



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106761780 A

(43)申请公布日 2017.05.31

(21)申请号 201611061193.7

(22)申请日 2016.11.28

(71)申请人 浙江大学城市学院

地址 310015 浙江省杭州市湖州街50号

(72)发明人 魏纲 王永安 王霄 朱田宇  
林雄 邢建见 陆世杰 俞国骅  
宋宥整 许奎鑫

(74)专利代理机构 杭州丰禾专利事务所有限公  
司 33214

代理人 王晓峰

(51)Int.Cl.

E21D 9/01(2006.01)

E21D 11/08(2006.01)

E21D 11/10(2006.01)

E21F 17/18(2006.01)

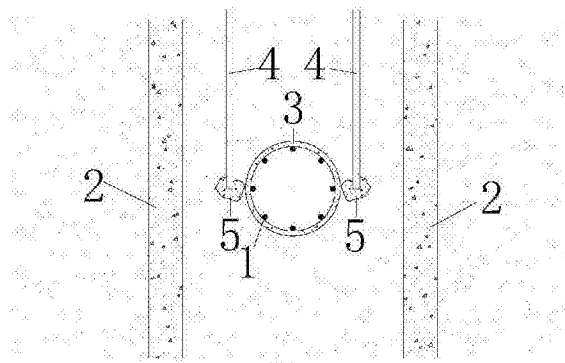
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

一种地面堆载作用下盾构隧道变形修复方法

(57)摘要

本发明提供一种地面堆载作用下盾构隧道变形修复方法,包括如下:步骤1)在隧道盾构的隧道管片内均匀布设隧道变形监测点,基于变形监测数据监测当前隧道变形状态;步骤2)在待修复隧道断面两侧分别施作隔离桩,限制隧道周围土体沿隧道横断面方向的位移变形;步骤3)在工程条件可以满足的情况下先卸载部分隧道上方土体,以使隧道修复更容易完成;步骤4)在隧道径向两侧端的隧道管片上的螺丝栓位置处安装钢绞线I后,采用四根钢绞线II连接形成一结点后与一根钢绞线III相连,且在该钢绞线III与张拉设备相连;通过张拉装置在隧道内部张拉隧道两侧来恢复隧道的变形。采用专利方法,对周围环境影响小,在隧道盾构隧道变形修复中具有广阔的运用前景。



1. 一种地面堆载作用下盾构隧道变形修复方法,其特征在于,包括一种利用围压及内部张拉修复隧道变形的装置,该利用围压及内部张拉修复隧道变形的装置包括若干个隧道变形监测点、两根隔离桩、两根注浆体、张拉设备和钢绞线,在隧道盾构内侧壁面上拼接有多块隧道管片,在每块隧道管片上固定设有若干个能够与螺丝栓相配合连接的螺孔,相邻两块隧道管片之间通过螺丝栓拼接成一体;位于隧道盾构内侧壁面的径向两端的隧道管片能够通过钢绞线连接,且在该钢绞线与张拉设备相连;在盾构隧道管片内均匀布设若干个隧道变形监测点;所述两根隔离桩以及两根注浆体分别设置于隧道盾构外侧两边,且两根注浆体位于两根隔离桩之间;位于两根注浆体末端的两个液浆点分别朝向隧道盾构外侧壁面,且该两个液浆点位于隧道盾构内侧壁面的同一径向两端;

具体包括如下步骤:

步骤1:在隧道盾构的隧道管片内均匀布设隧道变形监测点,基于变形监测数据监测当前隧道变形状态;

步骤2:在待修复隧道断面两侧分别施作隔离桩,限制隧道周围土体沿隧道横断面方向的位移变形;

步骤3:在工程条件可以满足的情况下先卸载部分隧道上方土体,以使隧道修复更容易完成;

步骤4:在隧道径向两侧端的隧道管片上的螺丝栓位置处安装钢绞线I后,采用四根钢绞线II连接成一结点后与一根钢绞线III相连,且在该钢绞线III与张拉设备相连;通过张拉装置在隧道内部张拉隧道两侧来恢复隧道的变形。

2. 根据权利要求1中所述的一种地面堆载作用下盾构隧道变形修复方法,其特征在于,步骤4中还包括以下步骤:

(1) 首先,根据隧道变形模式,将隧道管片对应位置处的螺丝栓按照4个螺丝栓对应一根钢绞线I的模式安装钢绞线I,根据不同工程可以选用不同的钢绞线I安装形式,选择不同的螺丝栓来固定钢绞线I;

