

# Study on the Height of Water-Flowing Fractured Zone in 1801 Working Face of Wulunshan Coal Mine

Bo Tian<sup>1</sup>, Wenjie Zhai<sup>1</sup>, Xianzhong You<sup>1</sup>, Xin Yin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Guizhou Wulunshan Coal Co., Ltd., Bijie Guizhou

<sup>2</sup>School of Mining, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Email: tianbo668549@163.com

Received: Jul. 24<sup>th</sup>, 2017; accepted: Aug. 6<sup>th</sup>, 2017; published: Aug. 14<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

In order to strengthen water-flowing fractured zone distribution research in 1801 fully mechanized working face of Wulunshan coal mine, the method of combination of field measurement was carried out. Through theoretical and measured method, the height of caving zone of Wulunshan is about 9 m. And the height of fracture zone is about 26 - 35 m. So the height of water-flowing fractured zone of Wulunshan coal mine is about 35 - 44 m. The research results about height of water-flowing fracture zone of Wulunshan coal mine provide theoretical support and guidance on the safety production of the fully mechanized mining face.

## Keywords

Fully Mechanized Coal Mining Face, Borehole TV, Water-Flowing Fracture Zone, Caving Zone, Fracture Zone

---

# 五轮山煤矿导水裂隙带发育高度研究

田 波<sup>1</sup>, 翟文杰<sup>1</sup>, 游先中<sup>1</sup>, 尹 鑫<sup>2</sup>

<sup>1</sup>贵州五轮山煤业有限公司, 贵州 毕节

<sup>2</sup>贵州大学矿业学院, 贵州 贵阳

Email: tianbo668549@163.com

收稿日期: 2017年7月24日; 录用日期: 2017年8月6日; 发布日期: 2017年8月14日

## 摘要

为了加强对综采工作面采空区导水裂隙带发育高度的研究,以五轮山煤矿1801综采工作面为例,采取现场实测与理论计算相结合的方法进行了研究。通过规程方法计算和钻孔电视探测得出了该综放工作面的导水裂隙带发育高度。最终确定五轮山煤矿8号煤开采后的冒落带高度为9 m左右,8.07 m细砂岩为关键层,关键层之上的岩层将产生离层裂隙,裂隙带最大高度为26~35 m左右,导水裂隙带高度约35~44 m。本文成果为8煤开采工作面的安全生产提供了理论支持和技术指导。

## 关键词

综采工作面, 钻孔电视, 导水裂隙带, 冒落带, 裂隙带

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 前言

煤岩体裂隙是流体运移、渗透的主要通道,随着回采工作面的推进,采动覆岩发生有规律的冒落、断裂、下沉,形成冒落带、裂隙带及弯曲下沉带(以下简称导水裂隙带)。导水裂隙带的准确划分,特别是冒落带、裂隙带范围(合称导水裂隙带)的确定,是确定开采上限、瓦斯高位钻孔终孔层位、采煤工艺及参数的基础性工作[1] [2] [3]。以煤炭科学研究总院刘天泉为代表的一批学者经过几十年的理论研究、实验和推广应用,得到了计算导水裂隙带发育高度的经验公式,对影响导水高度发育的因素及导水高度发育的过程也有较深入研究[4]。王金庄等[5]研究了连续大面积开采条件下托板控制岩层变形模型;姜福兴[6]提出了“岩层质量指数”;高延法提出了岩移“四带”模型等,对解释和计算导水裂隙带的形状和高度都有重要意义。但由于地质环境条件及岩(土)体结构的复杂性,过去的研究还存在较大的局限性。总体上看,导水裂隙带高度的研究,至今仍处在理论探索和经验应用水平。

近几十年来,在采动覆岩的裂隙发育及破断规律方面,国内外学者进行了大量的研究,主要包括现场探测和理论分析两方面。现场探测具有真实、可靠的优点,但其周期长、工作量大、成本高,且难以抓住主要因素进行机理分析;经验公式与理论分析简单易行,但由于很多复杂的地质因素被概化或忽略,复杂地质条件下的工程问题误差较大,且不能模拟覆岩的动态变形过程,如施龙青、刘洪涛、张玉军研究了煤层开采后三带覆岩破坏高度及裂隙发育规律特征[7] [8] [9]。陈爱和、涂敏等人将相似模拟试验与数值模拟相结合,研究不同采动条件下顶板垮落带及导水断裂带高度[10] [11] [12] [13]。以往对导水裂隙带高度的研究中,采用钻孔电视探测往往是针对地面钻孔开展的,利用井下仰角钻孔进行电视探测的不多。本文应用理论计算和井下钻孔窥视方法现场探测研究五轮山煤矿1801首采工作面的裂隙发育规律及进行导水裂隙带高度研究。

