

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2023 年 10 月 26 日 (26.10.2023)



(10) 国际公布号  
**WO 2023/202056 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
*E02D 5/74* (2006.01) *E21D 21/00* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/132248
- (22) 国际申请日: 2022 年 11 月 16 日 (16.11.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
202210415141.4 2022年4月20日 (20.04.2022) CN
- (71) 申请人:江苏科技大学(JIANGSU UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国江苏省镇江市梦溪路2号, Jiangsu 212008 (CN)。
- (72) 发明人:齐永正(QI, Yongzheng); 中国江苏省镇江市梦溪路2号, Jiangsu 212008 (CN)。 杨子明(YANG,

Ziming); 中国江苏省镇江市梦溪路2号, Jiangsu 212008 (CN)。 张航(ZHANG, Hang); 中国江苏省镇江市梦溪路2号, Jiangsu 212008 (CN)。 陈天蛋(CHEN, Tiandan); 中国江苏省镇江市梦溪路2号, Jiangsu 212008 (CN)。 徐浩青(XU, Haoqing); 中国江苏省镇江市梦溪路2号, Jiangsu 212008 (CN)。 吴思麟(WU, Silin); 中国江苏省镇江市梦溪路2号, Jiangsu 212008 (CN)。 王宗志(WANG, Zongzhi); 中国江苏省镇江市梦溪路2号, Jiangsu 212008 (CN)。 金光球(JIN, Guangqiu); 中国江苏省镇江市梦溪路2号, Jiangsu 212008 (CN)。 关云飞(GUAN, Yunfei); 中国江苏省镇江市梦溪路2号, Jiangsu 212008 (CN)。 郝昀杰(HAO, Yunjie); 中国江苏省镇江市梦溪路2号, Jiangsu 212008 (CN)。

(74) 代理人: 南京正联知识产权代理有限公司(NANJING ZHENGLIAN INTELLECTUAL

(54) Title: NEGATIVE POISSON'S RATIO ROTARY ENLARGED SQUARE PERFORATED PLATE ARRAY ANCHOR ROD DEVICE

(54) 发明名称: 一种负泊松比旋转扩大型正方形穿孔板阵列锚杆装置

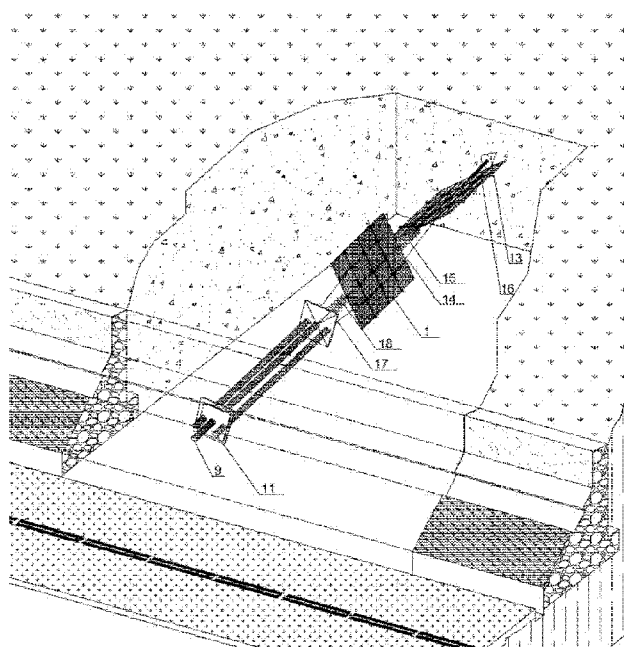


图 1

(57) Abstract: A negative Poisson's ratio rotary enlarged square perforated plate array anchor rod device, which belongs to the technical field of anchor rod supports of slope engineering. One end of an anchor rod body (9) sequentially passes through a retaining structure (8), a pedestal (7) and an anchor device (6), and the other end of the anchor rod body passes through an anchor device fixing plate (12) and is hinged to a negative Poisson's ratio enlarged perforated plate array anchoring structure; and one end of the negative Poisson's ratio enlarged perforated plate array anchoring structure is hinged to a displacement suppressor (13). When primary anchoring fails, the



WO 2023/202056 A1

PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国江苏省南京汉中门大街一号金鹰汉中新城 27 层, Jiangsu 210029 (CN)。

- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

negative Poisson's ratio enlarged perforated plate array anchoring structure is slowly unfolded after being subjected to a tensile force, such that both a ring-tension expansion resistance increasing effect and a ring-compression contraction resistance reducing effect of a free section are achieved, which is a two-stage anchoring effect. The negative Poisson's ratio rotary enlarged square perforated plate array anchor rod device is suitable for soil slope support, underground engineering, tunnel engineering, etc.; on the basis of maintaining the use of a rigid anchor rod, the advantages of a flexible anchor rod are also achieved, i.e., an anchoring force is reliably classified and easy to adjust and supplement, and is easy to recycle and reuse; and high creep resistance is achieved, an anchoring effect is not affected by a gap in a soil body, and the anchor rod is high in integral strength and is wear-resistant.

(57) 摘要: 一种负泊松比旋转扩大型正方形穿孔板阵列锚杆装置, 属于边坡工程锚杆支护技术领域, 锚杆体(9)一端依次穿过支挡结构(8)、台座(7)、锚具(6), 另一端穿过锚具固定板(12)并铰接负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构, 负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构一端铰接位移抑制器(13), 一级锚固失效时, 负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构受到拉力后徐徐展开, 实现了自由段环拉膨胀增阻效应和环压收缩减阻效应并行, 分两级锚固效力; 适用于土质边坡支护、地下工程、隧道工程等; 在保持刚性锚杆应用的基础上, 还兼有柔性锚杆的优点, 锚固力分级可靠且易于调整和补充, 易于回收复用; 抗蠕变性能强, 锚固效力不受土体存在空隙的影响, 锚杆整体强度高, 耐磨损。

