



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109488375 A  
(43)申请公布日 2019.03.19

(21)申请号 201811239777.8

(22)申请日 2018.10.24

(71)申请人 中国矿业大学

地址 221116 江苏省徐州市铜山区大学路1号

(72)发明人 贺江辉 李文平 王启庆 范开放  
陈维池 杨志

(74)专利代理机构 北京天达知识产权代理事务  
所(普通合伙) 11386

代理人 侯永帅 和欢庆

(51)Int.Cl.

E21F 17/00(2006.01)

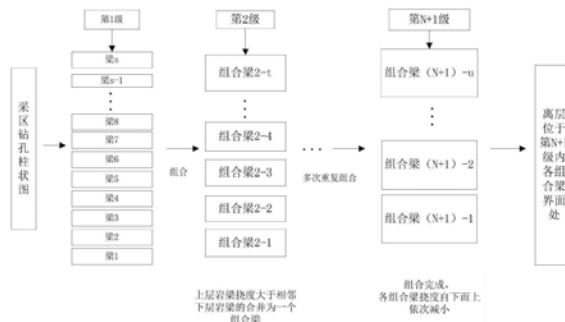
权利要求书2页 说明书9页 附图1页

(54)发明名称

一种基于岩梁挠度对比的煤层顶板覆岩离层位置判别方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于岩梁挠度对比的煤层顶板覆岩离层位置判别方法,属于煤层顶板覆岩沉降变形分析领域,解决了传统离层位置判别方法进行离层位置判别时获得的判别结果不准确的问题。通过比较相邻岩梁的挠度大小,上部岩梁挠度小于下部岩梁挠度相邻岩梁不再接触,把上部岩梁挠度大于等于下部岩梁挠度的相邻岩梁合并为一个组合梁,重复合并直至最后无法合并为止,得到符合实际的岩梁组合状态。离层位置位于最终的岩梁组合状态内的各组合梁之间。本发明实现了将各岩层实际呈现的组合状态展现出来,对离层发育位置的判别更加符合实际,从而为采区离层水水害防治方案的制定提供可靠的依据,保证煤炭的安全开采。



1. 一种基于岩梁挠度对比的煤层顶板覆岩离层位置判别方法,其特征在于:包括以下步骤:

S1. 将采空区上覆各岩层简化为岩梁;

S2. 以单个岩梁为计算对象,计算出各岩梁仅在自重载荷作用下岩梁中间位置产生的挠度;

S3. 通过比较相邻岩梁的挠度大小,当上部岩梁挠度小于下部岩梁挠度时,相邻岩梁不再接触,当上部岩梁挠度大于等于下部岩梁挠度时,则将相邻岩梁合并为一个组合梁,完成第1次合并;

S4. 合并完成后,把未与相邻岩梁合并的单层岩梁也看作组合梁;计算组合梁的挠度,比较相邻组合梁的挠度大小,把上部组合梁挠度大于等于下部组合梁挠度的相邻组合梁合并为一个组合梁,且认为上部组合梁的挠度小于下部组合梁的挠度的相邻组合梁不再接触,完成第2次合并;

S5. 重复步骤S4,直至最后无法合并为止,得到最终的、符合实际的岩梁组合状态;若最终的岩梁组合状态内有多个组合梁,离层位于各相邻组合梁之间;若最终的岩梁组合状态为单个组合梁,则没有离层。

2. 根据权利要求1所述的基于岩梁挠度对比的煤层顶板覆岩离层位置判别方法,其特征在于,将各岩梁仅在自重载荷作用下产生弯曲变形的状态,也就是岩梁未组合状态,称为第1级岩层组合状态。

3. 根据权利要求2所述的基于岩梁挠度对比的煤层顶板覆岩离层位置判别方法,其特征在于,将第1次合并后获得的各组合梁只在自重载荷作用下产生弯曲变形的状态称为第2级岩层组合状态。

4. 根据权利要求3所述的基于岩梁挠度对比的煤层顶板覆岩离层位置判别方法,其特征在于,将第n次合并后获得的各组合梁只在自重载荷作用下产生弯曲变形的状态称为第n+1级岩层组合状态,n为自然数。

5. 根据权利要求4所述的基于岩梁挠度对比的煤层顶板覆岩离层位置判别方法,其特征在于,直至最后无法合并为止,且一共经历了N次合并,第N次合并后获得了第N+1级岩层组合状态,N为自然数。

6. 根据权利要求1-5所述的基于岩梁挠度对比的煤层顶板覆岩离层位置判别方法,其特征在于,所述步骤S1中,根据采区内钻孔柱状图获得第1级岩层组合状态里煤层顶板覆岩内各岩层的层序、层厚及层数s,然后将采空区上覆岩层从下往上依次编号1、2、...i...s-1、s,s为正整数。

7. 根据权利要求2所述的基于岩梁挠度对比的煤层顶板覆岩离层位置判别方法,其特征在于,所述第1级岩层组合状态内各岩梁仅在自重载荷作用下于岩梁中间位置产生的挠度的计算公式如下:

$$d_i = \frac{\gamma_i l_i^4}{32E_i h_i^2}$$

式中, $d_i$ 为第1级岩层组合状态内各岩梁在梁中间位置的挠度,单位m; $\gamma_i$ 为第i层岩层的容重,单位kN/m<sup>3</sup>;  $l_i$ 为第i层岩层的长度,单位m; $E_i$ 为第i层岩层的弹性模量,单位kPa; $h_i$ 为第i层岩层的厚度,单位m。