## 2. 矿井概况

五轮山井田位于贵州省西北部毕节地区纳雍县境内,开发的是坐拱勘探区,属曙光、百兴、张维、中岭等乡镇管辖。贵州五轮山煤业有限公司五轮山煤矿是由兖矿贵州能化有限公司控股的煤矿,设计规

模 240 万 t/a。根据《地质报告》和《煤层瓦斯基本参数的测定研究报告》，8 煤瓦斯含量最高为 17.3 m<sup>3</sup>/t，最低为 11.4 m<sup>3</sup>/t，8 煤瓦斯含量较高；8 煤煤层透气性差，测试的瓦斯抽采半径为 1.5 m；8 煤最高压力 1.15 MPa，瓦斯压力较大；首采区、首采煤层和首采工作面地质构造复杂。可见，8 煤的瓦斯灾害比较严重，又是矿井的首采煤层，1801 工作面又是首采工作面，对顶板裂隙发育规律、瓦斯涌出规律和工作面矿山压力规律还不清楚。因此，需要对 8 煤顶板的裂隙进行研究，观测裂隙带的发育程度及导水裂隙带高度的划分，为顶板抽采瓦斯提供基础数据，优化 8 煤开采的瓦斯抽采系统，实现对瓦斯的立体抽采，保证 1801 首采工作面安全高效回采。

### 3. 采动裂隙带动态演化影响因素[14]

#### 1) 煤层厚度

采场导水裂隙带高度和采动裂隙带的演化高度直接受开采煤层厚度的影响[15]，垮落带的范围将随着开采煤层厚度的加大而增大，当小采高时，关键层在采动过程中形成砌体梁结构，但是在采高时，关键层可能会成为垮落带的一部分，从而增大了初始梯形台高度。

#### 2) 覆岩岩性

大量研究表明，采动裂隙带三维裂隙的空间结构发育形态很大程度上是受岩层岩性的影响[16] [17] [18]。在其它条件不变的情况下，上覆岩层越软弱，裂隙带的高度就较低，相应的覆岩空间结构演化高度就越小；反之，上覆岩层越坚硬，裂隙带发育的高度就越高，相应的覆岩空间结构演化高度就越大。

#### 3) 煤岩层倾角

煤层的倾角较大时，煤层被开采后上覆岩层会沿垂直于层面法向弯曲移动和沿层面向下滑移移动，当变形和强度超过其所承受的阈值时，岩层就会发生垮断现象，但是在空间分布上又区别于水平煤层及其缓倾斜煤层的空间分布。其空间主要表现在空间结构高度沿工作面倾斜方向呈上端大、下端小的变化趋势。

#### 4) 工作面几何参数

采空区有两个方向的长度，即工作面走向长度和工作面斜长。工作面斜长一般是采空区短边，以往的研究表明：采空区短边长度控制着采动覆岩空间结构的演化高度。一般情况下，当工作面倾斜长度一定时，走向长度对其裂隙带高度有控制作用，当走向与倾斜长度相同时，其破坏高度达到最大，以后则受采空区短边跨度所控制，高度增加不大。

研究上覆岩层裂隙发育及其瓦斯运移规律，不仅能够对于矿井防治水工作提供指导作用，同时能够促进瓦斯有效抽采治理。同时防止矿井水灾及其瓦斯灾害的发生，不仅取得了客观的经济效益，同时还促进了煤矿开采行业的良性发展[19] [20]。

