

漳河水库下厚煤层综放开采技术研究

朱伟，滕永海

(煤炭科学研究院 唐山研究院，河北 唐山 063012)

摘要：为保障五阳煤矿7802工作面漳河水库下厚煤层综采放顶煤安全开采，研究综放开采导水裂缝带高度发育规律，探讨了综放采场覆岩结构破坏及采动渗透性间关系，计算了水库下综放开采安全所需防水煤柱高度，制定相应的防治水技术措施。结果表明：中至坚硬覆岩综放开采导水裂缝带发育高度基本与煤层一次采高成正比，比例系数为20.22；煤层顶板基岩厚度大于水库下安全开采所需煤柱高度；监测知井下工作面涌水与地表水体没有水力联系，实现水库下压煤安全开采。

关键词：水库下采煤；综放开采；导水裂缝带；防水煤柱

中图分类号：TD82 **文献标志码：**A **文章编号：**0253-2336(2012)09-0013-03

Study on Fully Mechanized Top Coal Caving Mining Technology of Thick Seam Under Zhanghe Reservoir

ZHU Wei, TENG Yong-hai

(Tangshan Research Institute, China Coal Research Institute, Tangshan 063012, China)

Abstract: In order to protect safety mining of No. 7802 fully mechanized top coal caving mining face of Wuyang Mine under Zhanghe reservoir, the paper studied the height development law of the water flow crack zone in the fully mechanized top coal caving mining, discussed the relationship between the overburden strata structure failure and the mining permeability of the fully mechanized top coal caving mining face, calculated the height of the waterproof safety pillar required for the fully mechanized top coal caving mining under the reservoir and set up the related waterproof and control technical measures. The results showed that the development height of the water flow crack zone in the medium and hard strata above the fully mechanized top coal caving mining face would be basically direct proportion to the one passing cutting height of the seam and the percentage coefficient was 20.22. The base rock thickness of the roof above the seam was higher than the height of the safety pillar required for the mining under the reservoir. The monitoring and nearing results showed that the water inrush in the coal mining face would have no relationship with the surface ground water and the high production and high efficient safety mining under the reservoir could be realized.

Key words: coal mining under reservoir; fully mechanized top coal caving mining; water flow fracture zone; waterproof coal pillar

我国煤矿区水体下压煤严重，其中包括大型河流、湖、海以及水库等，同时在华北、东北和华东等平原矿区普遍有第四系厚松散含水层富水丰富。据不完全统计，各类型水体下压煤资源约19.04亿t，极大地限制了煤炭生产企业的可持续发展。我国水体下采煤技术的研究与应用开始于20世纪50年代，至今已成功实现了许多大型水体下安全开采^[1-7]，取得了较大的经济和社会效益，缓解了矿

井生产接续紧张的局面。水体下采煤关系到煤矿安全生产，综采放顶煤开采工艺，一次采全高，推进速度快，开采强度高，必然导致煤层顶板覆岩破坏加剧，为水体下安全开采带来了较大隐患。

1 矿井概况

五阳煤矿是潞安矿区一座大型现代化矿井，目前生产能力已达到400万t/a，生产水平标高+600

收稿日期：2012-05-14；责任编辑：曾康生

基金项目：国家自然科学基金资助项目（51074089）；“十一五”国家科技支撑计划重点资助项目（2006BAC09B01）

作者简介：朱伟（1984—），男，山东微山人，工程师，硕士。Tel: 13903250170, E-mail: kevinzhu220@163.com

网络出版时间：2012-09-17 10:33:18；网络出版地址：http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20120917.1033.201209.13_004.html

引用格式：朱伟，滕永海. 漳河水库下厚煤层综放开采技术研究 [J]. 煤炭科学技术, 2012, 40 (9): 13-15, 67.

m。矿井采用立井水平大巷上下山开拓方式，开采二叠系下统山西组3号煤层，一般煤层厚为6~7m，煤层倾角6~8°，属稳定可采煤层，煤层结构简单。区内地表水系发育，主要河流为浊漳河西源，流量0.7~2.0 m³/s，在井田中部附近回旋汇流形成漳河水库。库区及河床第四系松散层较薄，大部分基岩直接出露。漳河水库位于7802工作面正上方，工作面与水库相对位置如图1所示。

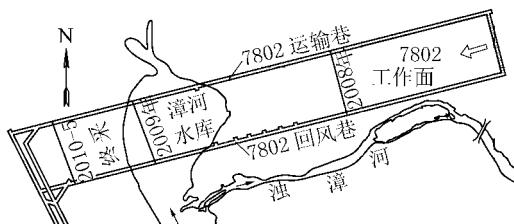


图1 7802工作面与漳河位置井上下对照

工作面采用综采放顶煤一次采全高采煤方法，采煤机割煤高度3m，剩余煤为放顶煤，割放比约1:1，全部垮落法管理顶板，平均推进速度8m/d。3号煤层顶板由泥岩、砂泥岩、粉砂岩和中细砂岩等交替组成，分析覆岩结构为中至坚硬类型。