## 一种负泊松比旋转扩大型正方形穿孔板阵列锚杆装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种负泊松比旋转扩大型正方形穿孔板阵列锚杆装置，属于边坡工程锚杆支护技术领域。

### 背景技术

[0002] 超材料指的是人为设计的新奇材料，具有自然界中普通材料不具备的物理性质，其宏观特性很大程度上取决于内部微结构（胞元或功能基元）构造而非母材本身的性质。负泊松比材料有两种途径，一为通过材料科学的发展，从微观属性上构造出一种新型的材料，另一种为通过其特定的宏观几何构造在某一个方向上受力时呈现出特定的负泊松比特性。负刚度超材料是其中重要的一个类别，其在变形时力与位移变化的方向相反。负泊松比材料和结构在抗剪切性、抗压痕性、抗断裂性、曲面同向性、渗透率可变性和能量吸收性能等方面具有很大优势。目前负泊松比材料的应用已涉及多个领域。

负泊松比旋转多边形结构是负泊松比材料的另一大类。旋转系统一般由刚性多边形通过顶点铰接构成，旋转多边形结构的泊松比可正可负，主要取决于多边形的组合方式及系统的开放程度等。负泊松比旋转多边形结构产生负泊松比效应的原理是系统受力后刚性多边形绕顶点旋转展开（回缩），使结构整体发生膨胀（收缩），旋转多边形结构也可延伸到三维结构。

土体锚固技术通过锚杆的加筋作用，能够调动土体的自身强度，使得土体成为工程结构的一部分，大大减少支挡结构的体积、减轻了加固结构的自重、节约工程材料，对于控制土体变形效果显著。锚杆的承载力主要依靠锚固体与周围岩土介质的粘结摩阻强度提供，但部分土体粘结摩阻强度较低，往往很难满足设计抗拔力的要求。

### 发明内容

[0003] 本发明针对上述现有技术存在的问题，提供一种负泊松比旋转扩大型正方形穿孔板阵列锚杆装置。

本发明的目的是通过以下技术方案来实现的，一种负泊松比旋转扩大型正方形穿孔板阵列锚杆装置，包括锚杆体、支挡结构、台座、锚具、锚具固定板，所述锚杆体一端依次穿过支挡结构、台座、锚具，所述锚杆体另一端穿过锚具固定

板,其特征是,所述锚杆体另一端穿过锚具固定板还铰接设有负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构,所述负泊松比穿孔板阵列锚固结构远离锚具固定板一端铰接设有阻止负泊松比穿孔板阵列锚固结构端部位移的位移抑制器,当锚杆体段锚固失效时,负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构受到拉力后徐徐展开,使结构整体发生膨胀,变成端部扩张锚杆。

在入土阶段,由于受到了土层和机械施加的压力,不锈钢-铜合金的锚杆体由于材料的负泊松比特性,在受到压力时径向收缩,产生负泊松比受压紧缩效应。

开始工作时,失稳坡体或非稳固土体给予支挡结构拉力,此时加固筋锚杆体和锚杆体开始承受拉应力,不锈钢-铜合金的锚杆体由于杆体负泊松比的变形特性沿剪应力方向膨胀,在失稳坡体段,其膨胀变形致使锚杆体和土体之间压力变大,摩擦力变大,促使锚杆体和土体相对错动的可能性减少,提高其锚固效应,在混凝土-不锈钢铜合金锚杆段,锚杆体的膨胀会导致锚杆体与混凝土之间的压力增大,进而挤压土体,增大了三者之间的机械咬合力,进一步提高了锚杆的锚固效力。

若土体的下滑力继续增大,使得锚杆体和土层发生了相对错动,端部的位移抑制器阻止了负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构的端部位移,而靠近失稳坡体端的结构随着锚杆向外滑动,此时负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构徐徐展开成为多个十字交叉结构,变成端部扩张锚杆,此负泊松比锚杆整体达到了锚固力极限值。

优选的,所述锚杆体为黄铜和不锈钢的合金制成,具有拉胀的效应。

传统锚杆段施加预应力,锚杆段穿过支挡结构由锚具牵拉施加预应力,并由锚头固定。通过锚杆体、锚具、台座与支挡结构相连接,承担失稳坡体的下滑力。

优选的,所述负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构包括若干旋转刚性放大结构、第一弹性拉索和第一刚性拉杆,所述若干旋转刚性放大结构之间错位设置并通过第一弹性拉索与第一刚性拉杆连接。

优选的,所述旋转刚性放大结构包括4组旋转正方形结构,所述4组旋转正方形结构以 $2 \times 2$ 阵列铰接形成旋转刚性放大结构;所述旋转正方形结构包括4块穿孔板,所述4块穿孔板以 $2 \times 2$ 阵列铰接形成旋转正方形结构,4块穿孔板之间的铰接方式使旋转正方形结构在受力后穿孔板绕铰接点旋转展开,使结构整

体发生膨胀，旋转刚性放大结构的泊松比为负。

所述穿孔板为正方形结构，穿孔板表面有纹路且并不光滑，凹凸不平，以此增大和土体之间的摩擦力。

优选的，所述其中一块穿孔板一侧设有两片间隔的第一端板，所述与其中一块穿孔板相邻的一块穿孔板一侧设有第二端板，所述第一端板、第二端板上均设有通孔，所述第二端板位于两块第一端板之间，所述通孔内设有螺栓，螺栓穿过通孔一端设有紧固件。

旋转刚性放大结构的铰接要求较高，既须在结构打开时保证不出现螺栓卡死、不能发生相对转动的情况，又须在岩土中保证不被矿物质、潮湿的环境和微生物锈蚀，故需采用一定的防锈防腐处理。在螺栓与紧固件上涂有润滑图层。

优选的，所述锚杆体两侧分别设有加固筋锚杆体，所述两个加固筋锚杆体一端分别依次穿过支挡结构、台座、锚具，所述两个加固筋锚杆体另一端设有加固筋锚具，所述两个加固筋锚杆体另一端分别依次穿过锚具固定板、加固筋锚具并铰接在负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构上。

防止一根锚杆体的抗拉刚度不能保证，在锚杆体两侧增加加固筋锚杆体，加固筋锚杆体穿过支挡结构的预留孔，由加固筋锚具固定，另一端穿过支挡结构与锚具固定。

优选的，所述两个加固筋锚杆体与负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构之间分别铰接有第二弹性拉索，所述锚杆体与负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构之间铰接有第三刚性拉杆，所述第三刚性拉杆位于两个第二弹性拉索之间。

