

# 基于关键层位置的覆岩导水裂隙带高度预计方法

张允强 刘强 李金龙  
陕西正通煤业有限责任公司  
DOI:10.32629/gmsm.v3i2.609

**[摘要]** 预计覆岩导水裂隙带高度是指导矿井生产的重要依据,对矿井安全生产意义极大,本文以高家堡煤矿覆岩导水裂隙带高度预计为例,分析了顶板水导水通道,采动裂隙发育高度计算方法,进行了大量试验,最后提出了基于关键层位置的覆岩导水裂隙带高度预计方法的实践与应用。

**[关键词]** 顶板; 导水裂隙带; 预计方法

### 引言

预计覆岩导水裂隙带高度是指导矿井生产的重要依据,对矿井安全生产意义极大,煤层在开采后煤层顶板形成“冒落带、裂隙带、弯曲下沉带”,“冒落带、裂隙带”合称导水裂隙带,导水裂隙带与上覆岩层含水层导通后,可以使承压含水层和煤层发生水力联系,使采矿活动受到水害威胁。为了准确预计覆岩导水裂隙带高度,精确控制采煤高度,上覆岩层渗水带来的危害,本文通过对高家堡煤矿洛河组含水层的地质条件分析,结合各种因素分析,队矿井覆岩导水裂隙带高度进行预计。

### 1 基于关键层位置的覆岩导水裂隙带高度预计方法

目前,我国应用最为普遍的导水裂隙带高度预计方法为《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《规程》)中推荐的统计经验公式,它是在大量实测基础上统计得到计算顶板导水裂隙带高度的经验公式,它在一定程度上满足了我国煤矿水体下采煤设计的要求。但由于该经验公式将覆岩岩性采取了均化处理的方式,掩盖了关键层在覆岩破断运动中的控制作用,最终会导致一定条件下计算的覆岩导水裂隙发育高度与实际偏差很大,甚至会导致一些突水事故的发生。由此,本课题组首次提出了基于覆岩关键层位置的导水裂隙带高度预计新方法。

#### 1.1 关键层位置对导水裂隙发育高度的影响规律

现场实测与模拟实验研究发现,覆岩主关键层(覆岩最上部的关键层)位置影响顶板导水裂隙带高度,当主关键层距开采煤层距离较近并小于某一临界值时,主关键层破断裂隙会贯通成为导水裂隙,且受主关键层控制而同步破断的上覆岩层破断裂隙也会贯通成为导水裂隙,顶板导水裂隙带将发育至基岩顶部,导水裂隙带高度明显偏大。通过建立关键层位置与破断裂隙张开度计算模型,分析认为可以粗略按(7~10)M(M为煤层采厚)估算该临界高度。

当主关键层距煤层高度大于(7~10)M时,顶板导水裂隙带高度将受亚关键层位置的影响。也就是说,当亚关键层位置距煤层高度小于(7~10)M时,其破断裂隙会贯通成为导水裂隙,且受该亚关键层控制而同步破断的上覆岩层破断裂隙也会贯通成为导水裂隙,顶板导水裂隙带将发育至该亚关键层上覆邻近关键层底部。为了进一步说明上述观点,设计了2个对比模拟实验,两个模型的煤层采厚相同,模型中均有四层关键层,主关键层均在(7~10)M之外,亚关键层2在(7~10)M之内,亚关键层3虽然也处于(7~10)M之外,但是,两个模型中的亚关键层3位置距煤层的高度不同。

#### (1) 实验方案

模型 I 煤层采厚4m(参见图1-1a),亚关键层1位于煤层上方4m,厚度为2m;亚关键层2位于煤层上方18m处,厚度为4m;亚关键层3位于煤层上方45m

处,厚度为5m;主关键层位于煤层上方85m处,厚度为10m;模型顶部施加0.04MPa的均布载荷,等同于厚32m松散层的载荷。模型 II 与模型 I 的基本条件相同,不同之处在于亚关键层3位置距煤层高度由模型 I 的45m变为65m(见图1-1b)。

模拟实验采用长×宽×高为2.5m×0.2m×2.0m的平面应力模型架,选用的几何相似比为 $C_L=1:100$ ,容重相似比 $C_\gamma=1:1.6$ ,应力相似比 $C_\sigma=1:160$ 。根据相似理论确定各分层物理力学参数并进行材料的配比,物理模拟材料以河砂、云母做骨料,以碳酸钙和石膏做胶结料。

