

辽宁三台子水库下特厚煤层综放开采覆岩破坏特征

冯国财¹, 李强², 孟令辉³

(1. 辽宁经济职业技术学院 科研处, 辽宁 沈阳 110122; 2. 沈阳煤炭科学研究所 采矿室, 辽宁 沈阳 110015;
3. 铁煤集团公司 大平煤矿, 辽宁 沈阳 112600)

摘要:为确保水库下特厚煤层综放开采安全,合理留设防水安全煤岩柱,大平煤矿采用钻孔冲洗液耗失量法对覆岩破坏进行了观测研究。经对7个工作面测站12个覆岩破坏观测钻孔实测资料分析研究得出:煤层采出厚度7.54~15.17m,工作面推过36~40d,滞后工作面距离110~120m时覆岩破坏发育最充分。实测导水裂缝带高度为采高的15.31~19.97倍,明显大于类似软弱覆岩地层条件普通长壁全陷法开采覆岩破坏导水裂缝带发育高度。导水裂缝带上方,明显有集中发育的离层破碎带存在,实测离层破碎带高度为181.58~390.75m,是采高的24.22~36.00倍。

关键词:特厚煤层;综放开采;覆岩破坏;冲洗液耗失量;防水煤岩柱

文章编号:1003-8035(2012)04-0076-05

中图分类号:TD823.25+4

文献标识码:A

0 引言

铁法煤业(集团)有限责任公司大平煤矿地处沈阳市康平县境内。井田南北长8.7km,东西宽3.6km,面积约28.57km²,保有工业储量2.68亿吨。三台子水库处于井田中部,面积13.6km²。库下压煤工业储量 1.33×10^8 t。

三台子水库下煤层赋存稳定。煤层埋深250~600m,厚度10~16m,倾角6°~8°。2005年以来,矿井采用综放采煤方法,已连续在库下安全回采了N1S1、S2S2、S2N1、N1S2和S2S9等5个工作面,累计采出煤炭 2417×10^4 t。

采动裂隙是沟通地面水体的重要通道。留设足够厚度防水煤岩柱,是防止采动裂隙导水的有效措施。国内外现有海、湖、河流等地面大型水体下采煤成功实例及相关技术规定,均仅限于薄及中厚煤层单一长壁开采,以及厚及特厚煤层分层开采^[1-4]。国家现行《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》规定:防水安全煤岩柱垂高应大于或等于导水裂缝带的最大高度加上保护层厚度,即 $H_{sh} \geq H_{li} + H_b$ (式中 H_{sh} 为防水安全煤岩柱厚度, H_{li} 为导水裂缝带最大高度, H_b 为保护层厚度)。但建议采用的导水裂缝带高度计算公式及保护层厚度选取方法均明确注明不适合综放开采^[5-6]。

特厚煤层综放开采,覆岩破坏严重。在没有可借鉴的成功实例和成熟经验情况下,为确保水库下采煤安全,大平煤矿采用钻孔冲洗液耗失量法在多个工作

面开展了覆岩破坏观测,获取了大量的实测数据^[7-9]。分析特厚煤层综放开采覆岩破坏特征、规律,对于指导矿井水库下压煤安全开采,丰富综放开采覆岩破坏理论^[10-11]具有重要的意义。

1 地层结构及岩性特征

大平煤矿开采隐蔽型康平煤田(即三台子煤田)。井田位于煤田西南,前震旦系变质岩系构成煤田之基底,白垩系含煤地层直接不整合于老地层之上,再上为第四系。

白垩系地层由建昌组、三台子组和孙家湾组组成。三台子组分底部砾岩段、砂岩段、含煤段、油页岩段及泥岩段。含煤段由煤层、炭质页岩、黑色泥岩、油页岩及粉砂岩组成,厚度2.22~44.77m。油页岩段厚度2.1~36.9m,以黑褐色油页岩为主,夹黑色泥岩、粉砂岩、泥灰岩及菱铁矿透镜体。泥岩段底部以黑色泥岩为主,夹有深灰色粉砂岩,厚1.22~38.7m;上部层厚2.41~75.4m,以灰绿色、黑色泥岩为主,夹有粉砂岩、细砂岩,泥岩质软易碎,遇水膨胀。孙家湾组底部为灰绿色砂泥岩段,厚度2.3~89.1m,以灰绿色粉砂岩、细砂岩为主,夹泥岩、粗砂岩和砂砾岩,胶结物为泥质,松软易碎。上部紫红色砂岩段220.8~

