



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104846848 B

(45)授权公告日 2016.08.24

(21)申请号 201510128042.8

CN 102425155 A, 2012.04.25,

(22)申请日 2015.03.23

CN 103321228 A, 2013.09.25,

(73)专利权人 安徽理工大学

CN 101705838 A, 2010.05.12,

地址 232000 安徽省淮南市田家庵区舜耕
中路168号

US 4044563 A, 1977.08.30,

檀海洋等. 煤矿充填开采塌陷区地表土壤理化性质时空演变特征. 《江苏农业科学》. 2014, 第42卷(第10期), 第320-323页.

(72)发明人 严家平 程方奎 宫传刚 黄河
陈孝杨

审查员 张瑾

(74)专利代理机构 安徽汇朴律师事务所 34116
代理人 胡敏

(51) Int. Cl.

E02D 31/00(2006.01)

E02D 3/10(2006.01)

(56)对比文件

CN 1629406 A, 2005.06.22,

CN 103255762 A, 2013.08.21,

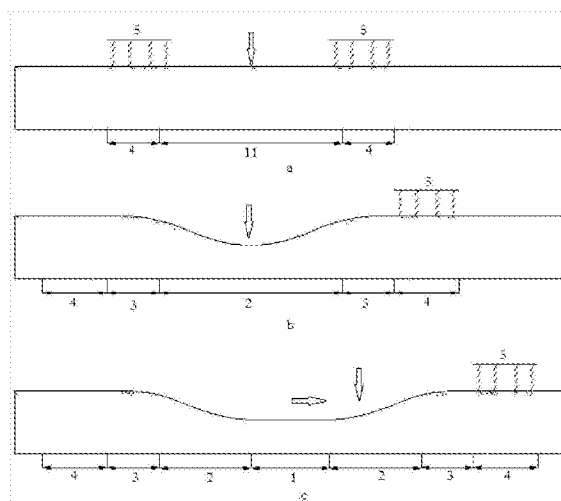
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种控制地下层状矿产开采沉陷区地表水土流失的方法

(57)摘要

本发明公开了一种控制地下层状矿产开采沉陷区地表水土流失的方法,该方法根据开采区地表下沉盆地的高程变化而引起的土体应力分布或变形特征差异,利用地表土体在不同含水条件下的水理性质差异,增强土体塑性,降低土体的拉裂,从而达到降低土壤侵蚀过程中由裂隙造成的深度垂直入渗作用,在采矿区地表,通过实施定量喷水的辅助技术调整土体含水率,控制开采沉陷盆地扩展时区的地表裂隙发育程度,进而降低由裂隙优先流作用的水土流失作用程度。本发明相比现有技术具有以下优点:无需大型机械施工,在矿区环境治理技术方法中属低投入的,治理成本低廉;方法无需对地表土体进行化学改性,不会破坏土体中的微生态环境,适合矿区较脆弱的生态环境。



1. 一种控制地下层状矿产开采沉陷区地表水土流失的方法,其特征包括以下步骤:

步骤一、将深部采空区边界线垂直向上投影到地表,在地表形成地表边界线,设定周期来压步距为 L ,将地表边界线与向外 $1L$ 等距线之间的范围划为拟拉张区,将地表边界线与向内 $0.5L$ 等距线之间的范围划为拉张区,将向内 $0.5L$ 等距线与向内 $1L$ 等距线之间的范围划为挤压区,将向内 $1L$ 等距线以内的范围划为稳定区;

步骤二、在拟拉张区测定土体的性质,包括对土体含水率 MC 、塑限 W_p 、液限 W_L 、干密度 ρ 和原状土体水分入渗速率 k 的测定,测定调节单位体积土壤含水率 MC 至液限 W_L 所需要的水量 V_1 ;

步骤三、根据步骤二获取的数据计算补水量 $V=S \times V_1 \times H$,喷灌时间 $t=H/k$,喷灌流量 $Q=V/t$,其中 V_1 是调节单位体积土壤含水率至液限 W_L 所需要的水量, H 是设定的需要调节含水率的土体的深度, S 是拟拉张区的面积 $S=L \times W$, W 是工作面掘进宽度;

