

文章编号: 1001-1986(2012)03-0044-04

芦沟煤矿 32 采区水体下采煤的可行性

詹 鸣, 王超伟

(郑州煤炭工业(集团)有限责任公司, 河南 郑州 450042)

摘要: 芦沟煤矿 32 采区大部分位于五星水库水体下, 为了提高煤炭资源的回收率, 通过导水裂缝带高度计算及地表移动变形的预计, 对芦沟煤矿 32 采区水体下采煤的可行性进行了研究。结果显示, 32 采区煤炭开采不会对水库的水体造成直接的影响, 32 采区在水体下采煤是可行的。建议在采掘过程中加强断层及水文地质勘探, 留设合理的防隔水煤柱; 根据地质采矿条件, 采用合理的开采速度。

关键词: 水体下采煤; 垮落带; 导水裂缝带

中图分类号: TD741 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1986.2012.03.011

Feasibility study of coal mining under water in Lugou coal mine

ZHAN Ming, WANG Chaowei

(Zhengzhou Coal Industry Group Co. Ltd., Zhengzhou 450042, China)

Abstract: The paper conducted feasibility study of coal mining under water in 32th district of Lugou coal mine, through the calculation of the height of water-conducting fractured zone and the expectation of ground movement and deformation, it was concluded that coal mining under water in the district would not cause direct impact on water in the reservoir and is feasible.

Key words: mining under water; caving zone; water-conducting fractured zone

芦沟煤矿位于郑州西南 27 km 处, 新密煤田东部岳村乡境内。32 采区位于芦沟煤矿的南部, 地表大部分被五星水库覆盖。水库面积约 20 万 m^2 , 库容量约 300 万 m^3 , 水库最大水深 30 m, 一般为 15 m, 压煤量约为 480 万 t。为进一步提高煤炭资源的回收率, 挖掘生产能力, 延长矿井寿命, 需要采出水体下的煤。但水体下采煤往往具有很大的危险性, 在某些条件下, 水体一旦遭受破坏, 就会威胁整个矿井的生产和人身安全。因此地下开采在地表是否产生裂缝, 地表裂缝是否会对水库水体产生影响, 以及地下开采引起的导水裂缝带是否影响矿井和水库的安全等需要进行可行性研究。

1 概况

1.1 地层及水文地质概况

根据区内及附近钻孔揭露, 本区的地层有新生界第四系、新近系; 中生界三叠系; 古生界二叠系上统石千峰组、上石盒子组, 下统下石盒子组、山西组, 石炭系上统太原组、中统本溪组, 奥陶系中统马家沟组。石炭-二叠系为主要含煤地层, 其中

仅一₁、二₁煤可采。

影响二₁煤层开采的含水层主要有二₁煤层以下灰岩岩溶裂隙承压含水层、二₁煤层以上砂岩孔隙裂隙承压含水层和新生界含水层。主要隔水层有太原组中部砂泥岩隔水层, 二叠系中、上段砂泥岩隔水层^[1]。其中二叠系中、上段隔水层, 系指二₁煤以上 100 m 起到上部基岩剥蚀面的二叠系下石盒子组、上石盒子组、石千峰组, 主要包括泥岩、砂质泥岩、细粒砂岩、粉砂岩等, 厚度在 100 m 以上, 其间夹有数层中、粗粒砂岩含水层, 但被隔水层阻隔, 水力联系较差, 总体上表现为隔水性, 能有效阻隔地表水、浅层地下水进入矿井。

1.2 地质构造

芦沟井田位于新密复向斜的北翼, 总体构造形态为地层向南倾的单斜构造。地层倾角 20°左右, 有一定的起伏, 西南侧形成宽缓的南倾向斜—魏寨北向斜^[1]。发育落差大于 20 m 的断层 13 条, 构造形迹以南升、北降的阶梯状正断层为主。芦沟煤矿 32 采区南部发育有魏寨正断层(倾向 NE, 倾角 60°~70°, $H=30\sim140$ m)和魏寨支断层(倾向 NE, 倾角 60°~75°, $H=50\sim60$ m), 其中魏寨支断层从 32101