优选的，所述旋转刚性放大结构为两个，两个旋转刚性放大结构之间通过两根第一弹性拉索和一根第一刚性拉杆连接，所述两个旋转刚性放大结构之间相互垂直设置，所述第一刚性拉杆位于两根第一弹性拉索之间。

当旋转刚性放大结构之间相互垂直设置时，锚固效果最大。

优选的，所述位移抑制器与负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构之间设有第二刚性拉杆，所述第二刚性拉杆两端分别铰接在位移抑制器与负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构之间。

端部的位移抑制器阻止了负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构的端部位移，当锚杆体段锚固失效时，靠近失稳坡体端的结构随着锚杆向外滑动，使负泊松比穿

孔板阵列锚固结构徐徐展开起到锚固作用。位移抑制器为圆锥形结构，在圆锥形底部一端设有正方形钢板，钢板上焊接端板，通过螺栓和紧固件铰接在负泊松比穿孔板阵列锚固结构的端部。增加位移抑制器，填埋与更深层的土体之中，结构在靠近支挡结构的一端增设一根锚杆体和两根加固筋锚杆体，与锚杆整体有更优良的结合。

优选的，所述每一组旋转刚性放大结构由 16 块穿孔板以  $4 \times 4$  阵列组成，所述第一排穿孔板包括第一穿孔板、第二穿孔板、第三穿孔板、第四穿孔板，所述第二排穿孔板包括第五穿孔板、第六穿孔板、第七穿孔板、第八穿孔板；

所述第一穿孔板在右边缘上端和下边缘右端分别焊接端板，第二穿孔板在左边缘上端、下边缘左端和右边缘下端分别焊接端板，第三穿孔板在左边缘下端、右边缘上端和下边缘右端分别焊接端板，第四穿孔板在左边缘上端和下边缘左端分别焊接端板；

所述第五穿孔板与第一穿孔板对称设置端板，第六穿孔板与第二穿孔板对称设置端板，第七穿孔板与第三穿孔板对称设置端板，第八穿孔板与第四穿孔板对称设置端板；且第五穿孔板下边缘左端焊接端板、第六穿孔板下边缘右端焊接端板、第七穿孔板下边缘左端焊接端板以及第八穿孔板下边缘右端焊接端板；所述第一穿孔板下边缘右端铰接第五穿孔板外还铰接第二弹性拉索，第四穿孔板下边缘左端铰接第八穿孔板外还铰接第一弹性拉索，第五穿孔板下边缘左端铰接第三刚性拉杆，第八穿孔板下边缘右端铰接第一刚性拉杆；

所述第三排穿孔板与第二排穿孔板对称设置端板，第四排穿孔板与第一排穿孔板对称设置端板。

在旋转刚性放大结构工作时，第一排第一、第三穿孔板、第二排第六、第八穿孔板、第三排第九、第十一穿孔板、第四排第十四、第十六穿孔板在拉力作用下开始顺时针旋转，直至旋转  $45^\circ$ ，其余穿孔板在拉力作用下开始逆时针旋转，直至旋转  $45^\circ$ ，此时结构拉至最大，亦达到锚杆最大阻力。

本发明具有以下有益效果：1. 本发明由于锚杆体、负泊松比穿孔板阵列锚固结构均在宏观上表现出负泊松比的变形特性，使得此锚杆在施工入土阶段减小了入土的阻力，在受到向外部的拉力时又呈现出膨胀的特性，加强了锚杆的锚固效力。

2. 本发明使用二级锚固结构，钢、铜负泊松比锚杆为一级锚固结构，负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构为二级锚固结构，在一级锚固结构发挥作用的同时，二级锚固结构仅作为其辅助，一级结构失去其作用效力以后，二级锚固结构才正式发挥作用，此特点为锚杆的局部修改和迭代创造了有利条件。

3. 本发明负泊松比锚杆的局部修改和迭代方便，即若需锚固的岩土体不需要很高的锚固力，则通过设计计算后尽可拆除二级锚固结构；若锚杆体可以承担预计拉力，则不必设计加固筋锚杆体。

4. 本发明装置应用广泛，此锚杆形态变化多样，适用于岩土支护、地下工程、隧道工程、海堤锚固工程等，具有广泛的应用前景。此负泊松比锚杆在保持刚性锚杆应用的基础上，还兼有柔性锚杆的优点，锚固力分级可靠且易于调整和补充，易于回收复用；抗蠕变性能强，锚固效力不受岩土体存在空隙的影响，锚杆整体强度高，耐磨损。

5. 传统锚杆和挡土墙护坡均为静力抗衡失稳坡体的下滑力，在某一时刻若护坡结构难以支持，则在顷刻间产生滑坡等灾害。而本专利则不同，在失稳坡体的下滑力达到一定的阈值后，推进护坡体前移，而此时由于方形板阵列缓缓张开的阻力作用，可以使失稳坡体的下滑力徐徐释放，避免在一瞬间释放强大的冲击力造成地质灾害。

#### 附图说明

图 1 是本发明结构示意图。

图 2 是本发明中锚杆体段结构示意图。

图 3 是本发明旋转刚性放大结构收起的示意图。

图 4 是本发明旋转刚性放大结构展开的示意图。

图 5 是本发明中穿孔板连接方式结构示意图。

图 6 是位移抑制器与旋转放大结构连接结构示意图。

图中：1 穿孔板、1-1 第一穿孔板、1-2 第二穿孔板、1-3 第三穿孔板、1-4 第四穿孔板、1-5 第五穿孔板、1-6 第六穿孔板、1-7 第七穿孔板、1-8 第八穿孔板、2 第一端板、3 第二端板、4 螺栓、5 紧固件、6、锚具、7 台座、8 支挡结构、9 锚杆体、10 加固筋锚具、11 加固筋锚杆体、12 锚具固定板、13 位移抑制器、14 第一弹性拉索、15 第一刚性拉杆、16 第二刚性拉杆、17 第二弹性拉索、18

