应力硐室底鼓控制的应力转移技术 [J]. 中国矿业大学学报, 2006, 35 (3).
- [6] 谢文兵, 陆士良, 殷少举. 软岩硐室围岩注浆加固作用与浆液扩散规律 [J]. 中国矿业大学学报, 1998, 27 (4).
- [7] 康红普, 林健, 杨景贺, 等. 松软破碎硐室群围岩应力分布及综合加固技术 [J]. 岩土工程学报, 2011, 33 (5).
- [8] 冯志强. 极破碎煤岩体化学注浆加固材料开发及渗透扩散特性研究 [D]. 北京: 煤炭科学研究总院, 2007.

[责任编辑: 姜鹏飞]