步骤四、在拟拉张区上方实施喷灌,补水量、喷灌时间、喷灌流量均由步骤三计算获得。

2. 如权利要求1所述一种控制地下层状矿产开采沉陷区地表水土流失的方法,其特征是:所述喷灌所采用的方法为喷淋或微孔注水。

3. 如权利要求1所述一种控制地下层状矿产开采沉陷区地表水土流失的方法,其特征是:所述喷灌是连续喷灌或间歇喷灌。

4. 如权利要求1所述一种控制地下层状矿产开采沉陷区地表水土流失的方法,其特征是:喷灌时间 t 与深部工作面掘进速度 u 和周期来压步距 L 之间满足关系 $t \leq L/u$,以确保在动态沉陷拉应力作用破坏土体连结之前土体已经得到改性。

一种控制地下层状矿产开采沉陷区地表水土流失的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及水土保持技术领域,尤其涉及的是一种控制地下层状矿产开采沉陷区地表水土流失的方法。

背景技术

[0002] 地下井工开采是我国矿产资源主要的开采方式之一,此开采方法引起的衍生环境问题不仅包括矿区环境污染,还包括环境破坏。井工开采会导致地面沉陷、地裂缝,而且这两种灾害现象往往是伴生的。在地下采空区随着上部顶板垮落和裂隙的发育在重力作用下地表垂向对应位置会形成沉陷区域,沉陷区中间部位沉陷深度较大,边缘区域沉陷较浅,形成沉陷坡地。由于沉陷区地形地貌发生了变化,相应的地应力也发生了变化。沉陷区坡地在坡底位置由于两侧往中间沉陷,地表土体受到的应力主要为两侧向中间的压应力,沉陷中间区域形成挤压区。由于坡面土体向坡底倾陷,在坡顶位置的土体会受到拉应力,形成拉伸区。坡顶拉张区土体在拉应力的作用下会发生连结破坏,土体形成断裂,即形成地表张裂隙,裂隙发育地带很容易形成严重的水土流失。

[0003] 在地下潜水位较低的矿区,地表沉陷后地表高程仍高于原来的地下潜水位,不易出现覆水沉陷区域。在此情况下沉陷区域仍然可以作为耕地使用,但耕地在动态沉陷过程中会有很多裂隙发育,当沉陷土体发展成为沉陷区的坡底时才趋于稳定。在裂隙递进发育过程中,裂隙密集的区域土体会出现严重的水土流失,不仅是地表的水平方向的水土流失,还会在垂向上形成水土流失,进而影响土壤质量。裂隙发育多的耕作区会产生营养元素的大量迁移或流失,导致土壤肥力流失,持水持肥能力下降。

[0004] 控制和减少沉陷区边缘坡地的裂隙发育,对保持水土和控制土壤质量有着重要意义。目前我国矿区的地表沉陷过程缺乏相关的管理制度和控制手段。深部开采导致的地表土体动态沉陷过程并没有相关的人工干预,基本任其自然沉陷。由于不同时期的气象条件差异较大,自然沉陷的过程中的形成的地表张裂隙较大,水土流失严重,土壤肥力流失也相当严重。针对矿区较为脆弱的生态环境,迫切需要一种技术手段或方法来控制地下矿产开采沉陷区地表水土流失,以保持沉陷区的水土和控制土壤质量。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提供了一种控制地下层状矿产开采沉陷区地表水土流失的方法。

[0006] 本发明是通过以下技术方案实现的:一种控制地下层状矿产开采沉陷区地表水土流失的方法,其特征在于包括以下步骤:

[0007] 步骤一、将深部采空区边界线竖直向上投影到地表,在地表形成地表边界线,设定周期来压步距为 L ,将地表边界线与向外 $1L$ 等距线之间的范围划为拟拉张区,将地表边界线与向内 $0.5L$ 等距线之间的范围划为拉张区,将向内 $0.5L$ 等距线与向内 $1L$ 等距线之间的范围划为挤压区,将向内 $1L$ 等距线以内的范围划为稳定区;