第三刚性拉杆。

### 具体实施方式

下面结合附图以及附图说明书对本发明作进一步说明。

为了使本发明的施工方式和优点更加显而易见，下面结合附图与具体实施例对本发明做更详细的介绍。在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明的施工过程。但是本发明能够以很多不同于在此描述的其它方式来实施，本领域技术人员可以在不违背本发明内涵的情况下做类似改进，因此本发明不受下面公开的具体实施例的限制。在不脱离本发明技术方案精神的前提下，其均应涵盖在本发明请求保护的技术方案范围当中。

如图 1、2、3、4、5、6 所示，一种负泊松比旋转扩大型正方形穿孔板阵列锚杆装置，包括锚杆体 9、支挡结构 8、台座 7、锚具 6、锚具固定板 12、加固筋锚具 10，所述锚杆体 9 为黄铜和不锈钢的合金制成，具有拉胀的效应，所述锚杆体 9 两侧分别设有加固筋锚杆体 11，所述锚杆体 9 以及两根加固筋锚杆体 11 一端依次穿过支挡结构 8、台座 7、锚具 6，所述锚杆体 9 以及两根加固筋锚杆体 11 另一端依次穿过锚具固定板 12、加固筋锚具 10 并铰接负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构，所述两个加固筋锚杆体 11 与负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构之间分别铰接有第二弹性拉索 17，所述锚杆体 9 与负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构之间铰接有第三刚性拉杆 18，所述第三刚性拉杆 18 位于两个第二弹性拉索 17 之间。

所述负泊松比穿孔板阵列锚固结构远离锚具固定板 12 一端铰接设有阻止负泊松比穿孔板阵列锚固结构端部位移的位移抑制器 13，当锚杆体段锚固失效时，负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构受到拉力后徐徐展开，使结构整体发生膨胀，变成端部扩张锚杆，所述位移抑制器 13 与负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构之间设有第二刚性拉杆 16，所述第二刚性拉杆 16 两端分别铰接在位移抑制器 13 与负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构之间。

所述负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构包括两个旋转刚性放大结构、两根第一弹性拉索 14 和一根第一刚性拉杆 15，所述两个旋转刚性放大结构之间相互垂直设置并通过两根第一弹性拉索 14 与一根第一刚性拉杆 15 连接，所述第一刚性拉杆 15 位于两根第一弹性拉索 14 之间。所述旋转刚性放大结构包括 4 组旋转正

方形结构, 所述 4 组旋转正方形结构以  $2 \times 2$  阵列铰接形成旋转刚性放大结构; 所述旋转正方形结构包括 4 块穿孔板 1, 所述 4 块穿孔板 1 以  $2 \times 2$  阵列铰接形成旋转正方形结构, 4 块穿孔板之间的铰接方式使旋转正方形结构在受力后穿孔板 1 绕铰接点旋转展开, 使结构整体发生膨胀, 旋转刚性放大结构的泊松比为负。

进一步, 所述其中一块穿孔板 1 一侧设有两片间隔的第一端板 2, 所述与其中一块穿孔板 1 相邻的一块穿孔板 1 一侧设有第二端板 3, 所述第一端板 2、第二端板 3 上均设有通孔, 所述第二端板 3 位于两块第一端板 1 之间, 所述通孔内设有螺栓 4, 螺栓 4 穿过通孔一端设有紧固件 5。

穿孔板 1 在特定的边角焊接圆弧形端板, 中间打孔, 必须保证互相连接的两块穿孔板 1 之间一块焊接两片间隔的打孔第一端板 2, 一块焊接于中间, 保证可以插入另一块穿孔板 1 的第一端板 2 的中间, 然后用螺栓和紧固件固定, 形成一个限制位移而可以自由转动的铰接机构。

进一步, 所述每一组旋转刚性放大结构由 16 块穿孔板 1 以  $4 \times 4$  阵列组成, 所述第一排穿孔板包括第一穿孔板 1-1、第二穿孔板 1-2、第三穿孔板 1-3、第四穿孔板 1-4, 所述第二排穿孔板包括第五穿孔板 1-5、第六穿孔板 1-6、第七穿孔板 1-7、第八穿孔板 1-8;

所述第一穿孔板 1-1 在右边缘上端和下边缘右端分别焊接端板, 第二穿孔板 1-2 在左边缘上端、下边缘左端和右边缘下端分别焊接端板, 第三穿孔板 1-3 在左边缘下端、右边缘上端和下边缘右端分别焊接端板, 第四穿孔板 1-4 在左边缘上端和下边缘左端分别焊接端板;

所述第五穿孔板 1-5 与第一穿孔板 1-1 对称设置端板, 第六穿孔板 1-6 与第二穿孔板 1-2 对称设置端板, 第七穿孔板 1-7 与第三穿孔板 1-3 对称设置端板, 第八穿孔板 1-8 与第四穿孔板 1-4 对称设置端板; 且第五穿孔板 1-5 下边缘左端焊接端板、第六穿孔板 1-6 下边缘右端焊接端板、第七穿孔板 1-7 下边缘左端焊接端板以及第八穿孔板 1-8 下边缘右端焊接端板; 所述第一穿孔板 1-1 下边缘右端铰接第五穿孔板 1-5 外还铰接第二弹性拉索 17, 第四穿孔板 1-4 下边缘左端铰接第八穿孔板 1-8 外还铰接第一弹性拉索 14, 第五穿孔板 1-5 下边缘左端铰接第三刚性拉杆 18, 第八穿孔板 1-8 下边缘右端铰接第一刚性拉杆 15;

所述第三排穿孔板与第二排穿孔板对称设置端板, 第四排穿孔板与第一排穿

孔板对称设置端板。

锚杆的截面积和锚固段的长度应满足构造规范要求，同时土层锚杆的锚固长度不应小于 4.0m，并不宜大于 10.0m；岩石锚杆的锚固段长度不应小于 3.0m，且不宜大于 6.0m，钻孔内的锚杆钢筋面积不超过钻孔面积的 20%。

传统锚杆和挡土墙护坡均为静力抗衡失稳坡体的下滑力，在某一时刻若护坡结构难以支持，则在顷刻间产生滑坡等灾害。而本发明则不同，在失稳坡体的下滑力达到一定的阈值后，推进护坡体前移，而此时由于方形板阵列缓缓张开的阻力作用，可以使失稳坡体的下滑力徐徐释放，避免在一瞬间释放强大的冲击力造成地质灾害。