8. 根据权利要求4或5所述的基于岩梁挠度对比的煤层顶板覆岩离层位置判别方法,其特征在于,各级岩层组合状态内任一组合梁于组合梁中间位置产生的挠度的计算公式如下:

$$(d_m) = \frac{l_1^4(\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \dots \gamma_j h_j + \gamma_m h_m)}{32(E_1 h_1^3 + E_2 h_2^3 + \dots E_j h_j^3 + \dots E_m h_m^3)}$$

式中,  $(d_m)$  为由m层岩梁形成的组合梁于组合梁的中间位置产生的挠度,单位m;  $l_1$ 为由m层岩梁形成的组合梁内最底层(即第1层)岩层的长度,单位m;  $\gamma_j$ 为由m层岩梁形成的组合梁内第j层岩层的容重,单位kN/m<sup>3</sup>;  $h_j$ 为由m层岩梁形成的组合梁内第j层岩层的厚度,单位m;  $E_j$ 为由m层岩梁形成的组合梁内第j层岩层的弹性模量,单位kPa。

9. 根据权利要求8所述的基于岩梁挠度对比的煤层顶板覆岩离层位置判别方法,其特征在于,所述第N次,也就是最后一次合并完成后,各组合梁在自重载荷作用下的挠度是自下而上依次减小的,相邻组合梁不再接触。

10. 根据权利要求9所述的基于岩梁挠度对比的煤层顶板覆岩离层位置判别方法,其特征在于,所述步骤S4和步骤S5中,在对某一组岩层进行对比、合并操作时,均按照岩层沉积层序由下向上进行。

## 一种基于岩梁挠度对比的煤层顶板覆岩离层位置判别方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及煤层顶板覆岩沉降变形分析领域,尤其涉及一种基于岩梁挠度对比的煤层顶板覆岩离层位置判别方法。

### 背景技术

[0002] 煤层顶板离层为采矿引起的覆岩不均匀沉降形成的层状空腔,离层空腔积水后形成离层水,离层水涌突、下泄至工作面便形成离层水害,离层水害具有突水征兆不明、瞬时水量大、破坏性大等特点。进行离层水害防治的前提是对离层发育位置的准确判断。

[0003] 在进行离层位置判别时,目前多借助经验值来实现,所得结论比较粗略。而常用的具有系统解析计算过程的离层位置判别方法是借助传统离层位置判别公式或它的变形公式实现的。该传统离层位置判别公式是基于组合梁原理获得的,但在运用组合梁原理进行计算时,却并没有提前进行组合梁的准确划分,即没有提前判断哪些岩层可以发生同步弯曲、下沉而被作为一个组合梁,且其判别原理中忽略了计算范围之外的岩层对计算范围之内的岩层的影响,没有从整体上将覆岩内所有岩层之间的相互作用都考虑进去,最终导致在运用传统离层位置判别公式进行离层位置判别时获得的判别结果与实际不符。

### 发明内容

[0004] 鉴于上述的分析,本发明对传统离层发育位置的判别方法做出了修正,本发明提出了一种基于岩梁挠度对比的煤层顶板覆岩离层位置判别方法。用以解决现有技术中煤层顶板覆岩离层位置判别不准确的问题。

[0005] 一方面,本发明实施例提供了一种基于岩梁挠度对比的煤层顶板覆岩离层位置判别方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0006] S1.将采空区上覆各岩层简化为岩梁;

[0007] S2.以单个岩梁为计算对象,计算出各岩梁仅在自重载荷作用下于岩梁中间位置产生的挠度;

[0008] S3.通过比较相邻岩梁的挠度大小,当上部岩梁挠度小于下部岩梁挠度时,相邻岩梁不再接触,当上部岩梁挠度大于等于下部岩梁挠度时,则将相邻岩梁合并为一个组合梁,完成第1次合并;

[0009] S4.合并完成后,把未与相邻岩梁合并的单层岩梁也看作组合梁;计算组合梁的挠度,比较相邻组合梁的挠度大小,把上部组合梁挠度大于等于下部组合梁挠度的相邻组合梁合并为一个组合梁,且认为上部组合梁的挠度小于下部组合梁的挠度的相邻组合梁不再接触,完成第2次合并;

[0010] S5.重复步骤S4,直至最后无法合并为止,得到最终的、符合实际的岩梁组合状态;若最终的岩梁组合状态内有多个组合梁,离层位于各相邻组合梁之间;若最终的岩梁组合状态为单个组合梁,则没有离层。

[0011] 将各岩梁仅在自重载荷作用下产生弯曲变形的状态,也就是岩梁未组合状态,称

为第1级岩层组合状态；

[0012] 将第1次合并后获得的各组合梁只在自重载荷作用下产生弯曲变形的状态称为第2级岩层组合状态；

[0013] 将第n次合并后获得的各组合梁只在自重载荷作用下产生弯曲变形的状态称为第n+1级岩层组合状态,n为自然数。

[0014] 直至最后无法合并为止,且一共经历了N次合并,第N次合并后获得了第N+1级岩层组合状态,N为自然数；

[0015] 步骤S1中,根据采区内钻孔柱状图获得第1级岩层组合状态里煤层顶板覆岩内各岩层的层序、层厚及层数s,然后将采空区上覆岩层从下往上依次编号1、2、…i…s-1、s,s为正整数。