[0008] 步骤二、在拟拉张区测定土体的性质,包括对土体含水率 MC 、塑限 W_p 、液限 W_L 、干密度 ρ 和原状土体水分入渗速率 k 的测定;

[0009] 步骤三、根据步骤二获取的数据计算补水量 $V=S \times V_1 \times H$,喷灌时间 $t=H/k$,喷灌流量 $Q=V/t$,其中 V_1 是调节单位体积土壤含水率至液限 W_L 所需要的水量, H 是设定的需要调节含水率的土体的深度, S 是拟拉张区的面积 $S=L \times W$, W 是工作面掘进宽度;

[0010] 步骤四、在拟拉张区上方实施喷灌,补水量、喷灌时间、喷灌流量均由步骤三计算获得。

[0011] 作为对上述方案的进一步改进,所述喷灌所采用的方法为喷淋或微孔注水。

[0012] 作为对上述方案的进一步改进,所述喷灌是连续喷灌或间歇喷灌。

[0013] 作为对上述方案的进一步改进,喷灌时间 t 需要与深部工作面掘进速度 u 和周期来压步距 L 需要满足关系 $t \leq L/u$,确保在动态沉陷拉应力作用破坏土体连结之前土体已经得到改性。

[0014] 本发明相比现有技术具有以下优点:本发明提供一种控制地下层状矿产开采沉陷区地表水土流失的方法。目前在我国矿区沉陷裂隙发育导致的水土流失缺少相关的控制技术手段,本方法为动态沉陷区地表土体裂隙发育造成的水土流失提供了一种可操作的控制手段,填补了相关领域的空白。本方法只需要对动态沉陷区地表土体相关性质的测定后,改变土体的含水率,利用土体本身的膨胀性、塑性、抗拉性等性质实现。方法无需大型机械施工,在矿区环境治理技术方法中属低投入的,治理成本低廉。方法无需对地表土体进行化学改性,不会破坏土体中的微生态环境,适合矿区较脆弱的生态环境。此外,该方法可广泛应用于低潜水位沉陷区,改善地表土体的含水率,能够对矿区地表土体植被保护产生催进作用,抑制扬尘、保护地表土体植物、保持水土、保护土壤质量等附加环境效益明显。该方法简单,成本低廉,效益明显,适于大范围推广应用。

附图说明

[0015] 图1是区域划分示意图。

[0016] 图2是自然沉陷过程土体应力分布状态及变形分布二维模型。

[0017] 图3是经本发明处理的沉陷过程土体应力分布状态及变形分布二维模型。

具体实施方式

[0018] 下面对本发明的实施例作详细说明,本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0019] 地下井工开采过程中,由于工作面周期来压等因素影响,深部采空区沉陷过程呈现陆续推进的特点。所以地表形成的沉陷区也并不是稳定的,也呈现出动态特征。随着地下煤炭开采工作面的推进,地表沉陷区也在相应位置陆续扩大,即沿着工作面的推进方向向前陆续沉陷。因此,沉陷区边缘形成的坡地也会出现“移动”现象,随着陆续往前沉陷,前一阶段形成的坡面和坡顶,会变成下一阶段的坡底,并在前方形成新的坡顶。新的坡顶土体受到拉应力,形成拉伸区又会出现裂隙。前一阶段的坡面和坡顶变成坡底后,原来的拉应力又转变成压应力,之前形成裂隙会在压应力作用下合拢。这种递进的沉陷会使得裂隙陆续向

前发育,形成动态的发育过程。上述过程即为动态沉陷区地表裂隙发育的机理。对该过程进行人工干预即可实现一定程度地沉陷区地表水土流失的控制。为控制这种现象,我们提供了一种控制地下层状矿产开采沉陷区地表水土流失的方法,包括以下步骤:

[0020] 步骤一、将深部采空区边界线竖直向上投影到地表,在地表形成地表边界线34,设定周期来压步距为L,将地表边界线34与向外1L等距线40之间的范围划为拟拉张区4,将地表边界线34与向内0.5L等距线23之间的范围划为拉张区3,将向内0.5L等距线23与向内1L等距线12之间的范围划为挤压区2,将向内1L等距线12以内的范围划为稳定区1;

[0021] 步骤二、在拟拉张区4测定土体的性质,包括对土体含水率MC、塑限 W_p 、液限 W_L 和干密度 ρ 的测定,测定调节单位体积土壤含水率MC至液限 W_L 所需要的水量 V_1 。另外同时测定原状土体水分入渗速率k,设定需要调节含水率的土体的深度H,根据工作面掘进宽度W统计拟拉张区4的面积 $S=L \times W$;由于自然土体具有一定的胀缩性,在一定条件下会发生膨胀或收缩。尤其当土体的含水率发生变化时,其体积会发生明显的变化,相关的物理性质也会发生改变,例如稠度、抗压、抗拉和塑性等性质的改变。自然状态下地表土体的含水率在大部分的气象条件下是比较低的,所以容易产生裂隙的发育。在沉陷区地表坡地形成过程中,结合地下井工开采的工作面掘进位置,在地表确定沉陷发展位置。提前对即将发展成为拉张区3的土体根据其可塑性进行人工加湿,增加地表土体的含水率,土体即会发生膨胀,在抵消部分拉应力的同时,稠度改变,塑性增强,抗拉性具有一定的提升,即可有效降低地表土体裂隙发育的密度和深度,抑制水土流失。但不同地区的地表土体的土质和构造都有一定的差异,导致不同地区的地表土的膨胀性存在差异即膨胀率不同。所以根据不同地区地表土体的特征,在沉陷前即需要对即将形成坡地的土体进行相关土体性质的测定。

[0022] 步骤三、根据步骤二获取的数据计算补水量 $V=S \times V_1 \times H$,喷灌时间 $t=H/k$,喷灌流量 $Q=V/t$,其中 V_1 是调节单位体积土壤含水率至液限 W_L 所需要的水量,H是设定的需要调节含水率的土体的深度,S是拟拉张区4的面积 $S=L \times W$,W是工作面掘进宽度;

[0023] 步骤四、在拟拉张区4上方实施喷灌,补水量、喷灌时间、喷灌流量均由步骤三计算获得。

[0024] 喷灌所采用的方法为喷淋或微孔注水。喷灌流量根据土体性质确定,确保水能够入渗到土体的一定深度,在部分透水性较差的土体还可以辅助以微孔注水,确保土体整体含水率得到及时调整改善。

[0025] 喷灌是连续喷灌或间歇喷灌。当土壤水分入渗速率较慢时,采用间歇喷灌,表层土壤出现明显积水时停止喷灌,待土壤表层积水入渗完毕继续喷灌。当土壤水分入渗速率较慢时,采用间歇喷灌,控制喷灌流量 $Q < V/t$,当表层土壤出现明显积水停止喷灌,待土壤表层积水入渗完毕继续喷灌,此停顿后恢复喷灌的时间即为间歇喷灌的时间间隔。这种间断的持续喷灌总喷灌量必须达到V。

[0026] 喷灌时间t需要与深部工作面掘进速度u和周期来压步距L需要满足关系 $t \leq L/u$,确保在动态沉陷拉应力作用破坏土体连结之前土体已经得到改性。当沉陷坡地发展到已经提前改性的土体时,土体由于含水率的调整,土体膨胀,抗拉性、塑性都得到了改善,能有效降低土体张裂隙发育的密度和深度。即可实现对动态沉陷区地表裂隙发育一定程度上的控制,从而抑制了自然状态下裂隙肆意发展的现象,能有效的抑制水平和垂向方向的水土流失,保持土体中的营养元素,保护矿区脆弱的生态环境。