首先进行锚杆的设计工作，由于各岩土体的滑动面和稳定土层情况各不相同，因此无法给出具体的锚杆体长度数据。故必须结合实际情况进行计算。边坡的稳定性分析、侧向土压力的计算和锚杆体各部分之间的长度计算均按照现行规范进行即可，在此处不再赘述。

在锚杆施工的过程中，首先应进行钻孔工作；锚杆体的锚具、台座、支挡结构均需要进行对应锚杆体的钻孔。特别需要注意的是，若设计了加固筋锚杆体则锚具、台座和支挡结构均需要进行加固筋锚杆体的钻孔。

第二步制作位移抑制器，采用厚度为 0.5cm 的正方形钢板焊接端板即可。其边长不宜过大，否则会增大锚杆自攻入土的阻力。

第三步将端板焊接于各穿孔板边缘指定位置。这一步十分关键，二级锚固结构的关键受力处的连接均有压焊的参与。压焊方法的特点，是在焊接过程中施加压力，而不加填充材料。压焊没有熔化过程，因而没有像熔焊那样的，有益合金元素烧损和有害元素侵入焊缝的问题，从而简化了焊接过程，也改善了焊接安全卫生条件。

第四步应组装负泊松比穿孔板阵列锚固结构。穿孔板之间通过螺栓、紧固件相连接，螺栓结构施工后应具有如下特征：即需保证在二级结构发挥作用时穿孔板可以顺利撑开，又得在撑开过程中保持一定的阻力，故螺栓铰接时既不能锁死，又不能太松。

所使用的弹性拉索，包括可伸缩的索体、位于索体两端的两个锚固组件，索体包括一个下套管和位于下套管内的支撑环以及一个长度调节装置，该调节装置

由调节杆、弹性体、螺母、锁紧螺母和连接装置组成，所述连接装置由承压板、连接板、螺纹连接板组成的连接装置；调节杆穿过承压板索体相连，螺母和锁紧螺母依次套在调节杆上。

锚杆整体应采用煤焦油沥青涂层，煤焦油沥青是多种高分子碳氢化合物的复杂混合物。由于这种材料的组成中芳香族烃含量高，化学稳定性好，具有较强的抗腐蚀能力，并且具有吸水率低、绝缘性好、抗微生物腐蚀能力强等特点，因此使用寿命长。加上煤焦油沥青与金属结构表面结合力强，耐阴极剥离，故可作为的本发明锚杆的防腐涂层。

锚杆的防腐蚀处理应符合下列规定：

锚杆的自由段位于岩土层中时，可采用除锈、刷沥青船底漆和沥青玻纤布缠绕二层进行防腐蚀处理；对采用不锈钢-铜合金段的锚杆体，其可按穿孔板处理进行防腐蚀处理后装入套管中；自由段套管两端 100~200 mm 长度范围内用黄油充填，外绕扎工程胶布固定；对位于无腐蚀性岩土层内的锚固段，水泥浆或水泥砂浆保护层厚度不应小于 25 mm；对位于腐蚀性岩土层内的锚固段，应采取特殊防腐蚀处理，且水泥浆或水泥砂浆保护层厚度不应小于 50 mm；经过防腐蚀处理后，锚杆的自由段外端应埋入钢筋混凝土构件内 50 mm 以上；对锚头的锚具经除锈、涂防腐漆三遍后应采用钢筋网罩，现浇混凝土封闭，且混凝土等级不应低于 C30，厚度不应小于 100 mm，混凝土保护层厚度不应小于 50 mm。

若设计时验算失稳坡体的受拉段锚杆体满足拉力需求，则加固筋锚杆体不必设计，此时混凝土浇筑直至支挡结构处。

设计时亦可舍弃一级混凝土-不锈钢铜负泊松比锚固结构，采用两个二级锚固结构。

以上所述仅为本发明的较佳实施例，并不用以限制本发明，依据本发明技术实质对以上实施例所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

## 权 利 要 求 书

1. 一种负泊松比旋转扩大型正方形穿孔板阵列锚杆装置，包括锚杆体（9）、支挡结构（8）、台座（7）、锚具（6）、锚具固定板（12），所述锚杆体（9）一端依次穿过支挡结构（8）、台座（7）、锚具（6），所述锚杆体（9）另一端穿过锚具固定板（12），其特征是，所述锚杆体（9）另一端穿过锚具固定板（12）还铰接设有负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构，所述负泊松比穿孔板阵列锚固结构远离锚具固定板（12）一端铰接设有阻止负泊松比穿孔板阵列锚固结构端部位移的位移抑制器（13），当锚杆段锚固失效时，负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构受到拉力后徐徐展开，使结构整体发生膨胀，变成端部扩张锚杆。
2. 根据权利要求1所述一种负泊松比旋转扩大型正方形穿孔板阵列锚杆装置，其特征是，所述锚杆体（9）为黄铜和不锈钢的合金制成，具有拉胀的负泊松比特性。
3. 根据权利要求1或2所述一种负泊松比旋转扩大型正方形穿孔板阵列锚杆装置，其特征是，所述负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构包括若干旋转刚性放大结构、第一弹性拉索（14）和第一刚性拉杆（15），所述若干旋转刚性放大结构之间错位设置并通过第一弹性拉索（14）与第一刚性拉杆（15）连接。
4. 根据权利要求3所述一种负泊松比旋转扩大型正方形穿孔板阵列锚杆装置，其特征是，所述旋转刚性放大结构包括4组旋转正方形结构，所述4组旋转正方形结构以2×2阵列铰接形成旋转刚性放大结构；所述旋转正方形结构包括4块穿孔板（1），所述4块穿孔板（1）以2×2阵列铰接形成旋转正方形结构，4块穿孔板之间的铰接方式使旋转正方形结构在受力后穿孔板（1）绕铰接点旋转展开，使结构整体发生膨胀，旋转刚性放大结构的泊松比为负。
5. 根据权利要求4所述一种负泊松比旋转扩大型正方形穿孔板阵列锚杆装置，其特征是，所述其中一块穿孔板（1）一侧设有两片间隔的第一端板（2），所述与其中一块穿孔板（1）相邻的一块穿孔板（1）一侧设有第二端板（3），所述第一端板（2）、第二端板（3）上均设有通孔，所述第二端板（3）位于两块第一端板（1）之间，所述通孔内设有螺栓（4），螺栓（4）穿过通孔一端设有紧固件（5）。
6. 根据权利要求3所述一种负泊松比旋转扩大型正方形穿孔板阵列锚杆装置，其特征是，所述锚杆体（9）两侧分别设有加固筋锚杆体（11），所述两个加固筋锚杆体（11）一端分别依次穿过支挡结构（8）、台座（7）、锚具（6），所述两个加固筋锚杆体（11）另一端设有加固筋锚具（10），所述两个加固筋锚杆体（11）另一端分别依次穿过锚具固定板（12）、加固筋锚具（10）并铰接在负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构上。
7. 根据权利要求6所述一种负泊松比旋转扩大型正方形穿孔板阵列锚杆装置，其特征是，