(2) 选择好安装模式后,首先将对应的螺丝栓卸下,然后已选择的钢绞线I安装形式,将钢绞线I从与隧道管片横向平行的顶部左侧螺孔中穿入,于顶部右侧螺孔中穿出并按照顺时针方向依次穿入右侧螺孔、下侧螺孔、左侧螺孔,最后在左上方将钢绞线I打结;再用四根钢绞线II分别与隧道管片上已打结的钢绞线I拉住,拉到离隧道中心三分之一隧道半径R处,再用最后一根钢绞线III将这四根钢绞线II固定,并拉至隧道中心以便于对钢绞线I进行均匀地张拉,钢绞线III为最后与张拉设备连接的钢绞线;

其中:隧道在地面堆积荷载作用下变形分为三种基本变形形态,即右侧受压变形、垂直受压变形及左侧受压变形;对于不同的变形椭圆应选择不同的钢绞线在隧道中的安装方位;

(3) 安装钢绞线后,采用液压千斤顶,高压柱塞液压泵,高压连接油管,液压表四种装置对钢绞线进行张拉;具体过程为:手动关闭高压柱塞液压泵,适当调节节流阀以控制向千斤顶张拉油缸注油加压的速度,在可控加压的条件下,开始张拉钢绞线;

(4) 同时,针对隧道的横椭圆变形状态,在隧道变形椭圆的长轴轴线上,接近隧道管片变形位置处对土体进行高压注浆;通过对隧道盾构隧道待修复断面周围土体进行高压注浆增大土体应力,从而恢复隧道的变形;

在隧道的三种基本变形形态下,对于不同的变形椭圆仍应选择不同的注浆点,对于右侧受压变形,为修复隧道变形同时抵消一部分隧道沉降,应将注浆点位置设置在隧道断面右下方;同理,左侧受压变形则将注浆点设置在隧道断面的左下方;对于垂直受压变形,为避免隧道产生侧移变形应同时在隧道断面两侧进行高压注浆;以上三种变形形态修复注浆点均应分布在隧道变形椭圆的长轴直线上;

用注浆体进行高压注浆处理后,注浆点位置附近的土体开始膨胀,但在两侧隔离桩的限制作用下,地基土反力增大作用在膨胀的土体上使得土体位移受到限制,导致局部膨胀土体受到挤压,这个反压作用反作用在变形的隧道上,同时结合隧道断面变形监测数据合理控制注浆压力,即可对隧道断面变形进行修复;在注浆的同时,通过控制内部千斤顶张拉钢绞线对隧道变形进行控制;高压注浆和张拉共同修复隧道的变形;

确定合适的注浆位置之后,在高压注浆修复隧道变形时,应基于隧道断面变形监测数据,实时调整注浆压力及千斤顶张拉注油加压速度,对隧道变形进行针对性修复,使隧道变形修复处于可控状态;在隧道进行高压注浆修复及内部张拉修复的同时,应同时检测隧道当前的变形状态,注浆速度和注浆量应参考变形监测数据进行实时调整,确保隧道变形修复效果,修复完成后将注浆孔进行封堵;

同时,在修复完成后,应将钢绞线从隧道管片上卸下,并将各螺丝栓恢复原位并紧实;若修复开始时有卸载,则在修复完成时,采用内张钢圈加固隧道,并进行回填。

3. 根据权利要求1或2中所述的一种地面堆载作用下盾构隧道变形修复方法,其特征在于,所述钢绞线分为钢绞线I、钢绞线II和钢绞线III,相邻四块隧道管片上分别通过一根钢绞线I固定连接在各自隧道管片的两个螺孔之间,该相邻四块隧道管片上的四根钢绞线I分别通过一根钢绞线II连接形成一结点后与一根钢绞线III相连。

## 一种地面堆载作用下盾构隧道变形修复方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种地面堆载作用下盾构隧道变形修复方法,属于地下工程技术领域。

### 背景技术

[0002] 目前,国内外对隧道盾构隧道的修复均为在隧道管片产生破损后采用明挖法施工。这种修复存在以下问题:

[0003] 1) 修复发生在隧道管片破损之后,是一种被动修复,不能在隧道管片达到临界变形点之前及时修复防止隧道管片发生破坏。

[0004] 2) 采用明挖法施工,需要挖出隧道迎土面上方土体,对周围环境影响较大。

[0005] 3) 上覆土体挖除属于卸载过程,会造成隧道局部上浮变形,对隧道的结构稳定性不利。

[0006] 4) 明挖法在城市闹区等敏感地带难以实施,施工风险较大。

[0007] 5) 隧道本身变形修复困难,尤其是水平直径变大(即横椭圆变形)难以恢复。

### 发明内容

[0008] 本发明针对以上不足之处,设计了以下装置。

[0009] 本发明提供一种地面堆载作用下盾构隧道变形修复方法,包括一种利用围压及内部张拉修复隧道变形的装置,该利用围压及内部张拉修复隧道变形的装置包括若干个隧道变形监测点、两根隔离桩、两根注浆体、张拉设备和钢绞线,在隧道盾构内侧壁面上拼接有多块隧道管片,在每块隧道管片上固定设有若干个能够与螺丝栓相配合连接的螺孔,相邻两块隧道管片之间通过螺丝栓拼接成一体;位于隧道盾构内侧壁面的径向两端的隧道管片能够通过钢绞线连接,且在该钢绞线与张拉设备相连;在盾构隧道管片内均匀布设若干个隧道变形监测点;所述两根隔离桩以及两根注浆体分别设置于隧道盾构外侧两边,且两根注浆体位于两根隔离桩之间;位于两根注浆体末端的两个液浆点分别朝向隧道盾构外侧壁面,且该两个液浆点位于隧道盾构内侧壁面的同一径向两端。