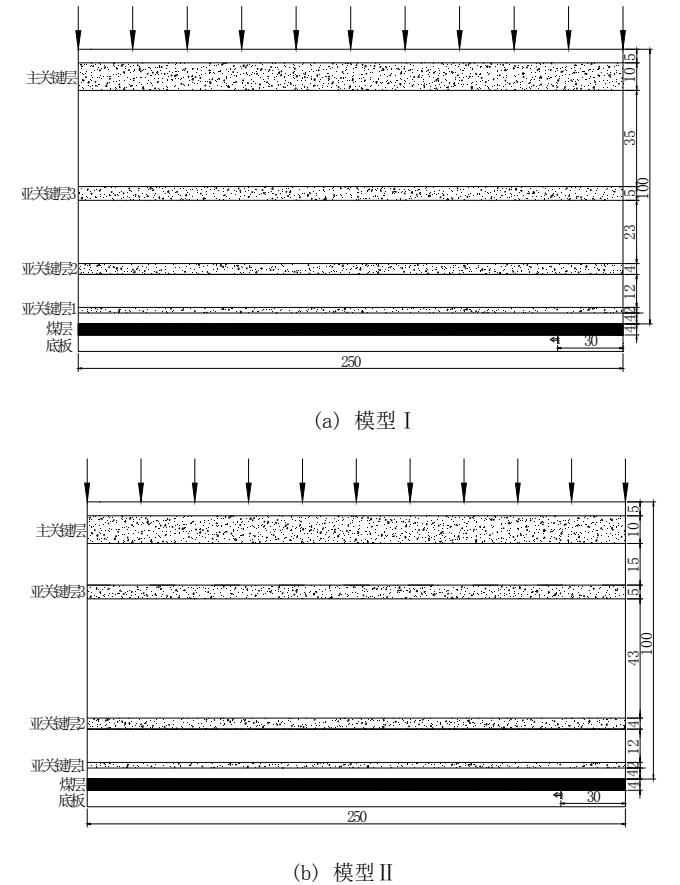
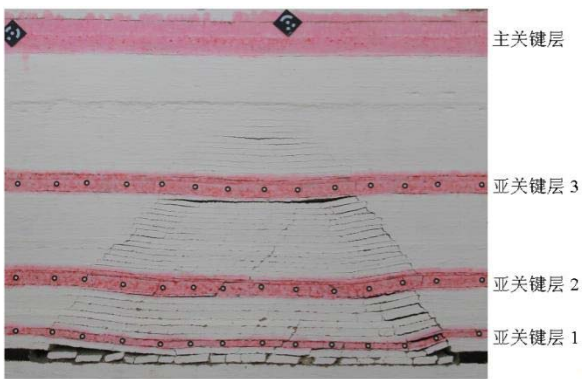
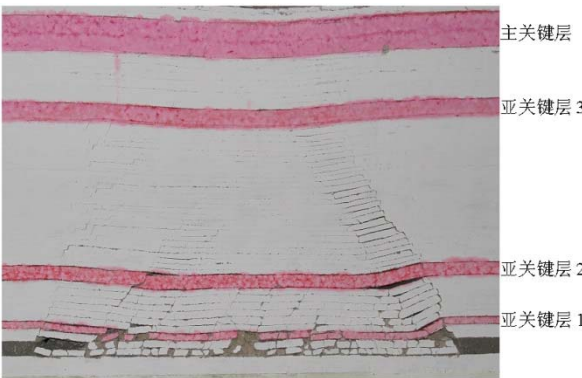


图1-1 关键层位置对导水裂隙带高度影响的物理模拟实验方案 (2) 实验结果

开挖过程中在模型两侧预留一定宽度的边界保护煤柱,煤层单次开挖步距为50mm,相当于实际每次5m的推进距。两个模型采后对应的覆岩采动裂隙发育情况如图1-2所示,图1-3为采动裂隙素描图。