### 4. 现场施工与观测参数理论计算

冒落带是指工作面回采后引起的煤层上覆岩体完全垮落的那部分岩层，该层岩石具有不规则性、碎胀性和密实度差的特征，将影响裂隙带发育。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》，对于顶板较软的缓倾斜煤层：

$$Hm = \frac{M - W}{(K - 1) \cos \alpha} \quad (3-1)$$

式中： $Hm$ ——沿煤层法线方向的冒落带高度，m；

$M$ ——煤层开采厚度，m，这里取 1.8 m；

$W$ ——冒落过程中顶板的下沉值，m，这里取 0 m，以求得可能最大冒落高度；

$k$ ——冒落岩石碎胀系数，这里取 1.2；  
 $\alpha$ ——煤层倾角°，这里取平均煤层倾角 15°。  
 计算[21] [22] [23]得冒落带高度为 9.3 m。

$$Hx = 20\sqrt{M} + 10 \tag{3-2}$$

$Hx$ ——沿煤层法线方向的裂隙带高度，m。计算得裂隙带高度为 35.3 m。

### 5. 观测钻孔施工设计

导水裂隙带观测钻孔施工目的是为了对 1801 首采面采空区上方的冒落带和裂隙带的情况进行观察。综合考虑 1801 工作面现有巷道以及钻孔附近完整性和《规程》中所推荐的覆岩裂隙发育高度经验公式计算结果，计冒落带高度为 12 m，裂隙带高度为 47 m，均大于理论计算和数值模拟值。考虑到现场施工条件和导水裂隙带“马鞍形”的特点，选择原 1801 运输顺槽 5#钻场作为施工地点，根据上述参数做出井下钻孔布置示意图，钻孔布置情况如图 1、图 2 所示，施工参数见表 1 导水裂隙带观测钻孔设计参数。

### 6. 观测结果及分析

现场施工了 1#、2#、3#钻孔并进行了观测，3#钻孔原本作为 2#钻孔的备用钻孔，由于钻孔清理欠干净，影响了视频效果，为相互验证也进行了施工观测。不同标志地点的视频数据见图 3、图 4、图 5 钻孔电视探测摄像图。

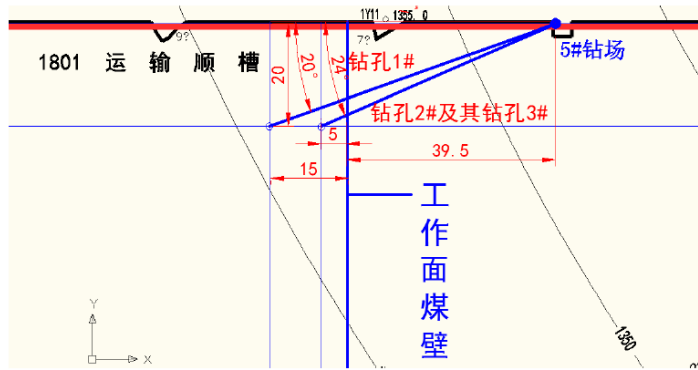


Figure 1. Ichnography for observing height of water-flowing fractured zone  
 图 1. 导水裂隙带高度观测平面图

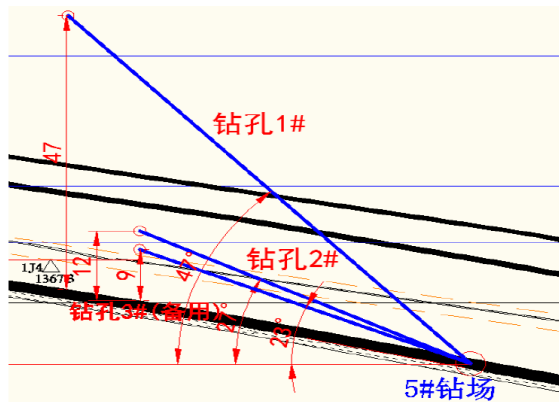
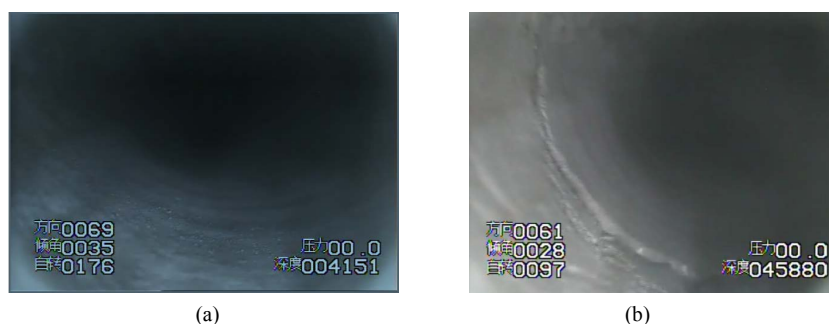