[0016] 第1级岩层组合状态内各岩梁仅在自重载荷作用下于岩梁中间位置产生的挠度的计算公式如下：

$$[0017] \quad d_i = \frac{\gamma_i l_i^4}{32 E_i h_i^2}$$

[0018] 式中, $d_i$ 为第1级岩层组合状态内各岩梁在梁中间位置的挠度,单位 m; $\gamma_i$ 为第i层岩层的容重,单位 $\text{kN/m}^3$ ; $l_i$ 为第i层岩层的长度,单位 m; $E_i$ 为第i层岩层的弹性模量,单位 kPa; $h_i$ 为第i层岩层的厚度,单位 m。

[0019] 各级岩层组合状态内任一组合梁于组合梁中间位置产生的挠度的计算公式如下：

$$[0020] \quad (d_m) = \frac{l_1^4 (\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \dots + \gamma_j h_j + \gamma_m h_m)}{32 (E_1 h_1^3 + E_2 h_2^3 + \dots + E_j h_j^3 + \dots + E_m h_m^3)}$$

[0021] 式中, $(d_m)$ 为由m层岩梁形成的组合梁于组合梁的中间位置产生的挠度,单位m; $l_1$ 为由m层岩梁形成的组合梁内最底层(即第1层)岩层的长度,单位m; $\gamma_j$ 为由m层岩梁形成的组合梁内第j层岩层的容重,单位 $\text{kN/m}^3$ ; $h_j$ 为由m层岩梁形成的组合梁内第j层岩层的厚度,单位m; $E_j$ 为由m层岩梁形成的组合梁内第j层岩层的弹性模量,单位kPa。

[0022] 第N次,也就是最后一次合并完成后,各组合梁在自重载荷作用下的挠度是自下而上依次减小的,相邻组合梁不再接触。

[0023] 步骤S4和步骤S5中,在对某一组岩层进行对比、合并操作时,均按照岩层沉积层序由下向上进行。

[0024] 采用上述实施例的有益效果是：

[0025] 1、本发明提供的这种离层位置判别方法是通过比较每一次合并前相邻岩层之间的挠度大小,来判断相邻岩层间的接触状态,该方法能够从局部到整体、一级一级准确地进行组合梁的划分。

[0026] 2、本发明提供的这种离层位置判别方法既从整体考虑到了所有岩层之间的相互作用、任一岩层对覆岩整体变形的影响,也从局部考虑到了相邻岩层之间的相互作用。

[0027] 3、通过使用本发明提供的这种离层位置判别方法,可以将各岩层实际呈现的组合状态展现出来,对离层发育位置的判别更加符合实际,从而为采区离层水水害防治方案的制定提供可靠的依据,保证煤炭的安全开采。

[0028] 本发明中,上述各技术方案之间还可以相互组合,以实现更多的优选组合方案。本发明的其他特征和优点将在随后的说明书中阐述,并且,部分优点可从说明书中变得显而易见,或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点可通过说明书、权利要求书以及附图中所特别指出的内容中来实现和获得。

### 附图说明

[0029] 附图仅用于示出具体实施例的目的,而并不认为是对本发明的限制,在整个附图中,相同的参考符号表示相同的部件。

[0030] 图1为煤层顶板离层示意图;

[0031] 图2为本发明的实施流程图。

[0032] 附图标记:

[0033] 1-煤层;2-采空区;3-煤层顶板覆岩;4-离层。

### 具体实施方式

[0034] 下面结合附图来具体描述本发明的优选实施例,其中,附图构成本申请一部分,并与本发明的实施例一起用于阐释本发明的原理,并非用于限定本发明的范围。

[0035] 本发明的一个具体实施例,公开了一种基于岩梁挠度对比的煤层顶板覆岩离层位置判别方法。具体包括以下步骤:

[0036] S1.将采空区上覆各岩层简化为岩梁,并对各岩梁进行编号;

[0037] S2.以单个岩梁为计算对象,且将各岩梁仅在自重载荷作用下产生弯曲变形的状态称为第1级岩层组合状态,第1级岩层组合状态也是将各岩梁合并为若干个组合梁之前的状态,求出第1级内各岩梁仅在自重载荷作用下于岩梁中间位置产生的挠度用于进行第1次对比、合并分析;

[0038] S3.通过比较第1级内的相邻岩梁之间的挠度大小,把具有“上部岩梁挠度大于等于下部岩梁挠度”特征的相邻岩梁合并为一个紧密接触的、小的组合梁,且认为具有“上部岩梁挠度小于下部岩梁挠度”特征的相邻岩梁不再接触,从而完成第1次合并,将第1次合并后获得的各组合梁只在自重载荷作用下产生弯曲变形的状态称为第2级岩层组合状态,根据第2级内各岩梁接触情况计算出各岩梁实际承受的载荷及第2级内各组合梁的挠度用于进行第2次对比、合并分析;