收稿日期:2012-05-04;**修订日期:**2012-06-10

作者简介:冯国财(1964—),男,硕士,高级工程师。长期从事建筑物水体,铁路下压煤开采技术研究。

E-mail:feng_guocai@sina.com

660.2m,以紫红色粉砂岩、细砂岩为主,夹泥岩、粗砂岩及砂砾岩。

第四系地层厚 1~20m。上部由 0.20~0.50m 黑色腐植土组成,中部为 0.20~17.0m 灰黄色亚粘土,下部由 1.50~5.0m 黄色粗砂组成,底部含有砾石。

煤岩层强度普遍偏低,单轴抗压强度一般 3~5MPa,最大 15.5MPa。砂岩均为泥质胶结,成分以石英、长石为主。砂质砾岩、粗砂岩胶结程度低、松散破碎。泥岩、粘土岩成分主要为蒙脱石、伊利石,遇水膨胀。

2 测站条件及主要观测成果

大平煤矿开采库外 N1N1、N1N2、N1N4 工作面,库下 N1S1、S2S2、S2N1、N1S2、S2S9 工作面时,对覆岩破坏进行了建站观测。图 1 为工作面平面位置图 1,各工作面条件见表 1。总计实施 14 个观测孔,其中 2 个原岩对比孔,各测站钻孔位置(距回风顺槽距离、距开切眼距离)及主要观测成果见表 2。

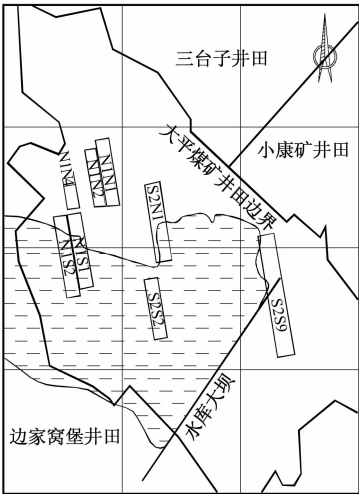


图 1 工作面测站平面位置图

Fig. 1 Layout plan of observation station

表 1 覆岩破坏观测站工作面主要参数

Table 1 Working faces' parameters of observation				
工作面	长度×宽度 (m×m)	平均采深 (m)	采高 (m)	倾角 (°)
N1N2	917×195	510	7.54	6~10
N1N4	348×207	430	11.4	7~8
N1S1	1255×227	430	12.42	7~8
S2N1	1322×257	600	7.98/9.68/11.54	5~9
N1S2	1392×227	390	15.17	5~9
S2S9	2042×280	680	9.35	5~9

表 2 覆岩破坏观测主要成果

Table 2 Important data of observations						
测站	钻孔位置		导水裂缝带高度		离层带高度	
	距回顺 (m)	距切眼 (m)	$H_{导}$ (m)	$H_{导}/M$	$H_{离}$ (m)	$H_{离}/M$
N1N2	20	340			185.08	24.55
	8	220			265.53	35.22
N1N4	80	210	227.70	19.97	181.58	24.22
	12	240	194.64	17.07		
N1S1	14	972	221.54	17.84	377.95	30.43
	134	967	197.21	15.88	388.46	31.28
	209	969	198.90	16.01		
S2N1	15	668			287.26	36.00
	15	804	148.23	15.31	337.58	34.87
	15	971	193.15	16.74	390.75	33.86
N1S2	15	1212	234.10	15.43		
S2S9	263	120	155.98	16.68	293.24	31.36