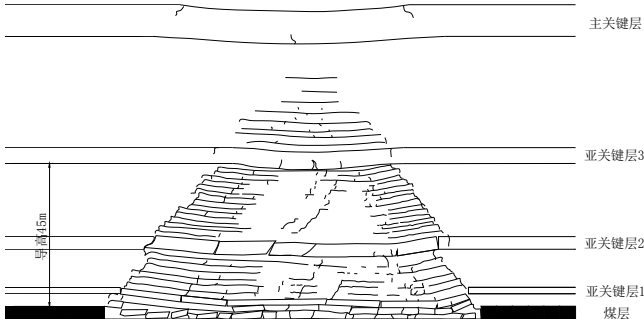


(a) 模型 I

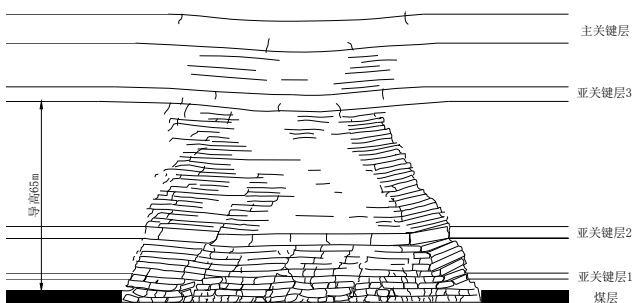


(b) 模型 II

图1-2 关键层位置对导水裂隙带高度影响的实验结果照片



(a) 模型 I



(b) 模型 II

图1-3 关键层位置对导水裂隙带高度影响的实验结果素描图

由图1-2、图1-3可知：模型 I 的竖向贯通裂隙达到亚关键层3下部，即导水裂隙带高度为45m；模型 II 中竖向贯通裂隙达到亚关键层3下部，即

导水裂隙带高度为65m。尽管模型 I 与模型 II 的煤层采厚相同，但导水裂隙带高度却相差20m。显然，造成两个模型导水裂隙带高度存在明显差异的原因是由于两个模型的亚关键层3位置的不同。实验结果表明，模型 I 与模型 II 的亚关键层2位置距煤层高度同为18m，小于(7~10)M即28m~40m，其破断裂隙能贯通，且其上覆受控岩层(亚关键层2与亚关键层3之间的岩层)破断裂隙亦能贯通，使得导水裂隙发育至亚关键层3下部。但两模型的亚关键层3位置距煤层高度分别为45m、65m，均大于(7~10)M，其破断裂隙不能贯通，从而阻止了导水裂隙继续向上发育。因此，上述实验结果证明：当主关键层位置距煤层高度大于(7~10)M时，导水裂隙带将发育至距煤层高度大于(7~10)M的第一层关键层下，导水裂隙带高度等于该层关键层距煤层高度。

1.2 基于覆岩关键层位置的导水裂隙带高度预计新方法

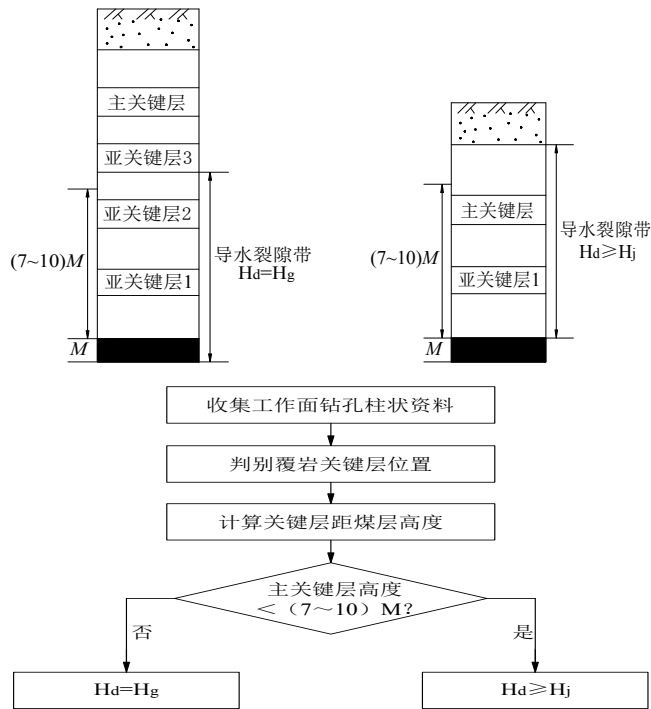
该预计方法的具体步骤如下(详见图1-4)：

第一步，收集工作面钻孔柱状资料，这与《规程》中预计方法需要收集的地质开采资料基本相同。

第二步，采用关键层判别软件KSPB进行具体钻孔柱状条件下覆岩关键层位置判别。

第三步，计算关键层位置距开采煤层高度，并判别关键层破断裂隙是否贯通。如关键层位置距开采煤层高度大于(7~10)M，则该层关键层破断裂隙是不贯通的；如该层关键层位置距开采煤层高度小于(7~10)M，则该层关键层破断裂隙是贯通的，且它控制的上覆岩层破断裂隙也是贯通的。

第四步，确定顶板导水裂隙带高度。如果主关键层位置距开采煤层高度小于(7~10)M，则覆岩主关键层破断裂隙是贯通的，主关键层控制的上覆基岩破断裂隙也是贯通的，导水裂隙发育至基岩顶部以上，如基岩厚度为H<sub>j</sub>，则导水裂隙带高度H<sub>d</sub>等于或大于H<sub>j</sub>；当主关键层位置距开采煤层高度大于(7~10)M时，则顶板导水裂隙带高度受控于距煤层高度大于(7~10)M的第一层关键层的位置，如该层关键层距煤层高度为H<sub>g</sub>，则导水裂隙带高度H<sub>d</sub>等于H<sub>g</sub>。