工作面附近经过。

1.3 开采条件

芦沟煤矿 32 采区有 3 条下山,采区设计走向长 1 870 m,倾斜长 770~1 340 m。煤层厚度 1.80~10.86 m,平均 5.66 m;煤层倾角 15°~20°,平均 18°,煤层呈单斜构造,煤层底板标高为-140~-360 m,地面标高为+215~+233.1 m。煤层埋藏深度 400~520 m。

井田内二₁煤层伪顶多为碳质泥岩,随煤层采空而跨落,开采时易掉块冒顶,工程地质条件不佳。直接顶板为砂质泥岩和泥岩,厚 0.25~2.50 m,孔隙率 0.57%~3.13%,吸水率 1.02%,抗压强度 58.5 MPa;老顶为大占砂岩,以中粒砂岩为主,厚 4.00~24.00 m,孔隙率 0.75%~0.76%,吸水率 0.46%~3.07%,抗压强度 44.6~103.5 MPa,抗拉强度 4.83~5.23 MPa。

五星水库主要位于该采区的西翼,在采区的东翼,地表水库位于采区下部,东翼上部开采对水库不会造成影响。芦沟煤矿主要开采 32 采区的西翼,因此需要对芦沟煤矿 32 采区西翼开采引起的覆岩破坏高度进行计算分析。

2 覆岩破坏高度计算

影响上覆岩层破坏形态和导水裂缝带发育的因素有很多,如上覆岩层的力学性质及结构特征、采煤方法和顶板管理方法、煤层倾角、煤层厚度及开采强度等。当煤层埋藏条件和采煤方法确定后,则覆岩的力学性质及结构特征与覆岩的破坏高度密切相关。如果采区上覆岩层为脆性岩层,开采影响后容易断裂,所以覆岩破坏高度大。如覆岩为塑性岩层,受开采影响后不易断裂但容易下沉,能使冒落岩块充分压实,最终表现为覆岩破坏高度降低。

覆岩破坏高度与许多地质采矿条件有关,但目前尚无统一的多元相关的具体表达式,因此计算大

多采用经验公式。据芦沟煤矿资料,五星水库下工作面上覆岩层属于中硬岩层,为了确保水体下采煤的安全性,五星水库下采煤根据《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》,按中硬和坚硬覆岩分别计算破坏带高度^[2-5]。垮落带高度按厚煤层分层开采时计算;导水裂缝带高度按缓倾斜煤层开采时计算。

采用放顶煤一次采全高时,其覆岩破坏与分层开采相比更为严重,覆岩破坏高度更大。因此,为了安全起见,覆岩破坏高度依计算结果参考类似条件下覆岩破坏高度实测结果,取较大值。根据地表五星水库与 32 采区的相对位置,选择 32 采区西翼与水库较近的有代表性的 9 个点进行计算,计算结果见表 1。

对于缓倾斜煤层,煤层开采以后垮落带的边界位于采空区边界范围以内,导水裂缝带的边界位于采空区边界范围以外,一般超出采空区边界 5~8 m。垮落带和导水裂缝带均呈马鞍形,导水裂缝带的最高点位于采空区倾斜方向的上部^[6]。本采区开采后上覆岩层的破坏空间形态符合一般规律。

由计算结果可知,当覆岩为中硬岩性时,煤层标高最大的 8 号点的导水裂缝带最大标高为-147.02 m,其值最大;当覆岩为坚硬岩性时,煤层厚度最大的 1 号点的导水裂缝带最大标高为-85.41 m,其值为最大。五星水库下基岩标高为+165.50 m,导水裂缝带的最大标高与水库下基岩顶部之间的基岩岩柱厚度最小为 250.91 m。开采造成的导水裂缝带不会形成地表水体的导水通道。