3 覆岩破坏特征

3.1 原岩地层钻进特征

N1S1 工作面原岩对比孔钻孔冲洗液耗失量普遍在 0.001~0.003L/m·s,平均 0.002L/m·s 左右。

白垩系风化带底部(深度约 70m)发育有破碎泥岩层。煤田勘探钻至该泥岩层时多漏水。原岩对比孔钻至深 212.3m 时,遇泥岩破碎带,钻孔冲洗液耗失量 0.19L/m·s。

3.2 导水裂缝带岩层破坏特征

导水裂缝带上段为断裂岩层,离层、裂缝发育,导水、透气。下段为垮落岩层,岩块呈无序堆积状态,空隙多。钻机钻进至裂缝带,钻孔冲洗液消耗量大,水位持续下降,钻进困难,有卡钻、掉钻现象,伴有风声,不返水。

根据 N1N4、N1S1 等 5 个观测站 9 个有效观测钻孔实测数据,煤层采出厚度 7.98~15.17m,导水裂缝带高度 148.23~234.10m,为采高的 15.31~19.97 倍。

类似软弱覆岩地层,普通长壁采煤法开采,覆岩破坏导水裂缝带高度一般为采高 9~12 倍^[12]。观测结果明显大于这一数值。根据实测观测数据整理分析,确定导水裂缝带最大高度与工作面采高的关系式为:

$$H_{导} = \frac{100M}{0.2M + 3.6} \pm 12.0$$

式中: $H_{导}$ ——导水裂缝带高度(m);

M ——煤层开采厚度(m)。

N1S1 工作面回风巷和中部观测孔,裂缝带岩层

平均钻孔冲洗液耗失量 0.50~0.71L/m·s, 为原岩的 250~350 倍。

3.3 弯曲变形带岩层破坏特征

导水裂缝带上方覆岩, 岩层以独立或成组的形式处于弯曲变形状态。在下位岩层(组)挠度大于上位岩层(组)挠度处, 两岩层(组)间发育有离层空间。裂隙发育, 强度低的岩层, 弯曲变形时将破裂、破碎。岩层离层、破碎, 取决于覆岩结构、岩性, 通常在弯曲变形带下段集中发育, 形成离层破碎带^[13]。

钻机钻进至离层、破碎岩层时, 会出现短时性漏失量大, 水位下降, 以及卡、掉钻等现象。但由于弯曲变形的岩层(组)内无贯通断裂裂缝, 经堵漏后, 一般均可正常钻进。

N1S1 工作面测站回风巷孔、中部孔、运输巷孔分别钻至深 64.5m、73.0m、80.0m 时, 遇白垩系风化带底部原岩破碎带, 冲洗液耗失量剧增。钻至弯曲带下段, 靠近裂缝带时, 离层破碎岩层增多。根据钻孔冲洗液耗失量、钻速等变化情况, 结合钻孔电测曲线岩性对比, 确定有 A、B、C、D、E、F 共 6 处离层破碎岩层, 岩性一般为泥岩、泥质粉砂岩, 上覆岩层多为砂质砾岩。其中, F 为原岩破碎带。

表 3 N1S1 测站离层破碎带漏点冲洗液耗失量

Table 3 Loss of drilling rinses of strata's loss site

编号	回顺孔		中部孔		运顺孔	
	深度 (m)	耗失量 (L/ms)	深度 (m)	耗失量 (L/ms)	深度 (m)	耗失量 (L/ms)
O	64.5	1.25	73.0	0.39	80.0	1.14
A			132.6	0.53		
B	162.4	0.76	171.5	0.41		
C	176.6	1.27	185.1	0.90	190.9	0.13
D	187.0	1.78	194.0	0.59		
E	196.0	1.93	204.1	0.10		
F			220.4	0.89	227.1	0.17

根据 N1N2、N1S1 等 5 个观测站 10 个有效观测钻孔数据, 煤层采出厚度 7.54~12.42m, 离层破坏带高度 181.58~390.75m, 为采高的 24.22~36.00 倍。图 2 为 N1S1 工作面覆岩破坏示意图。