M—煤层采厚；H<sub>d</sub>—导水裂隙带高度；H<sub>j</sub>—基岩厚度；H<sub>g</sub>—(7~10)M高度以上的最近关键层距煤层高度。

图1-4 基于关键层位置判别的导水裂隙带高度预计方法流程

表1-1 导水裂隙带高度不同预计方法的结果对比

工作面	钻孔号	煤层采厚/m	主关键层高度/m	基岩厚度/m	按《规程》预计结果/m		按关键层预计结果/m	实测结果/m	按《规程》预计结果的误差/m		按关键层预计结果的误差/m
					公式1	公式2			公式1	公式2	
补连塔31401	S21	4.4	33.8	119.6	35.7~46.9	51.9	119.6	140.50	93.6~104.8	88.6	23.23
补连塔31401	S19	4.4	33.8	122.5	35.7~46.9	51.9	122.5	153.95	107.05~118.2	102.05	36.68
祁东7114	D1	3.0	3.48	78.0	30.1~41.3	44.6	78.00	62.00	20.7~31.9	17.4	-16
祁东7114	D2	3.0	3.48	116.0	30.1~41.3	44.6	116.00	102.30	61~72.2	57.7	-13.7
祁东7130	D5	2.85	31.88	58.33	29.3~40.5	43.7	31.88	29.51	-10.99~0.21	-14.19	-2.37
祁东7130	D6	2.83	30.46	63.31	29.2~40.4	43.7	30.46	28.51	-11.89~-0.69	-15.19	-1.95
祁东6130	D8	1.9	31.97	67.52	23.0~34.2	37.5	31.97	32.22	-1.98~9.22	-5.28	0.25
祁东7121	D9	2.3	7.49	89.16	26.0~37.2	40.3	89.16	66.48	29.28~40.48	26.18	-22.68
祁东7121	D10	2.3	3.45	80.85	26.0~37.2	40.3	80.85	66.81	29.61~40.81	26.51	-14.04
李家壕31108	D2	3.3	80.06	219.45	34.4~45.6	50	62.07	65.86	20.26~31.46	15.86	3.79

注:①表中负号表示导水裂隙带高度预计结果大于实测结果;②按《规程》预计结果是采用中硬岩性的预计公式计算的。

$$\text{公式: (1)} H_d = \frac{100 \sum M}{1.6 \sum M + 3.6} \pm 5.6$$

$$\text{公式: (2)} H_d = 20 \sqrt{\sum M} + 10。$$

## 2 总结

本课题组提出的基于关键层位置的顶板导水裂隙带高度预计新方法的可靠性已得到多个煤矿的顶板导水裂隙带高度实测结果的验证。表4-1为部分工作面顶板导水裂隙带高度按《规程》预计方法结果和按本文提出的预计方法结果与实测结果的对比。由此可见,按照上述新方法预计得到的导水裂隙带高度较按《规程》预计方法得到的结果更接近实测结果。其中D1、D2、D9、D10的预计结果比实测结果偏大,是由于其基岩顶部存在相当厚度的泥岩遇水膨胀而弥合导水裂隙,导致后期实测导水裂隙带高度小于基岩厚度。

## 【参考文献】

- [1]宋亚新.煤层群导水裂隙带高度计算[J].内蒙古煤炭经济,2019,(12):159-160.
- [2]张陆.工作面导水裂隙带高度观测分析[J].煤矿现代化,2019,(3):60-62.
- [3]许家林,钱鸣高.岩层采动裂隙分布在绿色开采中的应用[J].中国矿业大学学报,2004,(02):17-20+25.
- [4]孙爱东.某矿2303工作面导水裂隙带高度探测[J].内蒙古煤炭经济,2017,(14):148-149.
- [5]许家林,钱鸣高,高红新.采动裂隙实验结果的量化方法[J].辽宁工程技术大学学报(自然科学版),1998,(06):57.
- [6]王启云.矿井防治水工作研究[J].煤炭工程,2010,(1):16-19.
- [7]杜兵建.九龙矿突水治水的实践[J].中国煤炭地质,2011,(6):59.

## 作者简介:

张允强(1993-),男,山东省济宁市邹城市人,汉族,本科,助理工程师,主要研究方向是矿井防治水与水文地质。