[0039] S4.通过比较第2级内的相邻组合梁之间的挠度大小,把具有“上部组合梁挠度大于等于下部组合梁挠度”特征的相邻组合梁合并为一个紧密接触的、大的组合梁,且认为具有“上部组合梁挠度小于下部组合梁挠度”特征的相邻组合梁不再接触,从而完成第2次合并,将第2次合并后获得的各组合梁只在自重载荷作用下产生弯曲变形的状态称为第3级岩层组合状态,根据第3级内各岩梁接触情况计算出各岩梁实际承受的载荷及第3级内各组合梁的挠度用于进行第3次对比、合并分析;

[0040] S5.通过比较第n( $n=3,4,5,\dots$ )级内的相邻组合梁之间的挠度大小,把具有“上部组合梁挠度大于等于下部组合梁挠度”特征的相邻组合梁合并为一个紧密接触的、大的组合梁,且认为具有“上部组合梁挠度小于下部组合梁挠度”特征的相邻组合梁不再接触,从而完成第n次合并,将第n次合并后获得的各组合梁只在自重载荷作用下产生弯曲变形的

的状态称为第n+1级岩层组合状态,根据第n+1级内各岩梁接触情况 计算出各岩梁实际承受的载荷及第n+1级内各组合梁的挠度用于进行第 n+1次合并分析;

[0041] S6.重复步骤S4和S5中所述的对比、合并过程,直至最后无法合并 为止,且一共经历了N次(N为自然数)合并,获得了第N+1级岩层组 合状态;

[0042] S7.最后一级(即第N+1级)里的岩梁组合状态才是符合实际的岩梁 组合状态,且最后一级岩梁组合状态里,各组合梁挠度是自下而上依次 减小的,而离层的位置则位于最后一级岩梁组合状态内的相邻组合梁之 间。

[0043] 需要注意的是,如果最后一级岩梁组合状态里只有一个组合梁,即 所有岩梁被合并为一个组合梁,则没有离层。

[0044] 进一步地,所述步骤S1中,可根据采区内钻孔柱状图获得煤层顶板 覆岩内各岩层的层序、层厚及层数s(s为正整数),然后将采空区上覆岩 层从下往上依次编号1、2、…i… s-1、s。

[0045] 进一步地,所述步骤S2中,为了完成对第1级岩层组合状态中各层 岩梁的挠度计算,第1级岩层组合状态内各岩梁仅在自重载荷作用下于 岩梁中间位置产生的挠度的计算 流程如下:

[0046] 1)按照公式(1)计算出各岩梁的自重载荷 $q_i$ ;

$$[0047] \quad q_i = \gamma_i h_i \quad (1)$$

[0048] 式中, $q_i$ 为各岩梁的自重载荷,单位kPa; $\gamma_i$ 为第i层岩层的容重,  $\text{kN/m}^3$ ; $h_i$ 为第i层岩层的厚度,单位m。

[0049] 2)按照公式(2)计算出各岩梁的截面惯性矩 $I_i$ ;

$$[0050] \quad I_i = \frac{h_i^3}{12} \quad (2)$$

[0051] 式中, $I_i$ 为第i层岩层的截面惯性矩,单位 $\text{m}^3$ ; $h_i$ 为第i层岩层的 厚度,单位m。

[0052] 3)按照公式(3)计算出各岩梁仅在自重载荷作用下于岩梁中间位 置产生的挠度  $d_i$ ;

$$[0053] \quad d_i = \frac{q_i l_i^4}{384 E_i I_i} \quad (3)$$

[0054] 式中, $d_i$ 为各岩梁的挠度,单位m; $q_i$ 为各岩梁的自重载荷,单位 kPa; $l_i$ 为第i层岩层的长度,单位m; $E_i$ 为第i层岩层的弹性模量,单 位kPa; $I_i$ 为第i层岩层的截面惯性矩,单位  $\text{m}^3$ 。

[0055] 4)借助公式(1)-(2)可将公式(3)变形为公式(4),公式(4) 即为计算各岩梁仅在自重载荷作用下于岩梁中间位置产生的挠度的计算 公式。

$$[0056] \quad d_i = \frac{\gamma_i l_i^4}{32 E_i h_i^2} \quad (4)$$

[0057] 式中, $d_i$ 为各岩梁的挠度,单位m; $\gamma_i$ 为第i层岩层的容重,单位  $\text{kN/m}^3$ ; $l_i$ 为第i层岩层的长度,单位m; $E_i$ 为第i层岩层的弹性模量, 单位kPa; $h_i$ 为第i层岩层的厚度,单位m。

[0058] 进一步地,所述步骤S3-S6中,各级岩层组合状态内任一组合梁在 组合梁内所有岩层自重载荷作用下于组合梁中间位置产生的挠度的计算 过程如下:

[0059] 1)确定计算对象(即需要进行变形分析的某一组合梁)内包含的岩 层层数m(m为

正整数),并对计算对象内的各岩层由下向上依次编号1, 2, …, j, …, m-1, m;