2 覆岩结构破坏和采动渗透特性

众所周知，工作面开挖导致周围岩体应力状态发生变化并重新分布，应力分布直至达到新的平衡。通过岩石全应力-应变过程渗透性试验可以看出^[8]，岩石的渗透系数或渗透率与所处应变历史密切相关，即与围岩采动状态有关。

由于开挖卸载在采场上方一定范围内会出现拉应力集中并超过岩体抗拉强度，岩体内微裂隙扩展、贯通、断裂，没有规则地冒落堆积，形成垮落带，垮落带岩体具有很强的透水、透砂能力，该范围内含水层的水直接涌入工作面。根据拉伸区岩层承受拉应变的大小及岩层本身抗变形力学性能不同，其岩体渗透性能也分为明显的区域。当采动渗透性增加区域与导水构造贯通，增加了工作面突水的可能性。含水层的水则顺着采动裂隙或原生构造裂隙（渗流通道）向采空区汇流，形成以采空区为中心的水位降落漏斗，采动后上方岩层渗透性增加区域呈现明显的“马鞍型”。

3 综放覆岩破坏发育特征

采用现场实测、数值仿真等手段综合分析研

究^[9~10]，确定了该矿区特殊地层条件下导水裂隙带的发育高度。

3.1 现场实测

通过对工作面上方地表钻孔探测，采用简易水文观测，包括冲洗液消耗量、上下钻动水位、注水量等综合方法来判定导水裂隙带高度，图2为王庄煤矿6206综放工作面对应地面K₁与K₂钻孔探测两带高度典型水文观测曲线。

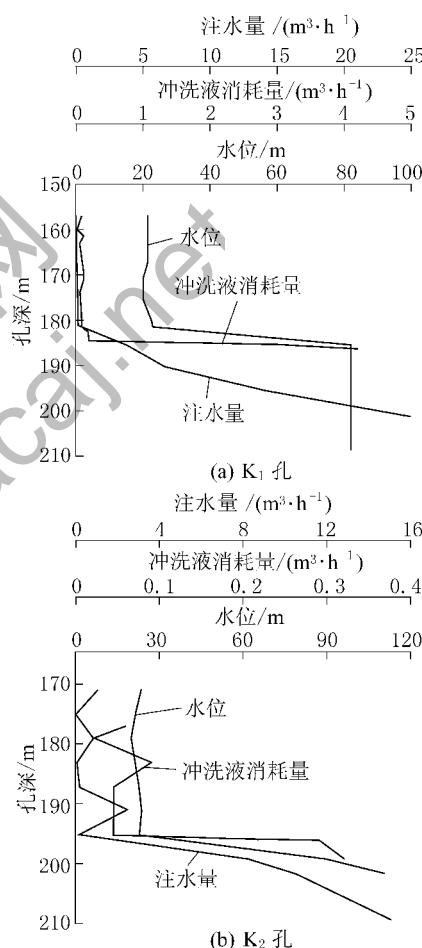


图2 导水裂隙带观测孔水文观测曲线

五阳煤矿分层综采及相邻王庄煤矿综采放顶煤开采3号厚煤层导水裂隙带高度实测结果见表1。

通过现场实测资料分析，综采放顶煤一次采全高导水裂隙带高度基本与煤层采高成正比，其比值为19.4~20.1，分层综采首分层工作面裂高采高比为20.3~23.4，综放一次采全高回采时工作面裂高采高比略小于分层综采时首分层工作面裂高采高比。

表1 导水裂缝带高度实测资料

煤矿	工作面	观测孔	采高/m	裂高/m	裂高采高比
五阳煤矿	7303 首分层	D ₁	3.10	65.4	21.1
		D ₂	3.20	74.8	23.4
		D ₃	2.95	59.9	20.3
	7305 首分层	D ₄	3.00	60.9	20.3
		D ₅	2.80	63.9	22.8
	7305 二分层	D ₆	2.90	70.0	11.8
王庄矿	6206 综放	D ₇	3.20	90.0	14.6
		D ₈	2.9	91.7	15.9
	K ₁	5.90	114.7	19.4	
6206 综放	K ₂	5.20	102.9	19.7	
	K ₃	5.70	114.8	20.1	