N1S1 测站回风巷及中部孔, 离层破碎带岩层平均钻孔冲洗液耗失量 0.34~0.47L/m·s, 为原岩的 170~235 倍。图 3 为 5 月 1 日工作面推过 182m 后, EH-4 勘探线岩层电阻率剖面图。深度 164.85~205.22m 破碎岩段, 3 月 28 日钻进堵漏时, 22h 注入了 79.3m³ 水泥。逸散的充填堵漏材料, 在以钻孔为

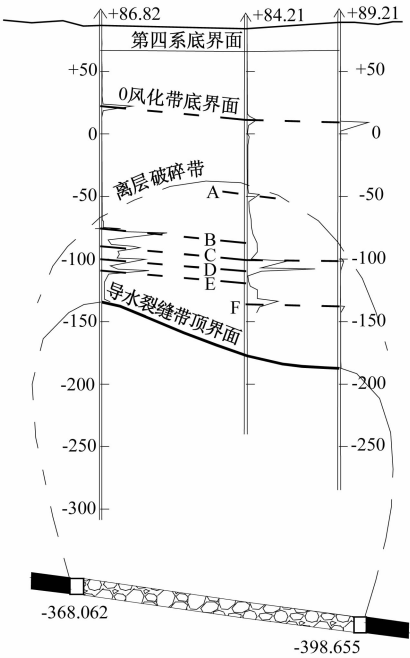


图 2 N1S1 工作面覆岩破坏示意图
Fig. 2 Overburden strata failure of N1S1

轴心两侧约 20m 范围, 形成高阻区。

3.4 覆岩破坏发展过程

工作面推进过程中, 上覆岩层变形破坏由下至上逐步发展。导水裂缝带在滞后工作面一定距离处发展到最大高度, 覆岩破坏达到最充分状态。随着远离工作面, 采空区开始逐渐压实, 空隙缩小、裂隙闭合。观测钻孔钻进时, 岩层漏失量减小, 导水裂缝带下降。覆岩破坏发展的时间与空间关系特征, 在大平煤矿软弱地层条件下, 表现明显^[13]。

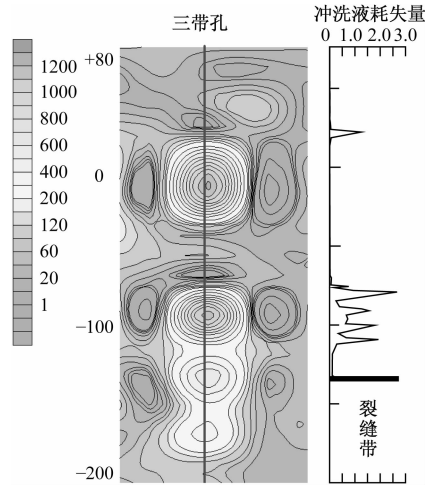


图 3 N1S1 测站回风巷钻孔漏点
Fig. 3 Loss site of the return air way of N1S1

N1S1 工作面测站回风巷观测孔较运输巷观测孔早开工 23d。钻至同一岩段,回风巷观测孔深度 162.4 ~ 220.9m 时,滞后工作面距离 110 ~ 116m;运输巷观测孔深度 177.5 ~ 232.1m 时,滞后工作面距离 172 ~ 178m。回风巷钻孔钻进时明显有 4 个离层破碎点,最大漏失量 1.78L/m·s;运输巷钻孔钻进时仅见 2 个漏点,最大漏失量 0.17L/m·s。该岩段钻进,回风巷孔冲洗液耗失量平均 0.82L/m·s,运输巷孔冲洗液耗失量平均 0.03L/m·s,相差 26 倍,见表 4。回风巷孔测得导水裂缝带发育高度 221.54m,为采高的 17.84 倍;运输巷孔测得导水裂缝带发育高度 198.895m,为采高的 16.01 倍。滞后工作面距离增加 62m,导水裂缝带高度下降 22.65m,与采高比下降 1.83。

表 4 N1S1 测站离层破碎带冲洗液耗失量
Table 4 Loss of drilling rinses of fracture area

观测孔	深度(m)	长度(m)	滞后距(m)	耗失量(L/ms)
回风巷	162.4 ~ 220.9	58.5	110 ~ 116	0.82
中部	171.5 ~ 227.1	55.6	120 ~ 126	0.65
运输巷	177.5 ~ 232.1	54.6	172 ~ 178	0.03