所述两个加固筋锚杆体（11）与负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构之间分别铰接有第二弹性拉索（17），所述锚杆体（9）与负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构之间铰接有第三刚性拉杆（18），所述第三刚性拉杆（18）位于两个第二弹性拉索（17）之间。

8. 根据权利要求3所述一种负泊松比旋转扩大型正方形穿孔板阵列锚杆装置，其特征是，所述旋转刚性放大结构为两个，两个旋转刚性放大结构之间通过两根第一弹性拉索（14）和一根第一刚性拉杆（15）连接，所述两个旋转刚性放大结构之间相互垂直设置，所述第一刚性拉杆（15）位于两根第一弹性拉索（14）之间。

9. 根据权利要求1所述一种负泊松比旋转扩大型正方形穿孔板阵列锚杆装置，其特征是，所述位移抑制器（13）与负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构之间设有第二刚性拉杆（16），所述第二刚性拉杆（16）两端分别铰接在位移抑制器（13）与负泊松比放大穿孔板阵列锚固结构之间。

10. 根据权利要求7所述一种负泊松比旋转扩大型正方形穿孔板阵列锚杆装置，其特征是，所述每一组旋转刚性放大结构由16块穿孔板（1）以4×4阵列组成，所述第一排穿孔板包括第一穿孔板（1-1）、第二穿孔板（1-2）、第三穿孔板（1-3）、第四穿孔板（1-4），所述第二排穿孔板包括第五穿孔板（1-5）、第六穿孔板（1-6）、第七穿孔板（1-7）、第八穿孔板（1-8）；

所述第一穿孔板（1-1）在右边缘上端和下边缘右端分别焊接端板，第二穿孔板（1-2）在左边缘上端、下边缘左端和右边缘下端分别焊接端板，第三穿孔板（1-3）在左边缘下端、右边缘上端和下边缘右端分别焊接端板，第四穿孔板（1-4）在左边缘上端和下边缘左端分别焊接端板；

所述第五穿孔板（1-5）与第一穿孔板（1-1）对称设置端板，第六穿孔板（1-6）与第二穿孔板（1-2）对称设置端板，第七穿孔板（1-7）与第三穿孔板（1-3）对称设置端板，第八穿孔板（1-8）与第四穿孔板（1-4）对称设置端板；且第五穿孔板（1-5）下边缘左端焊接端板、第六穿孔板（1-6）下边缘右端焊接端板、第七穿孔板（1-7）下边缘左端焊接端板以及第八穿孔板（1-8）下边缘右端焊接端板；所述第一穿孔板（1-1）下边缘右端铰接第五穿孔板（1-5）外还铰接第二弹性拉索（17），第四穿孔板（1-4）下边缘左端铰接第八穿孔板（1-8）外还铰接第一弹性拉索（14），第五穿孔板（1-5）下边缘左端铰接第三刚性拉杆（18），第八穿孔板（1-8）下边缘右端铰接第一刚性拉杆（15）；