注: 7305 二分层工作面 D₆、D₇、D₈ 孔累计采高分别为 5.93、6.18、5.78 m。

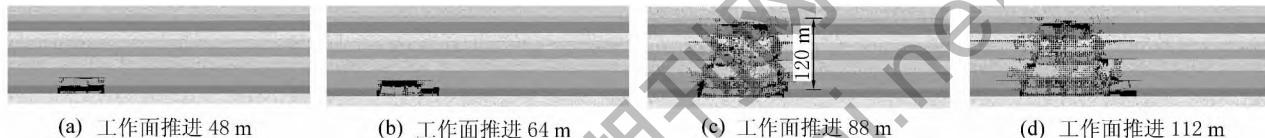


图3 覆岩破坏动态发育过程模拟结果

3.3 导水裂缝带发育高度

综采放顶煤一次采全高导水裂缝带高度基本与煤层采高成正比, 比值 19.4~20.1, 分层综采首分层工作面裂高采高比为 20.3~23.4, 具有相似性, 可以综合考虑。根据表 1 导水裂缝带高度实测资料, 回归出如下经验公式:

$$H_{li} = 20.22M/\sqrt{n} + 10 \quad (1)$$

其中: H_{li} 为煤层采后导水裂缝带高度; M 为累计采高; n 为开采分层数, 综放及分层综采首分层取 1, 综采二分层取 2。式(1)可用于预计潞安矿区 3 号厚煤层中至坚硬覆岩分层综采和综放一次采全高导水裂缝带发育最大高度。

4 水体下开采可靠性分析

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》规定, 7802 工作面地表漳河河床基岩直接出露, 基岩风化带发育较深, 其防水安全煤岩柱垂高 $H_{sh} = H_{li} + H_b + H_f = 199.3$ m, 其中: H_b 为保护层厚度, 综放开采条件下取 2~3 倍采高; H_f 为基岩风化带深度, 根据地质资料, 取 50 m。

综放一次采全高有效采高取 6 m 时, 其最大导水裂缝带高度约为 131.3 m, 河下开采所需防水安

3.2 数值模拟

通过平面应变模型模拟覆岩破坏垮落过程, 采用长壁式开采, 垮落法管理顶板, 采高为一次采全高 6 m, 回采速度为 8 m/d, 共开挖 15 步。模型边界条件为左、右侧水平方向位移约束, 底部为铅垂和水平方向位移约束, 上表面受松散层向下的均布载荷。计算模型第一步为岩体自重过程, 开挖从第二步开始。随工作面推进, 采空区上方覆岩运动动态发育部分过程如图 3 所示。

数值模拟得出其导水裂缝带发育最大高度为 120 m, 裂高采高比为 20。覆岩导水裂缝带随着工作面从开切眼向前推进不断向上位岩层发展, 随着采空空间不断增大, 裂缝带高度发育到某一岩层层位, 便趋于稳定。

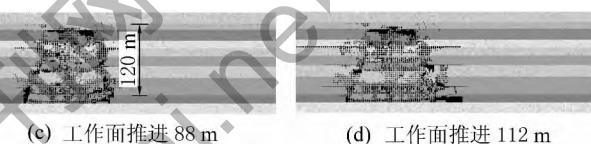


图3 覆岩破坏动态发育过程模拟结果

全煤岩柱高度约为 199.3 m, 7802 工作面 3 号煤层顶板上基岩柱最小厚度为 245 m, 在保护层上、风化带下尚有 45 m 岩柱仍保持其原始渗透性, 另外库底多年形成的淤泥层能起到一定阻隔水作用, 有效阻止地表水体下渗, 地表水不会进入井下工作面, 水库区不会发生渗漏影响, 7802 综放工作面充水仍以煤系顶板基岩裂隙水为主。

5 开采对库区环境影响评价

7802 工作面于 2008—2010 年 5 月实现了漳河水库大型水体下综采放顶煤安全开采。正水库下采煤时工作面涌水量为 30~40 m³/h, 与本矿区非水体下常规综放工作面涌水量基本一致。工作面开采前对相应采动对象均制定了监测措施, 主要包括水文观测(地表水、各含水层水位, 井下涌水量及水质)、覆岩破坏观测及地表移动变形观测等。基岩含水层水位变化监测结果显示, 处于导水裂缝带高度范围内含水层水位发生了较大的起伏变化。采动导水裂缝带未波及基岩风化带含水层。监测结果证实导水裂缝带高度预测是准确合理的, 第四系孔隙潜水含水层水位未受到采动疏降影响。水质分析结果对比表明, 漳河水库水质类型为 $\text{HCO}_3^- - \text{Na}^+ -$

(下转第 67 页)