[0027] 喷灌湿润土体的时间、区域及洒水量取决于开采沉陷盆地形成与扩展的速率、地表土质类型、土体的水理性质,以及土体的天然含水量。通过实施定量喷灌的辅助技术调整土体含水率,使拟拉张区4的土体力学性质得到改性,从而有效的改善动态沉陷阶段张裂隙发育强度。每次喷灌的规模取决于沉陷盆地拉张区3的范围;喷灌水量则根据土体当时含水量大小适当喷灌增加,直至达到该区土体塑性状态的最低含水量;喷灌的时间周期取决于塌陷盆地向外围扩展速度,这一速度与地下矿层开采的周期来压步距有关。喷灌技术的实施的时间实际上是随着地下开采工作面向前推进而引起的盆地扩展时间同步。

[0028] 通过上述的沉陷盆地扩展时区的预喷灌,调整了土体的含水率,对土体进行了改性。预喷灌的方法实现了动态沉陷扩展时区土体张裂隙发育的有效控制。方法只利用土体物理性质,无需对地表土体进行化学改性,不会破坏土体中的微生态环境,适合矿区较脆弱的生态环境。该方法可广泛应用于非水体下采矿区,尤其是针对地表具有一定程度土体覆盖的矿区,通过改善地表土体的含水率而控制土体裂隙的发育,进而达到因地下开采表水土流失的控制,以及保护地表植物、保护土壤质量等附加环境效益。该方法简单,成本低廉,效益明显,适于大范围推广应用。

[0029] 自然条件下动态沉陷的过程可人为划分为两个阶段,如图2自然沉陷过程土体应力分布状态及变形分布二维模型所示。第一个阶段主要是原始土体在深部采空后出现垂直方向的下沉,即图2中a图到b图的阶段。深部采空后地表土体下部失去支承,出现垂直方向的下沉和土体形变及应力的改变。图2中b图出现沉陷盆地,中间低,四周为坡地。在坡地的坡底区域由于坡面土体向坡底倾覆,重力作用下会向坡底中间形成挤压的应力,从而形成地表土体挤压区2。外围坡顶区域由于坡面土体在重力作用下向坡底倾覆形成拉应力,从而形成地表土体拉张区3。自然状态下土体抗拉强度较弱,在拉张区3由于拉应力的作用会出现连结破坏,即形成图2中b图拉张区3地表土体的垂向张裂隙。

[0030] 第二阶段主要是沉陷盆地形成后向外围扩展的阶段,即图2中b图到c图的阶段。深部开采的工作面进一步推进,地表沉陷范围会沿着深部采空区发展方向进一步发展。第一阶段形成的坡地的坡顶区域会下沉,形成新的坡地的坡底。图2中b图的拉张区3会演变成为图2中c图的挤压区2,图2中b图的拟拉张区4会演变成为图2中c图的拉张区3。图2中c图新拉张区3的土体会在拉应力作用下形成新的垂向张裂隙。由于地下矿产开采工作面的水平推进和周期来压等原因,第二阶段会反复发生。

[0031] 上述动态沉陷过程的两个阶段都会形成新的地表土体张裂隙,采用本发明提供的方案可以有效避免以上过程张裂隙的形成,抑制水土流失。在动态沉陷的第一阶段,首先根据深部开采的位置,确定地表即将沉陷的位置,如图3预喷灌动态沉陷过程裂隙发育二维模型中的a图所示。拟沉陷位置确定后,先划定拟挤压区11和拟拉张区4,在拟拉张区4进行相关土体性质的测定,包括含水率、塑限、液限、透水性、膨胀性等指标。确定抑制土体张裂隙发育所需要的含水率,并根据土体自然含水率计算确定需要喷灌提高的含水率及喷灌量。拟拉张区4即可划定为喷灌区5,在划定喷灌区5之后,即可实施喷灌,如图3中a图所示。喷灌需要在沉陷第一阶段发生之前完成,并使整体的土体含水率得到调整。如果土体透水性较差,较深层的土体不能及时得到调整,可以通过微孔注水等辅助方式,加快对深层土体进行含水率的调整。由于即将形成的沉陷坡地坡顶的拟拉张区4形成前,土体的含水率已经得到调整,土体发生了一定膨胀,塑性也得到了提高。所以沉陷后,坡地坡顶形成的拉张区3(图3