根据“三下”开采规程,如果松散层为强或中等含水层,且直接与基岩接触,而基岩风化带也含水,在留设防隔水安全煤岩柱时应考虑基岩风化带的深度,即:

表 1 覆岩破坏高度及防隔水安全煤岩柱计算表
Table 1 Damage height of overburden rock and waterproof pillar

计算 点号	煤层 标高 /m	煤层 厚度 /m	垮落带高度 H_m /m		导水裂缝带高度 H_W /m		导水裂缝带最大 标高/m		防隔水安全煤岩柱 尺寸/m		残留安全煤岩柱 尺寸/m	
			中硬	坚硬	中硬	坚硬	中硬	坚硬	中硬	坚硬	中硬	坚硬
1	-294	8.5	16.62	27.61	124.82	200.09	-160.68	-85.41	200.82	284.59	250.18	166.41
2	-287	7.5	16.02	26.12	110.73	177.87	-168.77	-101.63	180.73	255.37	264.27	189.63
3	-283	4.0	12.78	18.89	61.44	100.09	-217.56	-178.91	110.44	153.09	334.06	291.41
4	-260	3.0	11.26	15.95	47.35	77.87	-209.65	-179.13	90.35	123.87	332.15	298.63
5	-281	5.0	13.96	21.37	75.52	122.31	-200.48	-153.69	130.52	182.31	310.98	259.19
6	-267	4.5	13.41	20.18	68.48	111.20	-194.02	-151.30	120.48	167.70	307.52	260.30
7	-240	4.5	13.41	20.18	68.48	111.20	-167.02	-124.30	120.48	167.70	280.52	233.30
8	-220	4.5	13.41	20.18	68.48	111.20	-147.02	-104.30	120.48	167.70	260.52	213.30
9	-264	6.0	14.91	23.48	89.61	144.53	-168.39	-113.47	150.61	211.53	272.89	211.97

$$H_{sh} \geq H_{li} + H_b + H_{fe} \quad (1)$$

式中 H_{sh} 为防隔水安全煤岩柱的高度, m; H_{li} 为导水裂缝带高度, m; H_b 为保护层厚度, m; H_{fe} 为基岩风化带厚度(根据勘探资料确定), m。

为了确保水体下采煤的安全, 五星水库下采煤分别按中硬和坚硬覆岩来计算防隔水安全煤岩柱尺寸的留设。保护层厚度按水库底部无有效粘土隔水层考虑, 对中硬覆岩而言, 其保护层厚度应取厚煤层首采煤层或分层一次采厚的 6 倍; 对坚硬覆岩而言, 其保护层厚度应取厚煤层首采煤层或分层一次采厚的 7 倍。根据钻孔资料, 基岩风化带裂隙发育深度为 2.3~19.4 m, 为了安全取 25 m。

32 采区覆岩按中硬和坚硬岩性来计算(见表 1), 得出各计算点的残留安全煤岩柱尺寸, 对覆岩为中硬岩性其值均在 250.18 m 以上, 对覆岩为坚硬岩性其值均在 166.41 m 以上, 即各计算点的防隔水安全煤岩柱尺寸均小于实际基岩岩柱尺寸。因此, 在正常情况下, 导水裂缝带不会波及五星水库底部。

3 采动影响分析

3.1 水库采动影响分析

开采引起的上覆岩层破坏可分为 3 带, 即垮落带、裂缝带和弯曲带。弯曲带内的岩层只发生弯曲变形, 不发生裂缝和冒落。五星水库的上部基岩均处于弯曲带。32 采区在影响水库安全的开采范围内, 煤层厚度为 3.0~10.8 m, 开采深度为 505 m 左右, 深厚比为 46.8~168.3, 且 32 采区开采后其正上方的基岩大部分处于静态压缩变形, 水体下基岩的下沉和其它移动变形是一个缓慢的平稳过程, 开采时不会引起地表的突然垮塌, 出现非连续性下沉。下沉对水体基岩的破坏影响不大, 最主要的影响是由于地表下沉使水库流域面积发生变化, 库容量增加。