[0060] 2) 由公式(5)获得该组合梁内最底层(即第1层)岩梁实际承受的载荷 $(q_m)_1$ ;

$$[0061] \quad (q_m)_1 = \frac{E_1 h_1^3 (\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \dots + \gamma_j h_j + \dots + \gamma_m h_m)}{E_1 h_1^3 + E_2 h_2^3 + \dots + E_j h_j^3 + \dots + E_m h_m^3} \quad (5)$$

[0062] 公式(5)是根据组合梁理论推导出来的,式中, $(q_m)_1$ 为由第m层岩梁形成的组合梁内最底层(即第1层)岩梁实际承受的载荷,单位kPa; $E_j$ 为由m层岩梁形成的组合梁内第j层岩层的弹性模量,单位kPa; $h_j$ 为由m层岩梁形成的组合梁内第j层岩层的厚度,单位m; $\gamma_j$ 为由m层岩梁形成的组合梁内第j层岩层的容重,单位kN/m<sup>3</sup>。

[0063] 3) 由公式(6)获得该组合梁内最底层(即第1层)岩梁于梁的中间位置产生的挠度 $(d_m)_1$ ;

$$[0064] \quad (d_m)_1 = \frac{(q_m)_1 l_1^4}{384 E_1 I_1} \quad (6)$$

[0065] 式中, $(d_m)_1$ 为由m层岩梁形成的组合梁内最底层(即第1层)岩梁的中间位置的挠度,单位m; $(q_m)_1$ 为由m层岩梁形成的组合梁内最底层(即第1层)岩梁实际承受的载荷,单位kPa; $l_1$ 为由m层岩梁形成的组合梁内最底层(即第1层)岩层的长度,单位m; $E_1$ 为由m层岩梁形成的组合梁内最底层(即第1层)岩层的弹性模量,单位kPa; $I_1$ 为由m层岩梁形成的组合梁内最底层(即第1层)岩层的截面惯性矩,单位m<sup>3</sup>。

[0066] 4) 对于由m层岩梁形成的组合梁来说,由于组合梁内各岩层紧密接触,所以该组合梁的弯曲程度与组合梁内任一岩层的弯曲程度一致,因此组合梁的挠度 $(d_m)$ 与组合梁内最底层(即第1层)岩层的挠度 $(d_m)_1$ 相等,由此获得公式(7);

$$[0067] \quad (d_m) = (d_m)_1 \quad (7)$$

[0068] 5) 由公式(2)及公式(5) — (7)可推导出公式(8),由公式(8)可计算得由这m层岩梁组成的组合梁在组合梁内所有岩层自重载荷作用下于组合梁中间位置产生的挠度 $(d_m)$ 。

$$[0069] \quad (d_m) = \frac{l_1^4 (\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \dots + \gamma_j h_j + \dots + \gamma_m h_m)}{32 (E_1 h_1^3 + E_2 h_2^3 + \dots + E_j h_j^3 + \dots + E_m h_m^3)} \quad (8)$$

[0070] 式中, $(d_m)$ 为由m层岩梁形成的组合梁于组合梁的中间位置产生的挠度,单位m; $l_1$ 为由m层岩梁形成的组合梁内最底层(即第1层)岩层的长度,单位m; $\gamma_j$ 为由m层岩梁形成的组合梁内第j层岩层的容重, kN/m<sup>3</sup>;  $h_j$ 为由m层岩梁形成的组合梁内第j层岩层的厚度,单位m; $E_j$ 为由m层岩梁形成的组合梁内第j层岩层的弹性模量,单位kPa。

[0071] 进一步地,由于岩层的沉降是由下向上发展的,所以在利用本发明对某一组岩层进行对比、合并操作时,均按照岩层沉积层序由下向上进行。

[0072] 为了进一步表述本发明技术方案的细节及实施方式,现结合附图1和实施例对本发明进行详细案例说明。

[0073] 如附图1所示,煤层1开采后,采空区2上方的煤层顶板覆岩3由于不均匀沉降而出现离层4。某一煤层上方有6层岩层,即附图2中s=6的情况,各岩层的岩性、重度、厚度、弹性模量见表1,为便于计算分析,本次计算里所有岩梁的长度均被设置为100m。

[0074] 表1煤层顶板覆岩内各岩层岩石物理力学参数



序号 $i$	岩性	重度 $\gamma_i$ (kN/m <sup>3</sup> )	厚度 $h_i$ (m)	弹性模量 $E_i$ ( $\times 10^7$ kPa)
6	中砂岩	23	2.7	2.4
5	泥岩	25	2.2	1
[0075] 4	细砂岩	25	3.1	2
3	砂质泥岩	26	3.5	1.5
2	泥岩	25	2	1.1
1	中砂岩	23	3	2.5
-	煤层	-	-	-

[0076] 本实施例的具体实施方式按如下步骤进行：

[0077] 1) 将采空区上覆各岩层简化为岩梁,并对各岩梁进行编号。

[0078] 2) 以单个岩梁为计算对象,根据公式(4)求出第1级岩层组合状态内各岩梁仅在自重载荷作用下于岩梁中间位置产生的挠度：

[0079] 具体地,计算得第1级岩层组合状态内各岩梁在岩梁中间位置的挠度  $d_i$  为： $d_1=0.319\text{m}$ 、 $d_2=1.776\text{m}$ 、 $d_3=0.442\text{m}$ 、 $d_4=0.406\text{m}$ 、 $d_5=1.614\text{m}$ 、 $d_6=0.411\text{m}$ 。