火钻孔温度观测数据如图5所示。

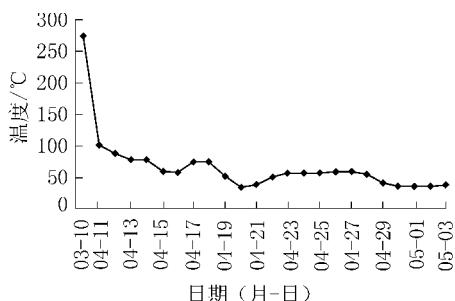


图5 治理后灭火钻孔温度变化趋势

5 结语

基于热电复合响应的火区发展区域探测技术和大空洞及松散高温区两相泡沫充填、煤岩较密实区水与三相泡沫交互降温和地表隔氧封堵相结合的综合灭火降温技术，特别适合于浅埋煤层地质资料不全、火区分布不清楚的废弃小煤矿煤炭自燃引发的大面积火区的治理，具有治理速度快、效率高、效果好的特点，可为我国山西、内蒙古等地区煤炭企业兼并重组后小煤矿引发火区的快速治理提供可供参考的新技术手段。随着火区埋藏深度的扩大，必然在火区治理过程中面临着更为复杂的环境和条件，针对其他类型的火区还需从探测与治理技术及其工艺上开展更为细致的研究，为提高我国煤矿自燃灾害的防治水平提供技术保障。

(上接第15页)

Ca^{2+} 型，井下工作面涌水水质为 $\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Na}^+$ 型，标型离子对比表明，工作面涌水与地表水没有发生水力联系。

6 结论

通过现场实测与数值模拟等手段综合研究了综采放顶煤条件下导水裂隙带发育规律，导水裂隙带高度基本与煤层采高成正比，裂高采高比与分层综采首分层裂高采高比略小，裂隙带高度与采高之比约为20.22。7802工作面漳河水库下实现了综采放顶煤安全开采，对相似条件下煤层开采工程具有参考意义。

参考文献：

- [1] 滕永海, 高德福, 朱伟, 等. 水体下采煤 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2012: 1-8.
- [2] 武雄, 于青春, 汪小刚, 等. 地表水体下煤炭资源开采研

参考文献：

- [1] 熊盛青, 陈斌, 于长春, 等. 地下煤层自燃遥感与地球物理探测技术 [M]. 北京: 地质出版社, 2006.
- [2] Mishra R K, Bahuguna P P, Singh V K. Detection of Coal Mine Fire in Jharia Coal Field Using Landsat - 7 ETM + data [J]. International Journal of Coal Geology, 2011, 86 (1): 73-78.
- [3] 阎述, 陈明生. 高分辨地电阻率法探测地下洞体 [M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [4] 张建民. 中国地下煤火研究与治理 [M]. 北京: 中国煤炭工业出版社, 2008.
- [5] 宁靖, 张建民, 宁书年. 磁导成像方法研究及在宁夏汝箕沟煤田火区探测中的应用 [J]. 煤炭学报, 2001, 26 (3): 225-229.
- [6] 王德明. 矿井火灾学 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2008.
- [7] 中煤平朔集团有限公司. 浅埋藏煤层煤火发展区域探测及快速治理关键技术及应用 [R]. 茑州: 中煤平朔集团有限公司, 2011.
- [8] 曾昭发, 刘四新, 冯晅, 等. 探地雷达原理与应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2010.
- [9] 薛建, 曾昭发, 王者江, 等. 探地雷达在城市地铁沿线空洞探测中的技术方法 [J]. 物探与化探, 2010, 34 (5): 617-621.
- [10] 杨峰, 彭苏萍, 冯正和, 等. 基于谱剖面技术的路基病害地质雷达探测方法研究 [J]. 公路交通科技, 2007, 24 (5): 6-9.
- [11] 王德明. 矿井防灭火新技术: 三相泡沫 [J]. 煤矿安全, 2004, 35 (4): 16-18.

究 [J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25 (5): 1030-1035.

- [3] 《淮南矿区三下一上采煤试验成果汇编》编委会. 淮南矿区水体下采煤试验研究成果汇编 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2002: 5-15.
- [4] 疏升开. 微山湖下采煤的试验与研究 [J]. 煤炭科学技术, 1992, 20 (7): 44-49.
- [5] 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): 19-21.
- [6] 王献辉, 李强, 冯国才, 等. 大平煤矿水库下首采面综放开采安全分析 [J]. 煤炭科学技术, 2005, 33 (10): 32-34.
- [7] 孙亚军, 徐智敏, 董青红. 小浪底水库下采煤导水裂隙发育监测与模拟研究 [J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 28 (2): 238-245.
- [8] 赵连涛, 于旭磊, 刘启蒙, 等. 煤层底板岩石全应力-应变渗透性试验 [J]. 煤田地质与勘探, 2006, 34 (6): 37-40.
- [9] 刘伟韬, 武强, 李献忠, 等. 覆岩裂隙带发育高度的实测与数值仿真方法研究 [J]. 煤炭工程, 2005 (11): 55-58.
- [10] 杨建立, 滕永海. 综采放顶煤导水裂隙带发育规律分析 [J]. 煤炭科学技术, 2009, 37 (12): 100-102.