3.2 水库底面裂缝分析

受开采引起的动态地表移动和变形的影响, 水体底界基岩可能产生裂缝, 根据力学理论进行了水库底界面裂缝计算分析, 结果表明水库底界面的裂缝深度约为 3.5~4.6 m。裂缝始终从地表面开始, 不会从土体内部某一深度处产生, 土体内部一般只产生层面之间的离层现象。因此, 裂缝的切割深度线与地形起伏一致。即无论地形如何起伏, 其裂缝深度基本一致。

在开采过程中, 特别是在地表移动活跃期, 必须加强在预计拉伸变形的区域进行现场调查监测, 发现异常情况及时采取相应措施。

3.3 断层影响分析

断层对开采沉陷有明显影响, 受采动影响上覆

岩层发生移动与变形, 在断层露头处地表产生台阶裂缝; 在断层破碎带附近, 导水裂缝带发育高度比正常地区有较大增长。

在 32101 工作面的南部附近存在魏寨正断层和魏寨支断层, 且断层的落差比较大。一般来说, 如果断层露头位于水体下方, 且拉伸变形较大时, 对断层的稳定性有影响, 地表水可能会沿着断层破坏面渗入井下, 对煤矿的安全生产造成威胁。因此, 有必要针对上述两个断层是否成为地表水流入矿井的通道进行分析, 根据断层与工作面的相对位置关系作剖面, 如图 1 所示。

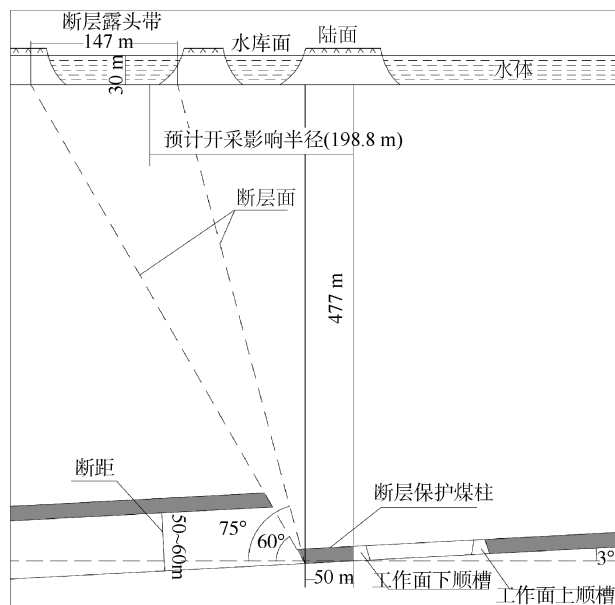


图 1 魏寨支断层保护煤柱剖面示意图

Fig. 1 The profile for protective coal pillar of Weizhai branch fault

a. 开采影响半径的计算

开采影响半径:

$$r = H / \tan \beta \quad (2)$$

式中 r 为开采影响半径, m; H 为开采深度, m; β 为主要影响角。

32101 工作面开采深度取 477 m。根据该区域的覆岩岩性、地质条件、以及参考其他类似矿区的地表移动参数, 主要影响角正切取 2.4。代入式(2)得开采影响半径为 198.8 m。

魏寨支断层的倾角 $60^\circ \sim 75^\circ$, 落差 50~60 m。可得到断层露头距 32101 工作面下顺槽边界距离为:

$$\begin{aligned} R_1 &= H / \tan 60^\circ + 50 = 477 / \tan 60^\circ + 50 = 325.4 \text{ m} \\ R_2 &= H / \tan 75^\circ + 50 = 477 / \tan 75^\circ + 50 = 177.8 \text{ m} \end{aligned} \quad (3)$$