[0010] 作为优选:所述钢绞线分为钢绞线Ⅰ、钢绞线Ⅱ和钢绞线Ⅲ,相邻四块隧道管片上分别通过一根钢绞线Ⅰ固定连接在各自隧道管片的两个螺孔之间,该相邻四块隧道管片上的四根钢绞线Ⅰ分别通过一根钢绞线Ⅱ连接形成一结点后与一根钢绞线Ⅲ相连。

[0011] 利用本专利的装置对隧道变形进行修复具体包括以下步骤:

[0012] 步骤1:在隧道盾构的隧道管片内均匀布设隧道变形监测点,基于变形监测数据监测当前隧道变形状态,监测点如图1中1所示;

[0013] 步骤2:在待修复隧道断面两侧分别施作隔离桩,限制隧道周围土体沿隧道横断面方向的位移变形,隔离桩如图1中2所示;

[0014] 步骤3:在工程条件可以满足的情况下先卸载部分隧道上方土体,以使隧道修复更容易完成;

[0015] 步骤4:在隧道径向两侧端的隧道管片上的螺丝栓位置处安装钢绞线I后,采用四根钢绞线II连接形成一结点后与一根钢绞线III相连,且在该钢绞线III与张拉设备相连;通过张拉装置在隧道内部张拉隧道两侧来恢复隧道的变形。具体地包括以下步骤:

[0016] (1) 首先,根据隧道变形模式,将隧道管片对应位置处的螺丝栓按照4个螺丝栓对应一根钢绞线I的模式安装钢绞线I,根据不同工程可以选用不同的钢绞线I安装形式,选择不同的螺丝栓来固定钢绞线I,钢绞线I安装形式如图2附图(a),(b),(c)所示,各安装形式对应需要卸下的螺丝栓如图2附图(a),(b),(c)中的6所示。

[0017] (2) 选择好安装模式后,首先将对应的螺丝栓卸下,然后已选择的钢绞线I安装形式,将钢绞线I从与隧道管片横向平行的顶部左侧螺孔中穿入,于顶部右侧螺孔中穿出并按照顺时针方向依次穿入右侧螺孔、下侧螺孔、左侧螺孔,最后在左上方将钢绞线I打结,最后形成图2中钢绞线I形式。再用四根钢绞线II分别在图2中各附图中的A、B、C、D四处将已打结的钢绞线I拉住,拉到离隧道中心三分之一R处(R为隧道半径),再用最后一根钢绞线III将这四根钢绞线II固定,并拉至隧道中心以便于对钢绞线I进行均匀地张拉,钢绞线III为最后与张拉设备连接的钢绞线。

[0018] 需要注意的是,隧道在地面堆积荷载作用下变形分为三种基本变形形态,即右侧受压变形、垂直受压变形及左侧受压变形。对于不同的变形椭圆应选择不同的钢绞线在隧道中的安装方位,三种情况对应的钢绞线安装方位见图3。图3中A、B、C、D为四根钢绞线II与钢绞线I固定的位置,钢绞线III为最后与张拉设备连接的钢绞线。

[0019] (3) 安装钢绞线后,采用液压千斤顶,高压柱塞液压泵(ZB4-500),高压连接油管,液压表四种装置对钢绞线进行张拉。具体过程为:手动关闭ZB4-500油泵截止阀,适当调节节流阀以控制向千斤顶张拉油缸注油加压的速度,在可控加压的条件下,开始张拉钢绞线。

[0020] (4) 同时,针对隧道的横椭圆变形状态,在隧道变形椭圆的长轴轴线上,接近隧道管片变形位置处对土体进行高压注浆。通过对隧道盾构隧道待修复断面周围土体进行高压注浆增大土体应力,从而恢复隧道的变形。隧道管片如图1中3所示,注浆体如图1中4所示,混凝土液浆如图1中5所示。

[0021] 在隧道的三种基本变形形态下,对于不同的变形椭圆仍应选择不同的注浆点,对于右侧受压变形,为修复隧道变形同时抵消一部分隧道沉降,应将注浆点位置设置在隧道断面右下方;同理,左侧受压变形则将注浆点设置在隧道断面的左下方;对于垂直受压变形,为避免隧道产生侧移变形应同时在隧道断面两侧进行高压注浆。以上三种变形形态修复注浆点均应分布在隧道变形椭圆的长轴直线上,三种情况对应的注浆点见图4。