[0080] 3) 比较第1级岩层组合状态内的相邻岩梁之间的挠度大小,把具有“上部岩梁挠度大于等于下部岩梁挠度”特征的相邻岩梁合并为一个紧密接触的小的组合梁。且认为具有“上部岩梁挠度小于下部岩梁挠度”特征的相邻岩梁不再接触。完成第1次合并,第1次合并后获得第2级岩层组合状态。

[0081] 具体地,根据第1级岩层组合状态内各岩梁挠度计算结果,第1级内相邻两岩梁的挠度大小可表示为  $d_1 < d_2 > d_3 > d_4 < d_5 > d_6$ ,第1级状态内各岩梁的弯曲程度的对比、合并过程详述如下：

[0082] 3.1) 第1、2层与第3层岩梁之间

[0083] 由于  $d_1 < d_2 > d_3$ ,即第2层的弯曲下沉量大于第1层的弯曲下沉量、第3层的弯曲下沉量小于第2层的弯曲下沉量,所以第2层在弯曲下沉过程中会与第1层接触,并最终与第1层岩梁实现同步弯曲下沉,而第3层在弯曲下沉过程中会与第2层分离,这里将第1~2层岩梁合并为一个能够实现同步弯曲下沉的组合梁,并将该组合梁命名为“组合梁2-1”,用于第2级评估。

[0084] 3.2) 第3层与第4层岩梁之间

[0085] 由于  $d_3 > d_4$ ,说明第4层的弯曲下沉量比第3层的弯曲下沉量小,所以第4层岩梁在沉降过程中会与第3层岩梁分离,此时将第3层岩梁作为一个组合梁命名为“组合梁2-2”,用于第2级评估。

[0086] 3.3) 第4、5层与第6层岩梁之间

[0087] 由于  $d_4 < d_5 > d_6$ ,即第5层的弯曲下沉量大于第4层的弯曲下沉量、第6层的弯曲下沉量小于第5层的弯曲下沉量,所以第5层在弯曲下沉过程中会与第4层接触,并最终与第4层岩梁实现同步弯曲下沉,而第6层在弯曲下沉过程中会与第5层分离,这里将第4~5层岩梁合并为一个能够实现同步弯曲下沉的组合梁,并将该组合梁命名为“组合梁2-3”,用于第2级评估。

[0088] 3.4) 第6层岩梁之上

[0089] 由于第6层岩梁之上没有新的岩梁,此时将第6层岩梁作为一个组合梁并命名为“组合梁2-4”,用于第2级评估。

[0090] 综上所述,原来的6层岩层在经过第1次合并后,形成了4个组合梁,自下而上依次为“组合梁2-1”、“组合梁2-2”、“组合梁2-3”、“组合梁2-4”,这也构成了第2级岩层组合状态内的岩层组合特征。

[0091] 4) 根据第2级内各岩梁接触情况计算出各岩梁实际承受的载荷及第2级内各组合梁的挠度用于进行第2次对比、合并分析。

[0092] 根据公式(8)计算出第2级内各组合梁的挠度分别为: $d_{2-1}=0.487\text{m}$ 、 $d_{2-2}=0.442\text{m}$ 、 $d_{2-3}=0.590\text{m}$ 、 $d_{2-4}=0.411\text{m}$ 。

[0093] 5) 通过比较第2级内的相邻组合梁之间的挠度大小,把具有“上部组合梁挠度大于等于下部组合梁挠度”特征的相邻组合梁合并为一个紧密接触的、大的组合梁,且认为具有“上部组合梁挠度小于下部组合梁挠度”特征的相邻组合梁不再接触,从而完成第2次合并,获得第3级岩层组合状态。

[0094] 具体地,根据第2级岩层组合状态内各组合梁挠度计算结果,第2级内相邻两组合梁的挠度大小可表示为 $d_{2-1} > d_{2-2} < d_{2-3} > d_{2-4}$ ,第2级状态内各组合梁的弯曲程度的对比、合并过程详述如下:

[0095] 5.1) “组合梁2-1”与“组合梁2-2”之间

[0096] 由于 $d_{2-1} > d_{2-2}$ ,说明“组合梁2-2”的弯曲下沉量比“组合梁2-1”的弯曲下沉量小,所以“组合梁2-2”在沉降过程中会与“组合梁2-1”分离,此时将“组合梁2-1”作为一个新的组合梁并命名为“组合梁3-1”,用于第3级评估。

[0097] 5.2) “组合梁2-2”、“组合梁2-3”与“组合梁2-4”之间

[0098] 由于 $d_{2-2} < d_{2-3} > d_{2-4}$ ,即“组合梁2-3”的弯曲下沉量大于“组合梁2-2”的弯曲下沉量、“组合梁2-4”的弯曲下沉量小于“组合梁2-3”的弯曲下沉量,所以“组合梁2-3”在弯曲下沉过程中会与“组合梁2-2”接触,并最终与“组合梁2-2”实现同步弯曲下沉,而“组合梁2-4”在弯曲下沉过程中会与“组合梁2-3”分离,这里将“组合梁2-2”与“组合梁2-3”合并为一个能够实现同步弯曲下沉的新组合梁,并将该组合梁命名为“组合梁3-2”,用于第3级评估。