由上述分析计算, 魏寨支断层的露头在开采影响半径以内, 所以在采动影响下, 断层的上下盘可能会沿断层面滑移, 以至于地表水会沿断层的破碎

带渗入井下, 因此需增大断层阻隔水煤柱, 并在采掘过程中加强对断层的监测。

b. 含水或导水断层阻隔水煤(岩)柱的留设

含水或导水断层阻隔水煤(岩)柱的留设可参照下列经验公式计算:

$$L = 0.5KM \sqrt{\frac{3P}{K_p}} \geq 20 \quad (4)$$

式中 L 为煤柱留设的宽度, m; K 为安全系数, 一般取 2~5; M 为煤层厚度或采高, m; P 为水头压力, MPa; K_p 为煤的抗拉强度, MPa。

根据 32101 工作面具体情况, 各参数的取值分别为: 煤层厚度 6.0 m; 水头压力 5.2 MPa; 煤的抗拉强度取 0.5 MPa; 安全系数为 2~5。代入式(4)得出断层阻隔水煤柱留设的宽度为 33.5~83.8 m。目前断层阻隔水煤柱直径为 50 m, 建议增大断层阻隔水煤柱尺寸为 80 m。

4 水体下采煤的可行性分析

按照煤层一次开采全厚情况下, 32 采区最大导水裂缝带标高为 -85.41 m, 因此导水裂缝带上方至水库底部至少有 250.91 m 的基岩岩层, 基岩保护层厚度为最大煤厚的 23 倍, 远大于“三下”规程规定的 4~7 倍。

32 采区采深较大, 且地表裂缝深度仅为 3.5~4.6 m, 因此, 由于 32 采区开采导致的地表裂缝不会对五星水库水体产生影响。

根据 32 采区临近钻孔的地层岩性及水文地质综合柱状图分析, 导水裂缝带上方的岩层为泥岩、砂质泥岩及各类砂岩互层, 且至少发育有 5 个平均厚度大于 5 m 的泥岩或砂质泥岩隔水层。使得导水裂缝带以上各含水层间无密切水力联系, 上覆岩层的整体隔水性能良好。

32 采区覆岩按中硬和坚硬岩性来计算, 得出各计算点的残留安全煤岩柱尺寸, 对覆岩为中硬岩性

其值均在 250.18 m 以上, 对覆岩为坚硬岩性其值均在 166.41 m 以上, 即各计算点的阻隔水安全煤岩柱尺寸均小于实际基岩岩柱尺寸, 导水裂缝带不会波及五星水库底部。

因此, 32 采区在五星水库下采煤是可行的。

5 建议与措施

a. 由于魏寨支断层(倾向 NE, 倾角 $60^\circ \sim 75^\circ$, $H=50 \sim 60$ m)从 32101 工作面附近经过, 各含水层(体)易通过断层破碎带相互补给, 断层就成为各含水层(体)的补给通道。在采掘过程中必须加强断层的探测、水文观测及水文地质综合勘探工作, 建议为魏寨支断层留设阻隔水煤柱宽度为 80 m。

b. 地表最大下沉速度与工作面的推进速度成正比, 因此, 在开采过程中要确定适当的开采推进速度, 以确保水库的安全。如果推进速度过慢, 容易使工作面前方出现边界效应, 不利于水库的保护; 如果推进速度过快, 容易加剧水库地表的变形速度。因此应根据地质采矿条件, 采用合理的开采速度, 尽量不使水库长时间出现开采边界, 使水库只受动态变形的影响。

参考文献

- [1] 宋瑞林. 河南芦沟煤矿探采对比[J]. 煤田地质与勘探, 1988, 16(6): 32-36.
- [2] 杜文堂. 断层防水煤柱可靠度分析[J]. 煤田地质与勘探, 2001, 29(1): 34-36.
- [3] 朱传峰. 巨厚松散层下采煤防砂煤岩柱留设的实践[J]. 煤田地质与勘探, 2006, 34(1): 19-21.
- [4] 陈佩佩, 许延春, 王恩志, 等. 玉舍河下煤层开采安全性分析[J]. 煤田地质与勘探, 2007, 35(4): 46-49.
- [5] 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[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2000.
- [6] 徐永圻. 煤矿开采学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2008.