[0022] 用注浆体进行高压注浆处理后,注浆点位置附近的土体开始膨胀,但在两侧隔离桩的限制作用下,地基土反力增大作用在膨胀的土体上使得土体位移受到限制,导致局部膨胀土体受到挤压,这个反压作用反作用在变形的隧道上,同时结合隧道断面变形监测数据合理控制注浆压力,即可对隧道断面变形进行修复。在注浆的同时,通过控制内部千斤顶张拉钢绞线对隧道变形进行控制。高压注浆和张拉共同修复隧道的变形。

[0023] 确定合适的注浆位置之后,在高压注浆修复隧道变形时,应基于隧道断面变形监测数据,实时调整注浆压力及千斤顶张拉注油加压速度,对隧道变形进行针对性修复,使隧道变形修复处于可控状态。在隧道进行高压注浆修复及内部张拉修复的同时,应同时检测隧道当前的变形状态,注浆速度和注浆量应参考变形监测数据进行实时调整,确保隧道变

形修复效果,修复完成后将注浆孔进行封堵。

[0024] 同时,在修复完成后,应将钢绞线从隧道管片上卸下,并将各螺丝栓恢复原位并紧实。若修复开始时有卸载,则在修复完成时,采用内张钢圈加固隧道,并进行回填。

[0025] 本专利的有益效果是:

[0026] 本专利装置简单且操作容易实施,实用性强,施工风险小,且无需开挖隧道结构迎土面,对周围环境影响小,在隧道盾构隧道变形修复中具有广阔的运用前景。

## 附图说明

[0027] 图1盾构隧道变形高压注浆修复横断面图;

[0028] 图2(a)、2(b)、2(c)分别为隧道管片上钢绞线安装对应的管片螺丝栓正视图;

[0029] 图3三种隧道变形形态(右侧受压形变、垂直受压形变、左侧受压形变)内部张拉修复横断面图;

[0030] 图4三种隧道变形形态(右侧受压形变、垂直受压形变、左侧受压形变)及相应高压注浆点位图。

## 具体实施方式

[0031] 下面结合说明书附图对本发明的技术方案作进一步说明:

[0032] 如图1~4所示,本发明提供一种利用围压及内部张拉修复隧道变形的装置的具体实施例,包括若干个隧道变形监测点1、两根隔离桩2、两根注浆体4、张拉设备和钢绞线,在隧道盾构内侧壁面上拼接有多块隧道管片3,在每块隧道管片3上固定设有若干个能够与螺丝栓6相配合连接的螺孔,相邻两块隧道管片3之间通过螺丝栓6拼接成一体;位于隧道盾构内侧壁面的径向两端的隧道管片3能够通过钢绞线连接,且在该钢绞线与张拉设备相连;在盾构隧道管片3内均匀布设若干个隧道变形监测点1;所述两根隔离桩2以及两根注浆体4分别设置于隧道盾构外侧两边,且两根注浆体4位于两根隔离桩2之间;位于两根注浆体4末端的两个液浆点5分别朝向隧道盾构外侧壁面,且该两个液浆点5位于隧道盾构内侧壁面的同一径向两端。

[0033] 其中:所述钢绞线分为钢绞线I7、钢绞线II8和钢绞线III9,相邻四块隧道管片3上分别通过一根钢绞线I7固定连接在各自隧道管片3的两个螺孔之间,该相邻四块隧道管片3上的四根钢绞线I7分别通过一根钢绞线II8连接形成一结点后与一根钢绞线III9相连。

[0034] 利用本专利的装置对隧道变形进行修复具体包括以下步骤:

[0035] 步骤1:在隧道盾构的隧道管片3内均匀布设隧道变形监测点1,基于变形监测数据监测当前隧道变形状态,监测点如图1中1所示;

[0036] 步骤2:在待修复隧道断面两侧分别施作隔离桩2,限制隧道周围土体沿隧道横断面方向的位移变形,隔离桩2如图1中2所示;

[0037] 步骤3:在工程条件可以满足的情况下先卸载部分隧道上方土体,以使隧道修复更容易完成;

[0038] 步骤4:在隧道径向两侧端的隧道管片3上的螺丝栓位置处安装钢绞线I7后,采用四根钢绞线II8连接形成一结点后与一根钢绞线III9相连,且在该钢绞线III9与张拉设备相连;通过张拉装置在隧道内部张拉隧道两侧来恢复隧道的变形。具体地包括以下步骤:

[0039] 1首先,根据隧道变形模式,将隧道管片3对应位置处的螺丝栓按照4个螺丝栓对应一根钢绞线I7的模式安装钢绞线I7,根据不同工程可以选用不同的钢绞线I7安装形式,选择不同的螺丝栓来固定钢绞线I7,钢绞线I7安装形式如图2附图(a),(b),(c)所示,各安装形式对应需要卸下的螺丝栓如图2附图(a),(b),(c)中的6所示。

[0040] 2选择好安装模式后,首先将对应的螺丝栓卸下,然后已选择的钢绞线I7安装形式,将钢绞线I7从与隧道管片3横向平行的顶部左侧螺孔中穿入,于顶部右侧螺孔中穿出并按照顺时针方向依次穿入右侧螺孔、下侧螺孔、左侧螺孔,最后在左上方将钢绞线I7打结,最后形成图2中钢绞线I7形式。再用四根钢绞线II8分别在图2中各附图中的A、B、C、D四处将已打结的钢绞线I7拉住,拉到离隧道中心三分之一R处(R为隧道半径),再用最后一根钢绞线III9将这四根钢绞线II8固定,并拉至隧道中心以便于对钢绞线I7进行均匀地张拉,钢绞线III9为最后与张拉设备连接的钢绞线。

[0041] 需要注意的是,隧道在地面堆积荷载作用下变形分为三种基本变形形态,即右侧受压变形、垂直受压变形及左侧受压变形。对于不同的变形椭圆应选择不同的钢绞线在隧道中的安装方位,三种情况对应的钢绞线安装方位见图3。图3中A、B、C、D为四根钢绞线II8与钢绞线I7固定的位置,钢绞线III9为最后与张拉设备连接的钢绞线。

[0042] 3安装钢绞线后,采用液压千斤顶,高压柱塞液压泵(ZB4-500),高压连接油管,液压表四种装置对钢绞线进行张拉。具体过程为:手动关闭ZB4-500油泵截止阀,适当调节节流阀以控制向千斤顶张拉油缸注油加压的速度,在可控加压的条件下,开始张拉钢绞线。

[0043] 4同时,针对隧道的横椭圆变形状态,在隧道变形椭圆的长轴轴线上,接近隧道管片3变形位置处对土体进行高压注浆。通过对隧道盾构隧道待修复断面周围土体进行高压注浆增大土体应力,从而恢复隧道的变形。隧道管片3如图1中3所示,注浆体如图1中4所示,混凝土液浆如图1中5所示。

[0044] 在隧道的三种基本变形形态下,对于不同的变形椭圆仍应选择不同的注浆点,对于右侧受压变形,为修复隧道变形同时抵消一部分隧道沉降,应将注浆点位置设置在隧道断面右下方;同理,左侧受压变形则将注浆点设置在隧道断面的左下方;对于垂直受压变形,为避免隧道产生侧移变形应同时在隧道断面两侧进行高压注浆。以上三种变形形态修复注浆点均应分布在隧道变形椭圆的长轴直线上,三种情况对应的注浆点见图4。

[0045] 用注浆体进行高压注浆处理后,注浆点位置附近的土体开始膨胀,但在两侧隔离桩2的限制作用下,地基土反力增大作用在膨胀的土体上使得土体位移受到限制,导致局部膨胀土体受到挤压,这个反压作用反作用在变形的隧道上,同时结合隧道断面变形监测数据合理控制注浆压力,即可对隧道断面变形进行修复。在注浆的同时,通过控制内部千斤顶张拉钢绞线对隧道变形进行控制。高压注浆和张拉共同修复隧道的变形。

[0046] 确定合适的注浆位置之后,在高压注浆修复隧道变形时,应基于隧道断面变形监测数据,实时调整注浆压力及千斤顶张拉注油加压速度,对隧道变形进行针对性修复,使隧道变形修复处于可控状态。在隧道进行高压注浆修复及内部张拉修复的同时,应同时检测隧道当前的变形状态,注浆速度和注浆量应参考变形监测数据进行实时调整,确保隧道变形修复效果,修复完成后将注浆孔进行封堵。

[0047] 同时,在修复完成后,应将钢绞线从隧道管片3上卸下,并将各螺丝栓恢复原位并紧实。若修复开始时有卸载,则在修复完成时,采用内张钢圈加固隧道,并进行回填。