[0099] 5.3) “组合梁2-4”之上

[0100] 由于“组合梁2-4”之上没有新的岩层,此时将“组合梁2-4”作为一个新组合梁并命名为“组合梁3-3”,用于第3级评估。

[0101] 综上分析,原来的6层岩层在经过第2次合并后,形成了3个组合梁,自下而上依次为“组合梁3-1”、“组合梁3-2”、“组合梁3-3”,这也构成了第3级岩层组合状态内的岩层组合特征。

[0102] 6) 根据第3级内各岩梁接触情况计算出各岩梁实际承受的载荷及第3级内各组合梁的挠度并进行第3次对比、合并分析。

[0103] 根据公式(8)计算出第3级内各组合梁的挠度分别为: $d_{3-1}=0.487\text{m}$ 、 $d_{3-2}=0.519\text{m}$ 、 $d_{3-3}=0.411\text{m}$ 。

[0104] 具体地,根据第3级岩层组合状态内各组合梁挠度计算结果,第3级内相邻两组合

梁的挠度大小可表示为 $d_{3-1} < d_{3-2} > d_{3-3}$ ,第3级状态内各组合梁的弯曲程度的对比、合并过程详述如下:

[0105] 6.1) “组合梁3-1”、“组合梁3-2”与“组合梁3-3”之间

[0106] 由于 $d_{3-1} < d_{3-2} > d_{3-3}$ ,即“组合梁3-2”的弯曲下沉量大于“组合梁3-1”的弯曲下沉量、“组合梁3-3”的弯曲下沉量小于“组合梁3-2”的弯曲下沉量,所以“组合梁3-2”在弯曲下沉过程中会与“组合梁3-1”接触,并最终与“组合梁3-1”实现同步弯曲下沉,而“组合梁3-3”在弯曲下沉过程中会与“组合梁3-2”分离,这里将“组合梁3-1”与“组合梁3-2”合并为一个能够实现同步弯曲下沉的新组合梁,并将该组合梁命名为“组合梁4-1”,用于第4级评估。

[0107] 6.2) “组合梁3-3”之上

[0108] 由于“组合梁3-3”之上没有新的岩层,此时将“组合梁3-3”作为一个新组合梁并命名为“组合梁4-2”,用于第4级评估。

[0109] 综上分析,原来的6层岩层在经过第3次合并后,形成2个组合梁,自下而上依次为“组合梁4-1”、“组合梁4-2”,这也构成了第4级岩层组合状态内的岩层组合特征。

[0110] 7) 计算出第4级岩层组合状态内各组合梁的挠度,用于进行第4次对比、合并分析。

[0111] 根据公式(8)计算出第4级内各组合梁的挠度分别为:

[0112]  $d_{4-1} = 0.508\text{m}$ 、 $d_{4-2} = 0.411\text{m}$ 。

[0113] 8) 通过比较第4级内的相邻组合梁之间的挠度大小,发现第4级内相邻两组合梁的挠度大小可表示为 $d_{4-1} > d_{4-2}$ ,即在第4级内出现各组合梁挠度自下而上依次减小的情况,这种情况下各组合梁均两两分离,此时合并过程结束。

[0114] 第4级岩层组合状态也为最后一级(即附图2内 $N=3$ 的情况)岩层组合状态,下层的“组合梁4-1”的挠度 $d_{4-1}$ 大于上层的“组合梁4-2”的挠度 $d_{4-2}$ ,离层的位置位于最后一级里的“组合梁4-1”与“组合梁4-2”之间。

[0115] 具体地,经过3次合并后,原来的6层岩层内存在2个组合梁,自下而上依次为“组合梁4-1”、“组合梁4-2”,且“组合梁4-1”由第1~5层岩梁组成、“组合梁4-2”由第6层岩梁组成,而离层则位于“组合梁4-1”与“组合梁4-2”之间,即离层位于第5层与第6层岩层之间,本实施例内各岩层的对比合并过程详见表2。

[0116] 表2岩层合并过程中各级状态内岩梁挠度、组合形态及离层位置记录。

[0117]

岩梁 编号	第 1 级		第 2 级		第 3 级		第 4 级		该层岩梁与其 下部相邻岩梁 间是否有离层
	挠度 (m)	组合 形态	挠度 (m)	组合 形态	挠度 (m)	组合 形态	挠度 (m)	组合 形态	
6	0.411	梁 6	0.411	组合梁 2-4	0.411	组合梁 3-3	0.411	组合梁 4-2	是
5	1.614	梁 5	0.590	组合梁 2-3	0.519	组合梁 3-2	0.508	组合梁 4-1	否
4	0.406	梁 4	0.590		0.519		0.508		否
3	0.442	梁 3	0.442	组合梁 2-2	0.519		0.508		否
2	1.776	梁 2	0.487	组合梁 2-1	0.487	组合梁 3-1	0.508		否
1	0.319	梁 1	0.487		0.487		0.508		否
煤层	采空区								

[0118] 与现有技术相比,本实施例所述的技术方案的有益效果:通过使用 本发明提供的这种离层位置判别方法,可以将煤层顶板覆岩内各岩层实际呈现的组合状态表示出来,对离层位置的判别更加符合实际,从而为 采区离层水水害防治方案的制定提供可靠的依据,保证煤炭的安全开采。