中b图),在预喷灌作用下并不会形成明显的土体张裂隙,在动态沉陷第一阶段的张裂隙发育能得到有效控制。

[0032] 动态沉陷过程的第一阶段深部采空后垂直方向的下沉完成后,即图3中a图到b图过程完成后,动态沉陷进入第二阶段,即沉陷盆地形成后向外围扩展的阶段。第一阶段完成后形成坡地,坡地的坡顶位置形成拉张区3。由于深部开采工作面拟向前推进,所以往外围延伸区域则成为即将拉张区3即拟拉张区4。在第二阶段,即图3中b图到c图的过程,在此过程发生前,先在地表对应位置划定挤压区2、拉张区3和拟拉张区4。拟拉张区4的位置即下一步实施预喷灌位置。所以需要在拟拉张区4进行相关土体性质的测定,包括含水率、塑限、液限、透水性、膨胀性等指标。确定抑制土体张裂隙发育所需要的含水率,并根据土体自然含水率计算确定需要喷灌提高的含水率及喷灌量。根据地下矿产开采工作面宽度和周期来压步距确定喷灌区5域的长度和宽度,即确定喷灌范围。拟拉张区4即可划定为喷灌区5,在划定喷灌区5之后,即可实施喷灌,如图3中b图所示。喷灌时间需要在沉陷第二阶段发生之前,即喷灌需要在沉陷拟拉张区4变成拉张区3之前完成,并使整体的土体含水率得到调整。如果土体透水性较差,较深层的土体不能及时得到调整,可以通过微孔注水等辅助方式,加快对深层土体进行含水率的调整。由于新的沉陷坡地坡顶的拉张区3形成前,土体的含水率已经得到调整,土体发生了一定膨胀,塑性也得到了提高。所以新的沉陷坡地坡顶的拉张区3(图3中c图),在预喷灌作用下并不会形成明显的土体张裂隙,在动态沉陷第二阶段的张裂隙发育能得到有效控制,水土流失从而得到有效控制。第二阶段沉陷坡地向外围发展后,第一阶段形成的挤压区2在沉降稳定后成为稳定区1,拉张区3继续沉陷为挤压区2,拟拉张区4会进一步发展成为拉张区3,外围又将形成拟拉张区4。随着深部开采工作面持续推进仍然需要对新的拟拉张区4进行喷灌,从而持续抑制沉陷坡地连续发展形成的拉张区3张裂隙的形成,即达到持续控制地下矿产开采沉陷区地表水土流失的目的。

[0033] 通过上述两个阶段的前期对拟拉张区4的预喷灌,调整了土体的含水率,对土体进行了改性。预喷灌的方法实现了对动态沉陷不同阶段土体张裂隙发育的有效抑制,控制了地下矿产开采沉陷区地表水土流失,进而实现了矿区地表土体水土保持和土壤质量的控制。