[0048] 本专利的有益效果是：

[0049] 本专利装置简单且操作容易实施，实用性强，施工风险小，且无需开挖隧道结构迎土面，对周围环境影响小，在隧道盾构隧道变形修复中具有广阔的运用前景。

[0050] 上述实施例是对本发明的说明，不是对本发明的限定，任何对本发明简单变换后的方案均属于本发明的保护范围。



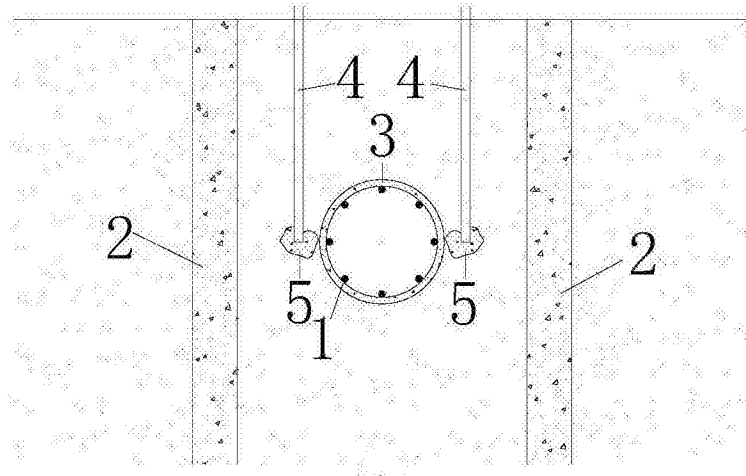


图1

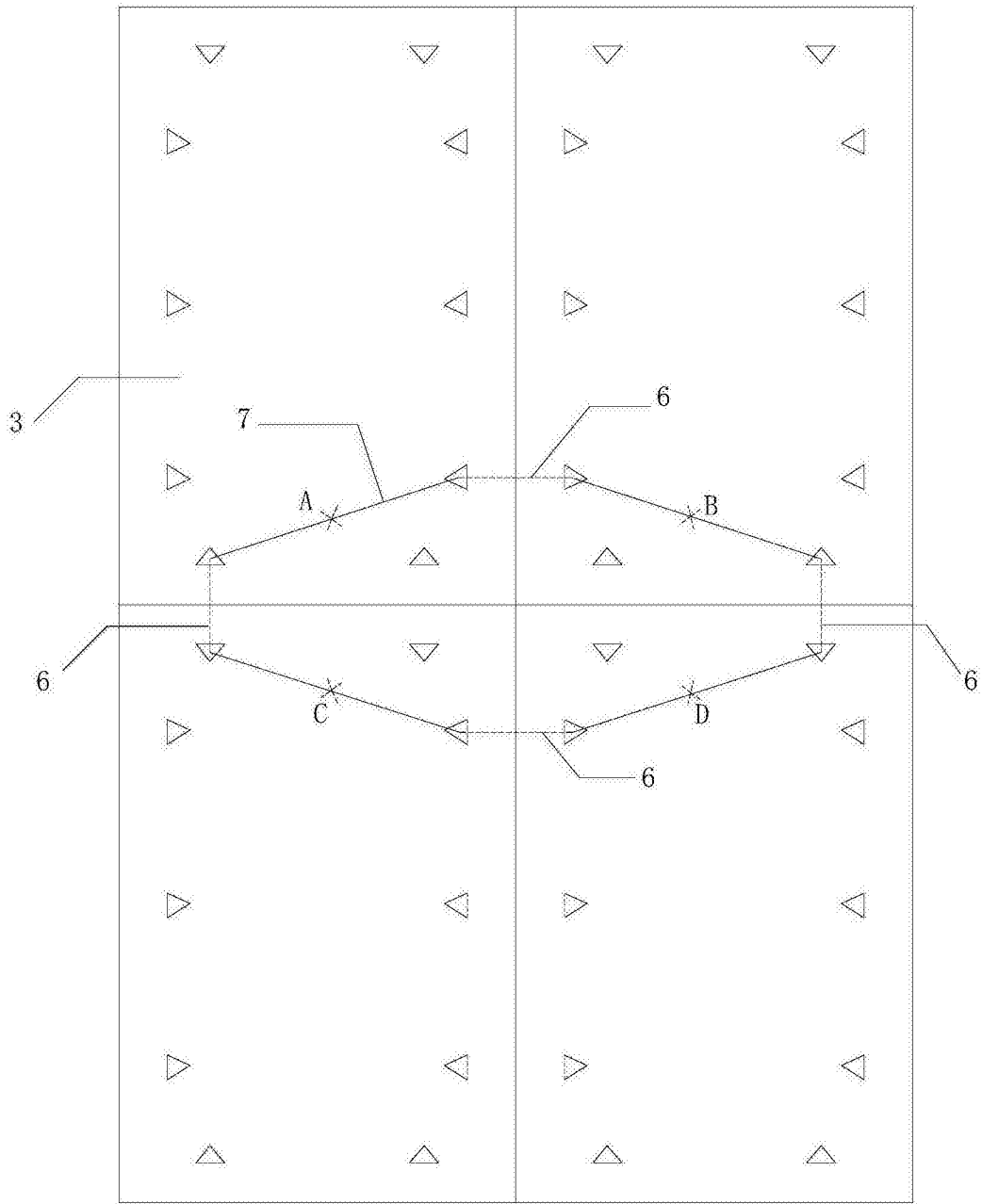


图2(a)