Figure 2. Profile map for observing height of water-flowing fractured zone  
 图 2. 导水裂隙带高度观测剖面图

**Table 1.** Design parameters of water-flowing fractured zone**表 1.** 导水裂隙带观测钻孔设计参数

钻孔	与巷道中心 线夹角(°)	倾角 (°)	设计长度 (m)	开孔高度 (m)	开孔直径 (mm)	开孔长度 (m)	终孔直径 (mm)
1#裂隙带观测孔	左偏20	47	84	1.5	75	1	75
2#冒落带观测孔	左偏24	27	55	1	75	1	75
3#冒落带观测孔(备用)	左偏24	23	53	1	75	1	75

**Figure 3.** 1# borehole TV camera. (a) 1# borehole is not affected by mining area; (b) 1# fracture zone (45 m)**图 3.** 1#钻孔电视探测摄像图。(a) 1#钻孔未受采动影响区; (b) 1#钻孔裂隙发育区 (45 m)**Figure 4.** 2# borehole TV camera. (a) 2# is not affected by mining area (18.4 m); (b) 2# affected by mining area (35.2 m)**图 4.** 2#钻孔电视探测摄像图。(a) 2#未受采动影响区(18.4 m); (b) 2#受采动影响区 (35.2 m)**Figure 5.** 3# borehole TV camera. (a) 3# borehole was not affected by mining area (2.8 m); (b) 3# drilling area (25.2 m)**图 5.** 3#钻孔电视探测摄像图。(a) 3#钻孔未受采动影响区(2.8 m); (b) 3#钻孔冒落区(25.2 m)

1#钻孔设计倾角 $47^{\circ}$ ，设计长度84 m，实际施工角度 $25^{\circ}\sim 36^{\circ}$ ，平均 $30^{\circ}$ ，施工深度61.6 m。1#钻孔未见冒落区，深度为45 m时见裂隙，此点离8号煤层22 m左右。深度为52 m时仍见裂隙，此点离8号煤层26 m左右，岩层破坏特征如图3所示。

2#钻孔设计倾角 $27^{\circ}$ ，设计长度55 m，实际施工角度 $18^{\circ}\sim 26^{\circ}$ ，平均 $22^{\circ}$ ，观测深度44.8 m。施工中，钻孔深度37.2 m时仍未见冒落带。由于施工中，钻孔未能将煤岩碴清理干净，导致摄像头在深度37.2 m后无法正常工作，观测至44.8 m时放弃观测，岩层破坏特征如图4所示。

3#钻孔设计倾角 $23^{\circ}$ ，设计长度53 m，实际施工角度 $18^{\circ}\sim 22^{\circ}$ ，平均 $20^{\circ}$ ，施工深度25.2 m。钻孔深度18 m时，岩层受采动影响，岩层产生裂隙，并逐渐发育。钻孔深度23 m时，加上开孔高度1 m，此点离8煤底板高度为9 m左右，钻孔进入冒落区。后因钻孔施工困难，钻孔深度25.2 m停止了钻孔施工。并可见，离冒落带越近，裂隙越发育。岩层破坏特征如图5所示。

## 7. 结论

1) 采动前岩石的裂隙发育比较少，只有少量的原岩裂隙，采动后裂隙发育较明显，通过实测的钻孔电视图像可以明显辨别；对于实测观察的上覆岩层的观测数据，所研究的区域范围较小，不能够涵盖整个工作面范围，但是在工程实践中能够起到一定的指导作用。

2) 经过实际观测，并结合理论分析结果，确定采动后冒落带的发育高度为9 m左右，能够为高位钻孔的设计提供依据。离8煤底板22~26 m处，可观测到裂隙发育，说明采动裂隙发育已超过26 m。