[0034] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

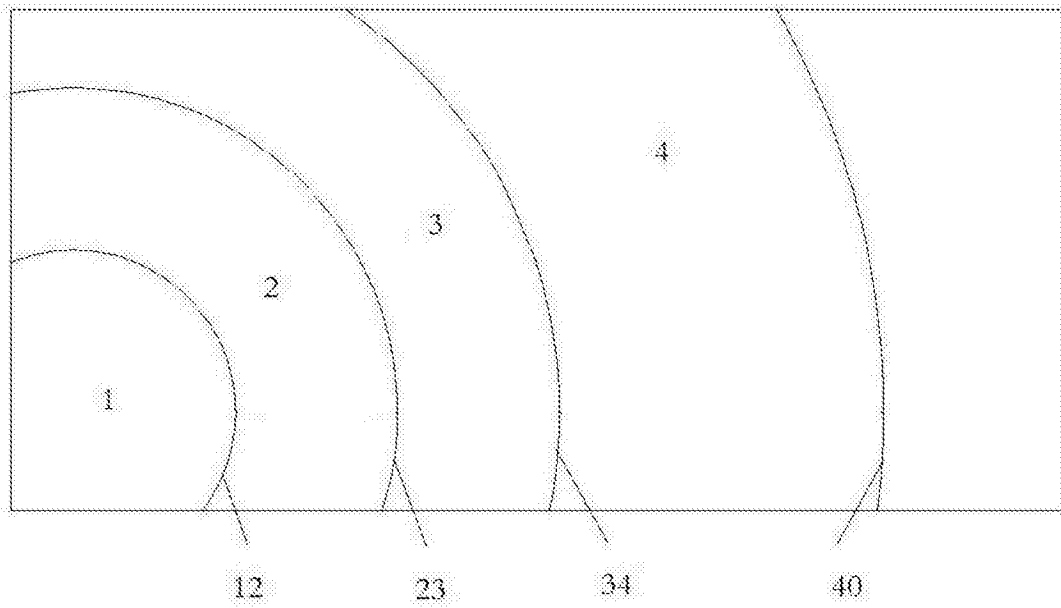