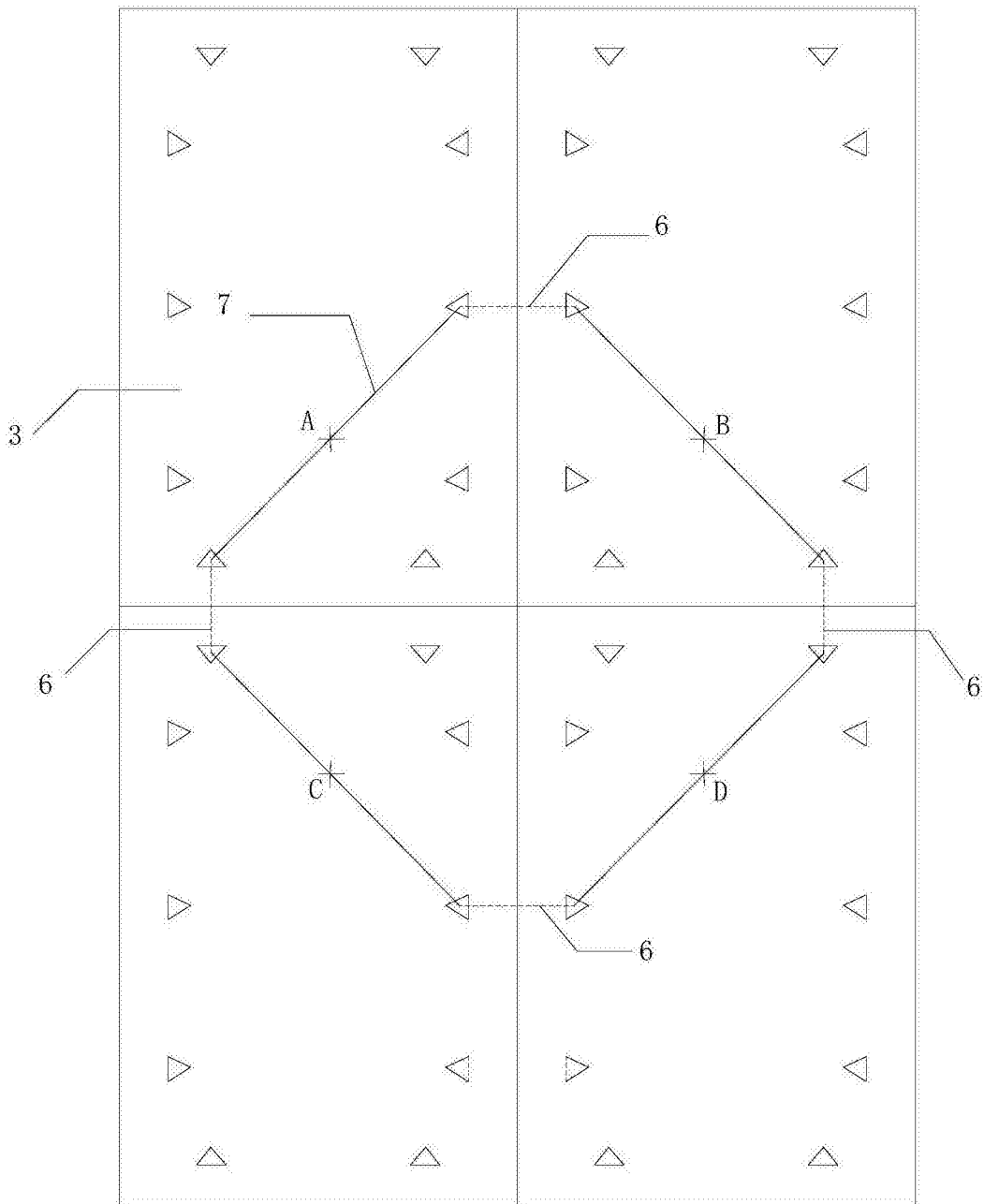


图2 (b)