[0119] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围 并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范 围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

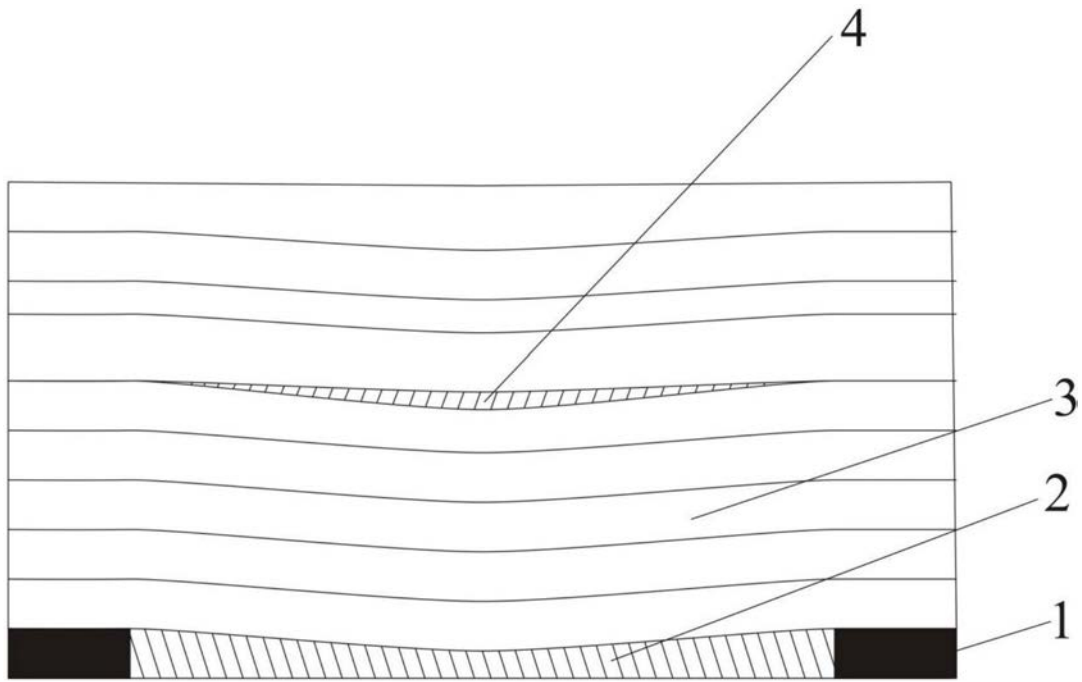


图1

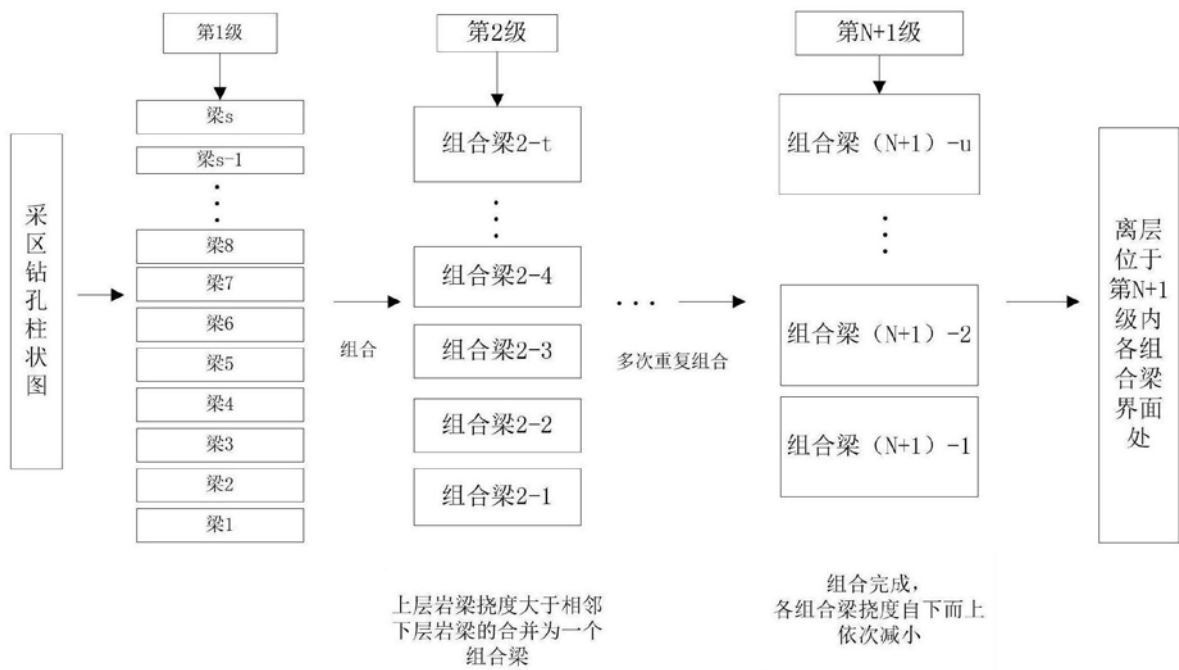


图2