S2N1 工作面测站,距切眼 804m 观测孔在滞后工作面距离 75m 时,测得导水裂缝带发育高度 193.15m,为采高 11.54m 的 16.74 倍;距切眼 971m 观测孔在滞后工作面距离 175m 时,测得导水裂缝带发育 148.23m,为采高 9.68m 的 15.31 倍。滞后工作面距离增加 100m,导水裂缝带高度与采高比下降 1.41。

数据显示:工作面推进度平均 3m/d,即工作面推过 36 ~ 40d,滞后工作面距离 110 ~ 120m 前后,覆岩破坏最充分,导水裂缝带高度最大。图 4 为根据 N1S1、S2N1 等工作面测站回风巷、运输巷观测孔数据整理到的导水裂缝带发育高度与工作面关系图。

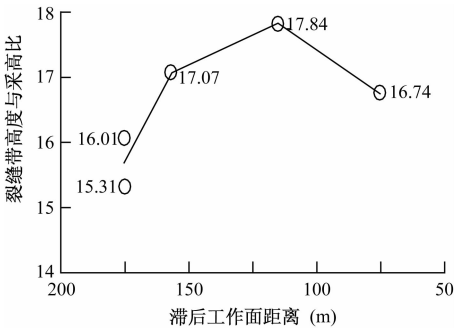


图 4 裂缝带高度与工作面位置关系
Fig. 4 Fractured zone with the working face

4 结论

(1) 与单一煤层普通长壁开采,以及厚及特厚煤层分层开采相比,特厚煤层综放开采一次采出厚度大,覆岩破坏严重。大平煤矿综放开采工作面采高 7.54 ~ 15.17m,实测导水裂缝带高度为采高的 15.31 ~ 19.97 倍。

(2) 特厚煤层综放开采,导水裂缝带上方离层破碎岩层集中发育。大平煤矿综放开采工作面实测离层破碎带发育高度为采高的 24.22 ~ 36.00 倍。

(3) 大平煤矿软弱地层,覆岩破坏时间过程明显。工作面推进度 3m/d,推过 36 ~ 40d,滞后工作面距离 110 ~ 120m 时,覆岩破坏最充分。

(4) 三台子水库下特厚煤层综放开采,可按照《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》规定方法留设防水安全煤岩柱,导水裂缝带高度按采高的 20 倍计算,保护层厚度按 6 倍采高选取。

参考文献:

[1] 康永华. 我国煤矿水体下安全采煤技术的发展及展望[J]. 华北科技学院学报, 2009, 6(4): 19-26.
KANG Yonghua. Development and prospect of safely mining under water in our country [J]. Journal of North China Institute of Science and Technology, 2009, 6(4): 19-26.

[2] 孟凡和. 龙口矿区海下采煤技术研究与实践[J]. 煤炭科学技术, 2006, 34(2): 19-22.
MENG Fanhe. Research and practice of mining technique under sea of Longkou mine [J]. Coal Science and Technology, 2006, 34(2): 19-22.

[3] 刘新河, 崔石磊, 赵俊楼, 等. 岳城水库下综放开采厚煤层的工程实践[J]. 中国煤炭, 2009, 35(10): 66-67.
LIU Xinhe, CUI Shilei, ZHAO Junlou, et al. Practice of fully-mechanized sublevel caving mining of thick coal seam under Yuecheng reservoir [J]. China Coal, 2009, 35(10): 66-67.

[4] 孙亚军, 徐智敏. 小浪底水库下采煤覆岩破坏综合探测技术研究[J]. 煤矿安全, 2008, 39(4): 21-24.
SUN Yajun, XU Zhimin. Research of synthesis detection technology of overburden rack failure of mining under Xiaolangdi reservoir [J]. Coal Mine Safety, 2008, 39(4): 21-24.