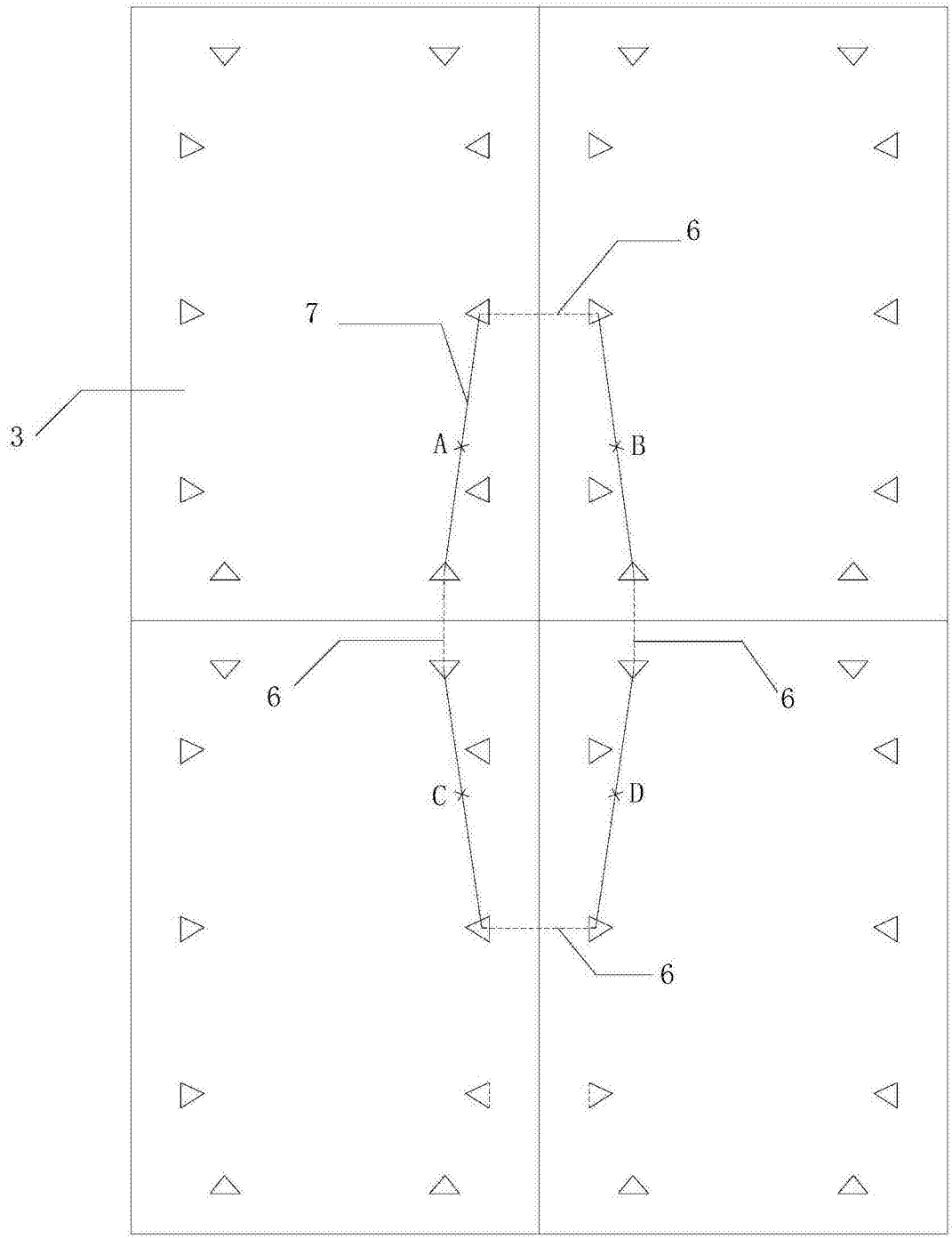
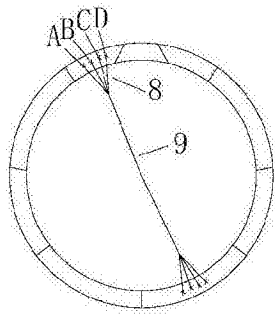
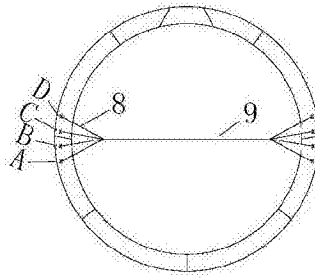


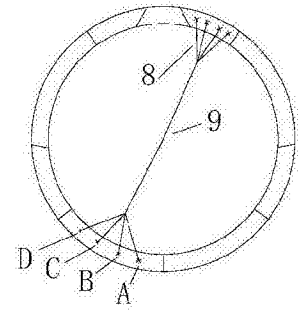
图2(c)



右侧受压变形

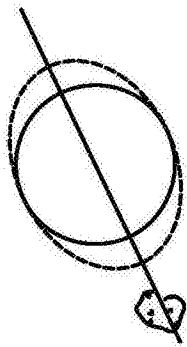


垂直受压变形

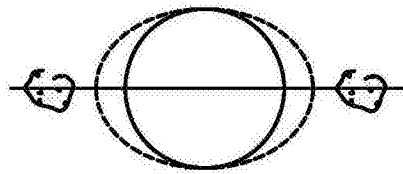


左侧受压变形

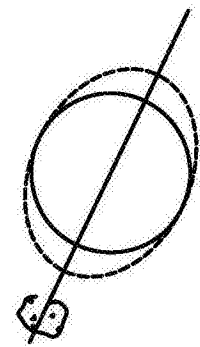
图3



右侧受压变形



垂直受压变形



左侧受压变形

图4