3) 8煤与6-4下煤层间距为26.3 m，8煤与6-4上煤层间距为31.3 m，8煤与6-3煤层间距为33 m，8煤与6-2煤层间距为35 m，6-4下煤层下为冒落带和裂隙带，具有良好的瓦斯运移通道，所以8煤开采后6-4下煤、6-4上煤、6-3煤、6-2煤的瓦斯将大量涌入1801工作面。

## 参考文献 (References)

- [1] 张军, 王建鹏. 采动覆岩“三带”高度相似模拟及实证研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2014, 31(2): 249-254.
- [2] 刘三钧, 林柏泉, 高杰, 等. 远距离下保护层开采上覆煤层裂隙变形相似模拟[J]. 采矿与安全工程学报, 2011, 28(1): 51-56.
- [3] 张平松, 胡雄武, 刘盛东. 采煤面覆岩破坏动态测试模拟研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2011, 30(1): 78-83.
- [4] 刘天泉. 矿山岩体采动影响与控制工程学及其应用[J]. 煤炭学报, 1995, 20(1): 1-5.
- [5] 王金庄, 康建荣, 吴立新. 煤矿覆岩离层注浆减缓地表沉降机制与应用探讨[J]. 中国矿业大学学报, 1999, 28(4): 331-334.
- [6] 姜福兴. 岩层质量指数及其应用[J]. 岩石力学与工程学报, 1994, 13(3): 270-278.
- [7] 施龙青, 辛恒奇, 翟培合. 大采深条件下导水裂隙带高度计算研究[J]. 中国矿业大学学报, 2012, 41(1): 37-41.
- [8] 刘洪涛, 马念杰, 李季, 等. 顶板浅部裂隙通道演化规律与分布特征[J]. 煤炭学报, 2012, 39(9): 1451-1455.
- [9] 张玉军, 李凤明. 高强度综放开采采动覆岩破坏高度及裂隙发育演化监测分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2011, 30(增刊1): 2994-2301.
- [10] 陈爱和. 综采工作面覆岩破断规律试验及高位钻孔参数优化[J]. 矿业安全与环保, 2014, 41(5): 47-50.
- [11] 涂敏, 张向阳, 张华磊. 下保护层开采对上覆煤巷的动态影响及控制研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2008, 25(4): 426-429.
- [12] 涂敏, 缪协兴, 黄乃斌. 远程下保护层开采被保护煤层变形规律研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2006, 23(3): 253-257.
- [13] 涂敏, 桂和荣, 李明好, 等. 厚松散层及超薄覆岩厚煤层防水煤柱开采试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(20): 3494-3497.
- [14] 林海飞, 李树刚, 成连华, 等. 覆岩采动裂隙带动态演化模型的实验分析[J]. 采矿与安全工程学报, 2011, 28(2): 298-303.

- [15] 钱鸣高, 石平五. 矿山压力与岩层控制[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.
- [16] 尹增德. 采动覆岩破坏特征及其应用研究[D]. [博士学位论文]. 济南: 山东科技大学资源与环境工程学院, 2007.
- [17] 刘纯贵. 马脊梁煤矿浅埋煤层开采覆岩活动规律的相似模拟[J]. 煤炭学报, 2011, 36(1): 7-11.
- [18] 冯增朝, 赵阳升. 岩体裂隙尺度对其变形与破坏的控制作用[J]. 岩石力学与工程学报, 2008, 27(1): 78-83.
- [19] 钱鸣高, 许家林, 缪协兴. 煤矿绿色开采技术[J]. 中国矿业大学学报, 2003, 32(4): 343-347.
- [20] 李树刚, 钱鸣高. 我国煤层与甲烷安全共采技术的可行性[J]. 科技导报, 2000, 18(6): 39-41.
- [21] 王双美. 导水裂隙带高度研究方法概述[J]. 水文地质工程地质, 2006, 33(5): 126-127.
- [22] 鲁海峰, 姚多喜, 许明能. 祁东煤矿 3224 工作面开采“两带”高度发育特征的数值模拟[J]. 煤矿安全, 2007, 38(8): 10-14.
- [23] 徐智敏, 孙亚军. 水库下采煤导水裂隙带高度预测[J]. 中国矿业, 2008, 17(3): 96-99.

**期刊投稿者将享受如下服务:**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [me@hanspub.org](mailto:me@hanspub.org)