[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,

- 2000:225-231.
- State Bureau of Coal Industry. Buildings, water bodies, the railroad and the main laneway coal pillars' setting and the buried coal mining rules [M]. Bei Jing: Coal Industry Press, 2000:225-231.
- [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, 39(11):1-4.
- XU Yanchun, LIU Shiqi. Research of protective coal pillars setting method of fully-mechanized sublevel caving mining under water [J]. Coal Science and Technology, 2011, 39(11):1-4.
- [7] 李强, 孟令辉, 段克信. 大平煤矿水库下北一南一综放面覆岩破坏规律总结[J]. 矿山测量, 2011(01):72-75.
- LI Qiang, MENG Linghui, DUAN Kexin. Conclusion of overburden strata failure rules of N1S1 working face under reservoir in Daping Mine [J]. Mine Surveying, 2011(01):72-75.
- [8] 李强, 罗春喜, 陈荣德, 等. 大平煤矿五年水库下综放开采的实践和认识[J]. 矿山测量, 2011(02):33-36.
- LI Qiang, LUO Chunxi, Chen Rongde, et al. Practice of fully-mechanized sublevel caving mining under Wunian reservoir in Daping Mine [J]. Mine Surveying, 2011(02):33-36.
- [9] LI Qiang, Luo Chunxi, Meng Linghui. Explored the fully-mechanized caving mining of water flowing fractured zone [C] // The International Conference on Structures and Building Materials ICSBM2012, B3225: Hangzhou, 2012. 3.11:1253-1256.
- [10] 王家臣. 我国综采放顶煤技术及其深层次发展问题的探讨[J]. 煤炭科学技术, 2005, 33(1):14-17.
- WANG Jiachen. Discuss of our country's fully-mechanized caving mining technique and its further development [J]. Coal Science and Technology, 2005, 33(1):14-17.
- [11] 李玉民, 康永华, 高成春, 等. 我国水体下综放开采技术的应用及展望[J]. 煤炭科学技术, 2003, 31(12):1-4.
- LI Yumin, KANG Yonghua, GAO Chengchun, et al. Application and prospect of our country's fully-mechanized caving mining technique under water [J]. Coal Science and Technology, 2003, 31(12):1-4.
- [12] 何国清, 杨伦, 凌庚娣, 等. 矿山开采沉陷学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1991:312-316.
- HE Guoqing, YANG Lun, LING Gengdi, et al. Mining and subsidence [M]. XU Zhou: China University of Mining and Technology Press, 1991:312-316.
- [13] 张建全, 廖国华, 黄在文, 等. 综放开采条件下覆岩离层动态发育规律[J]. 北京科技大学学报, 2001, 23(6):492-494.
- ZHANG Jianquan, LIAO Guohua, HUANG Zaiwen, et al. Dynamic development rules of overburden strata's separation under fully-mechanized caving mining [J]. Journal of University of Science and Technology Beijing, 2001, 23(6):492-494.

Failure rules of overburden strata in fully-mechanized sublevel caving mining of specially thick coal seam of Daping mine

FENG Guo-Cai¹, LI Qiang², MENG Ling-Hui³

(1. Cadre College of Liaoning Economy Manage, Shenyang 110122, China; 2. Shenyang coal science institute Mining Lab, Shenyang 110015, China; 3. TieMei group company Daping Mine, Shenyang 112600, China)

Abstract: Overburden strata's failure was observed through measuring the loss of drilling rinses to protect the fully-mechanized sublevel caving mining of specially thick coal seam. Based on the data of the 12 drillings of 7 working face, concluded that the overburden strata's water flowing fractured zone fully developed after the working face had passed 36 ~ 40d while the lag working face distance was 110 ~ 120m under the situation that the mining thickness was 7.54 ~ 15.17m and the average moving speed was 3m/d. The height was 148.23 ~ 234.10m which was 15.31 ~ 19.97 times of the mining thickness. Overburden strata's separation and failure developed to become a band above the water flowing fractured zone. The height was 181.58 ~ 390.75m which was 24.22 ~ 36.00 times of the mining thickness.

Key words: specially thick coal seam; fully-mechanized sublevel caving mining; overburden strata's failure; loss of drilling rinses; waterproof coal rock pillar