图1

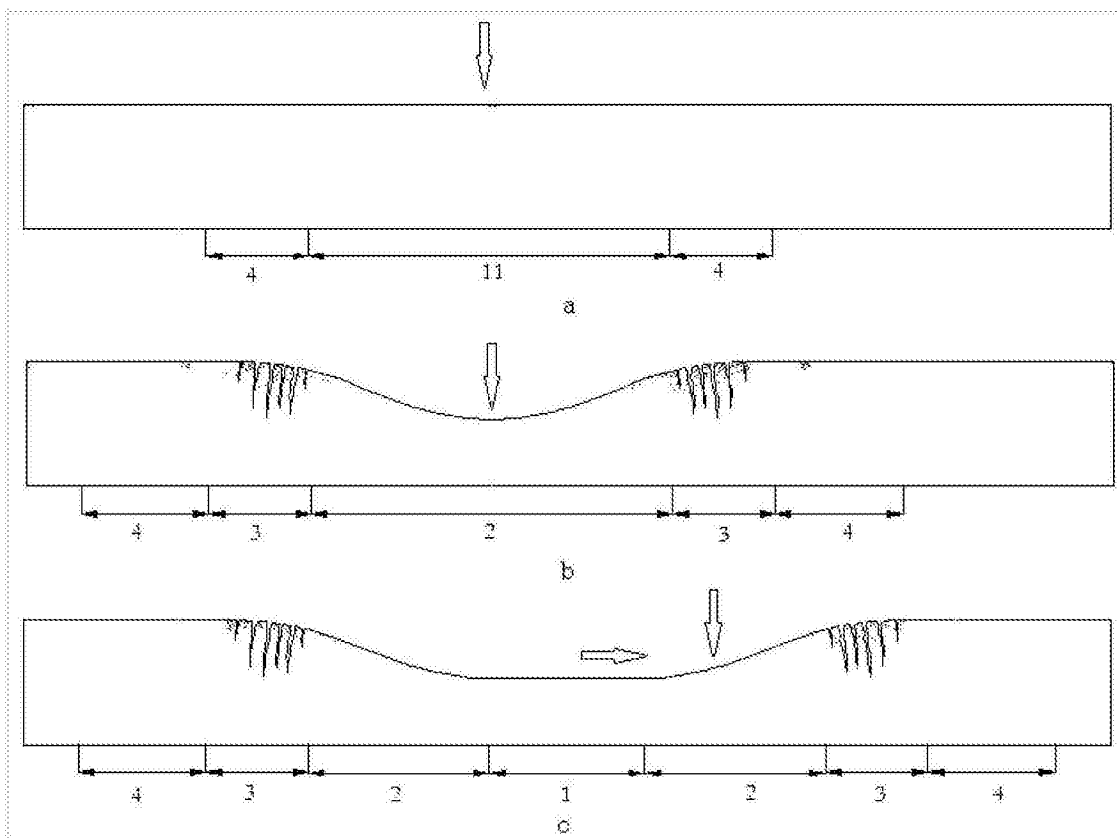


图2

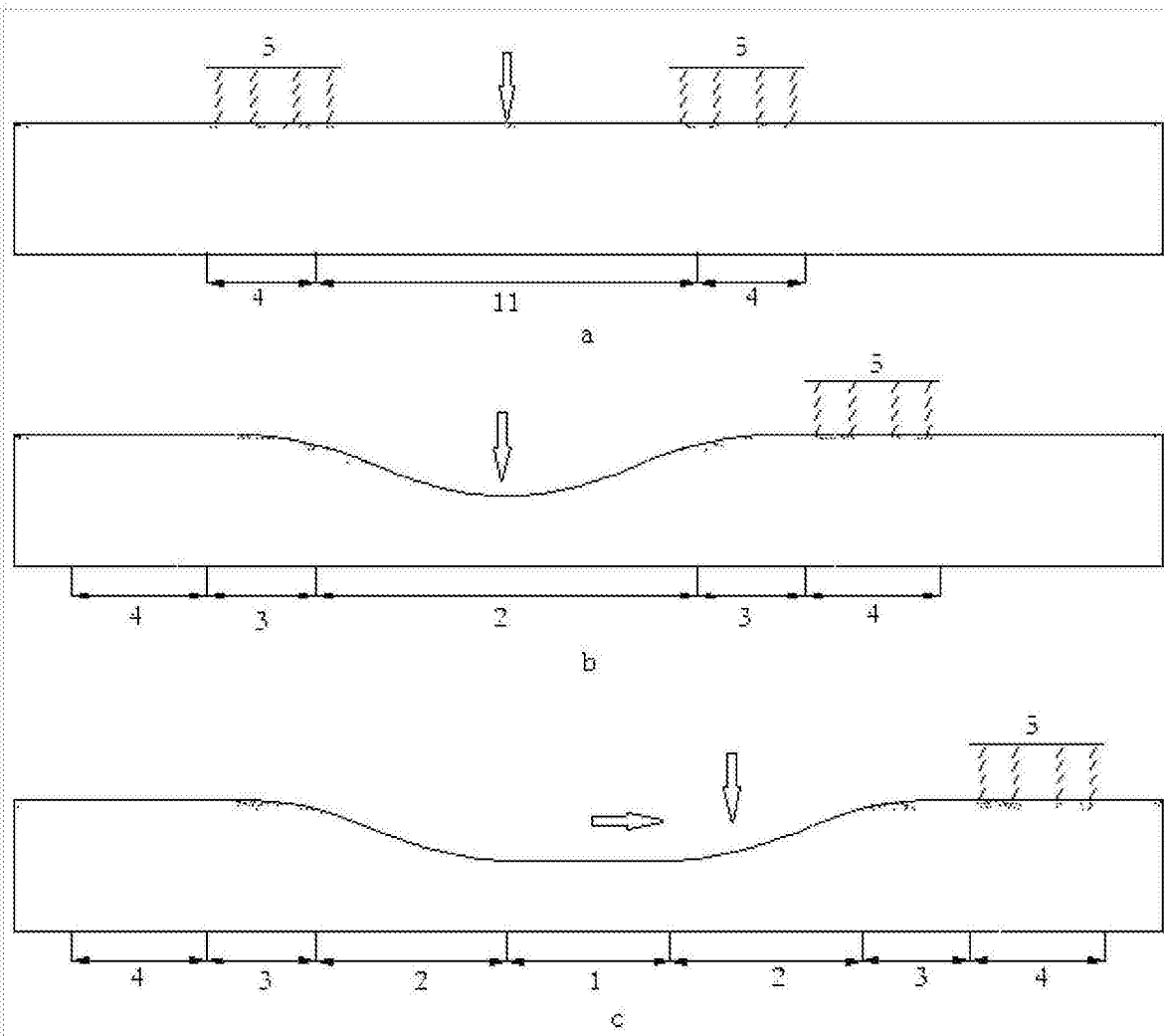


图3