所述第三排穿孔板与第二排穿孔板对称设置端板，第四排穿孔板与第一排穿孔板对称设置端板。

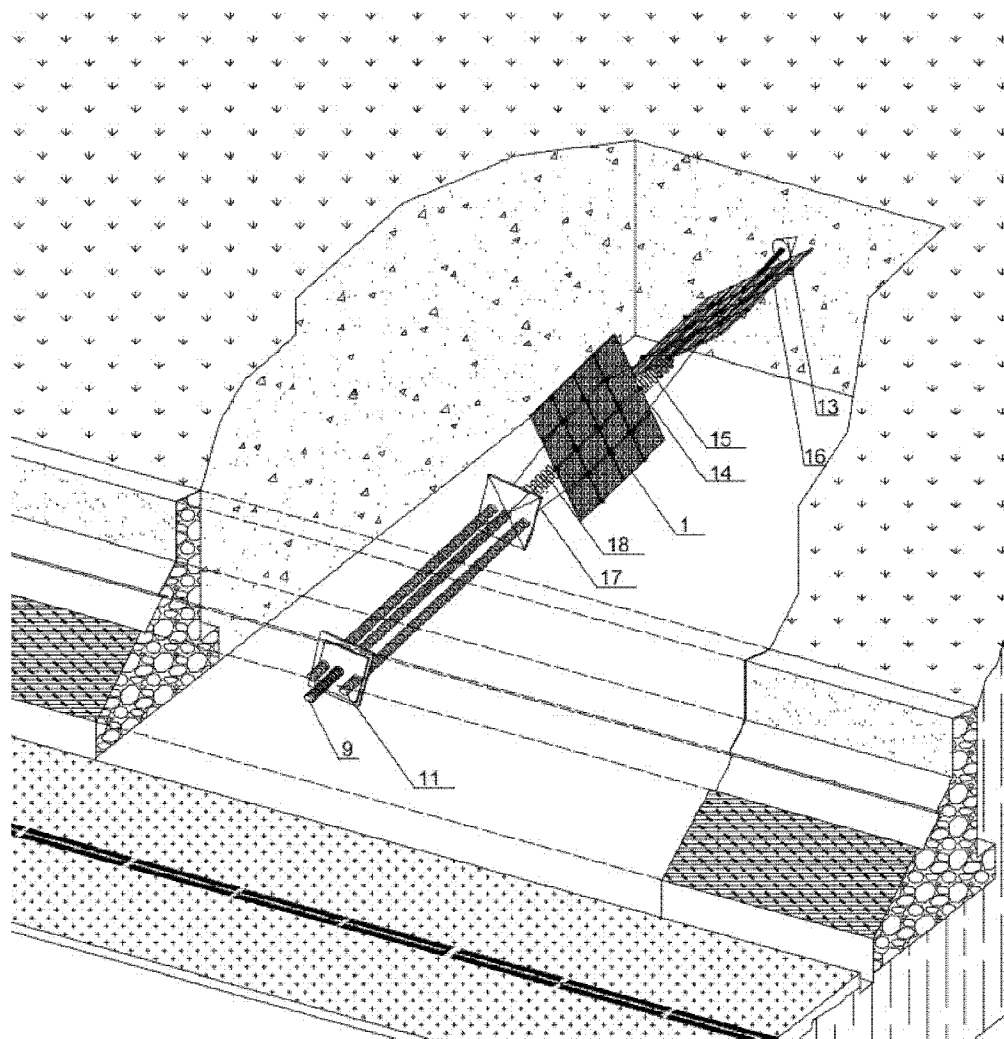


图 1

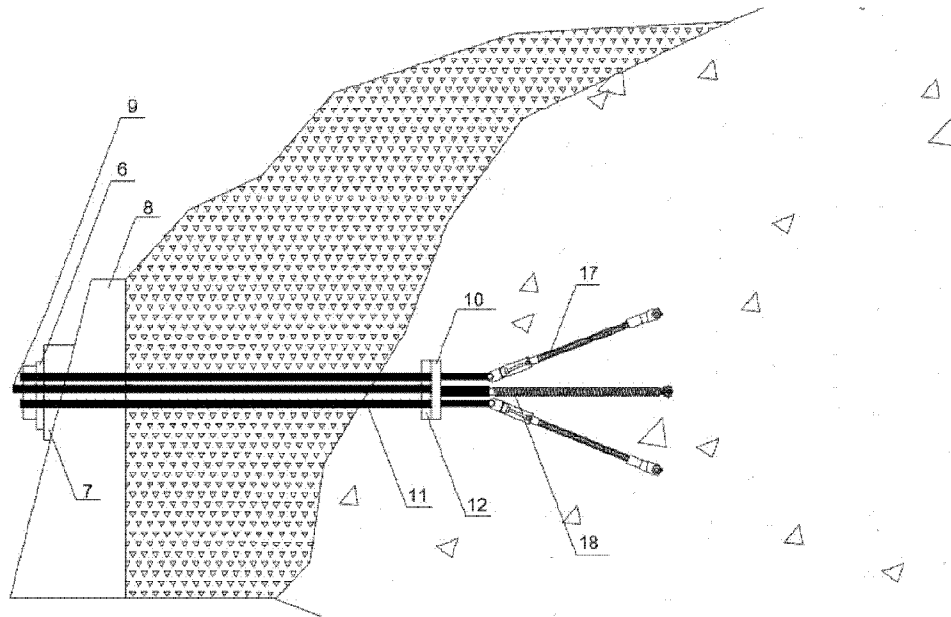


图 2

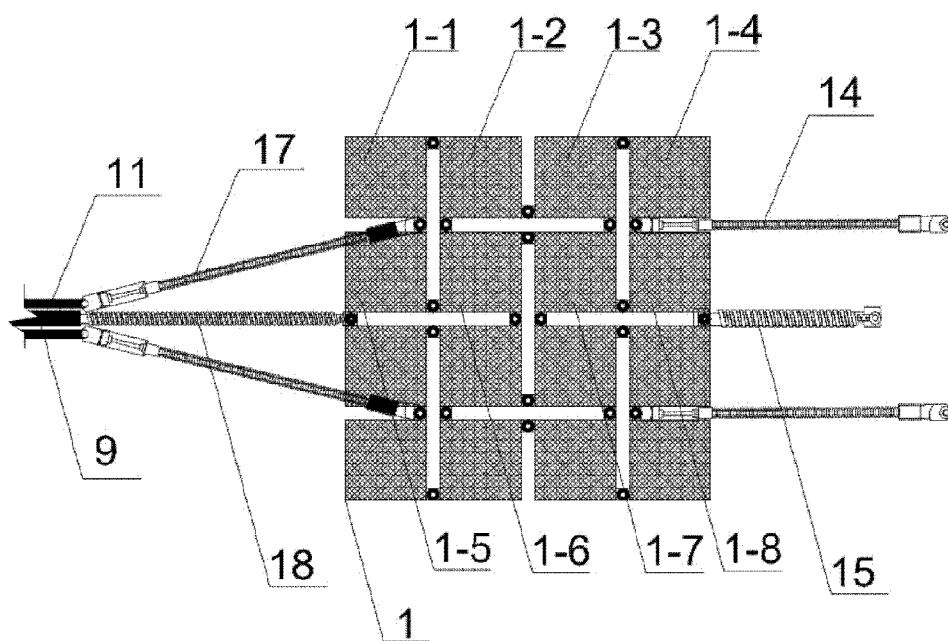


图 3

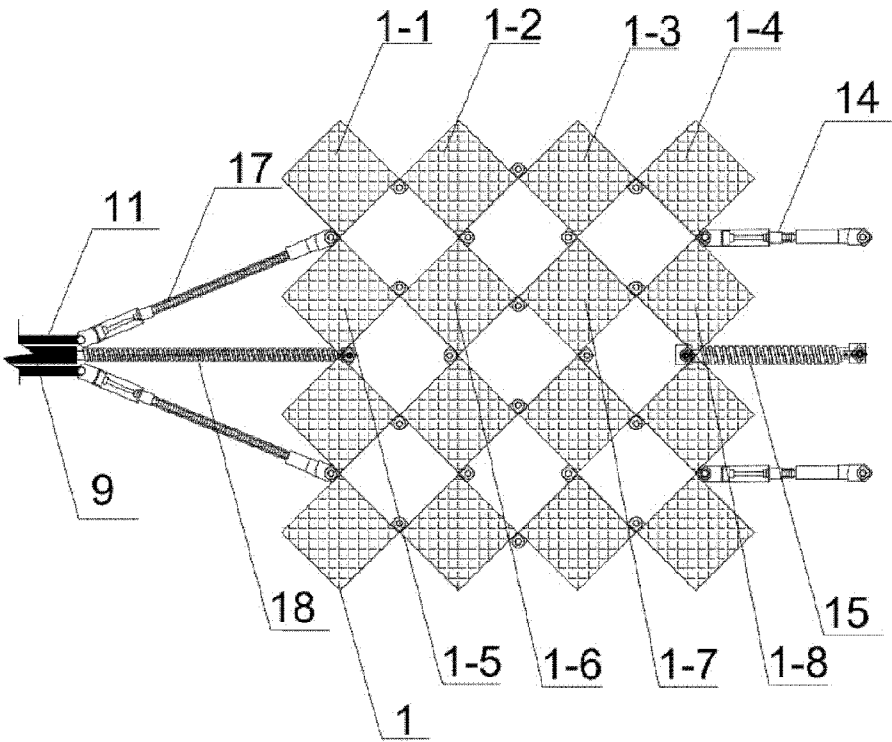


图 4

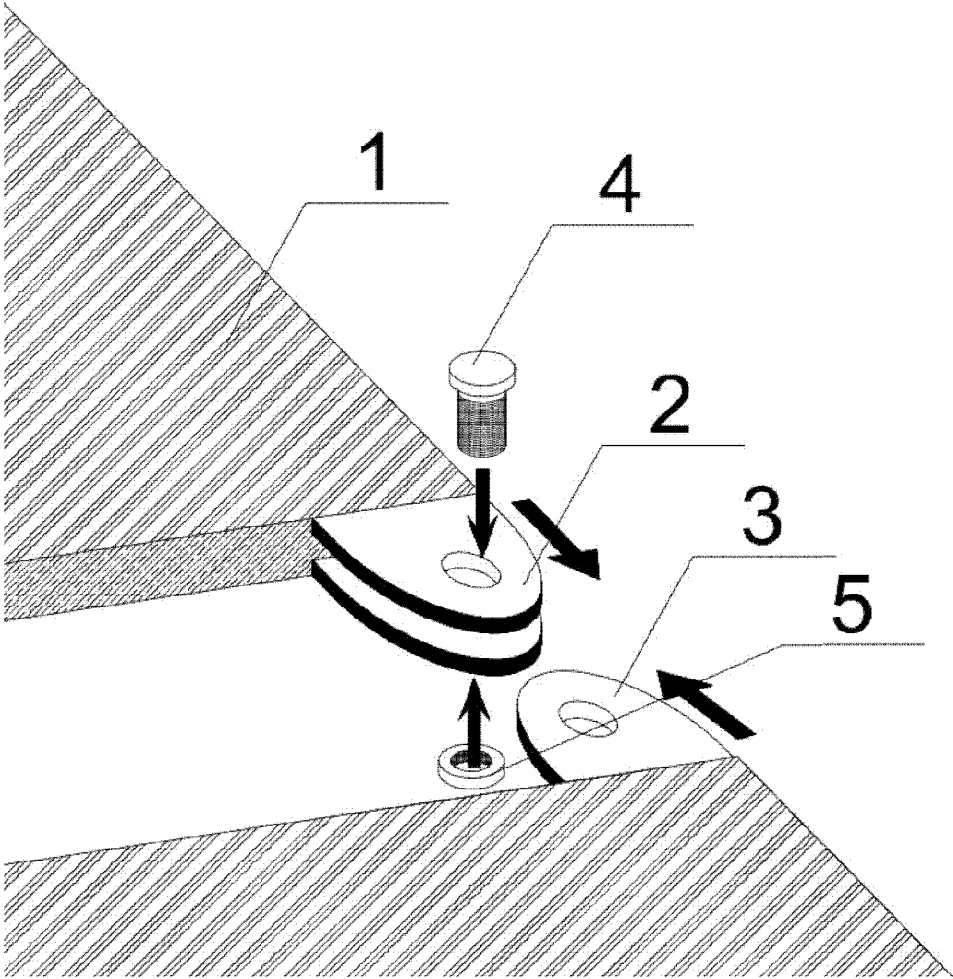


图 5

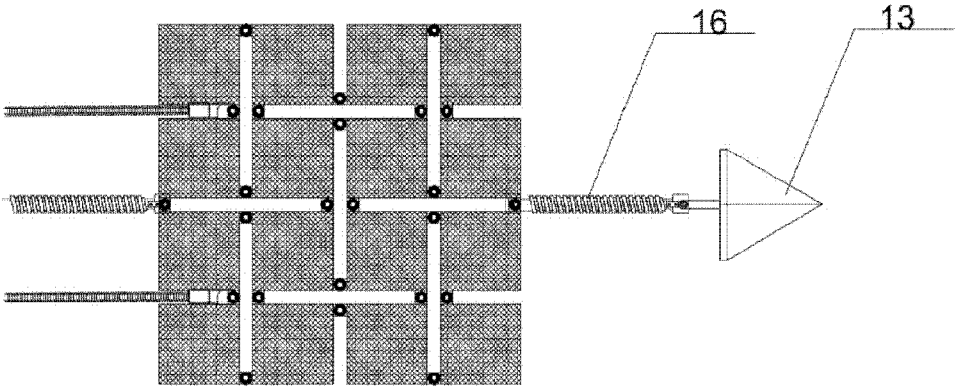


图 6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/132248

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

E02D 5/74(2006.01)i; E21D 21/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

E02D; E21D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; CNKI; VEN; WOTXT; USTXT; EPTXT: 锚杆, 锚索, 泊松, 帕松, 膨胀, 孔, 洞, poisson, anchor, rod, bolt, rope, line, wire

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                   | Relevant to claim No. |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| PX        | CN 114635419 A (JIANGSU UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 17 June 2022 (2022-06-17)<br>claims 1-10                                                               | 1-10                  |
| A         | CN 113863297 A (NORTH CHINA UNIVERSITY OF WATER RESOURCES AND ELECTRIC POWER et al.) 31 December 2021 (2021-12-31)<br>description, paragraphs 26-42, and figures 1-9 | 1-10                  |
| A         | CN 111648806 A (INSTITUTE OF GEOLOGY AND GEOPHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 11 September 2020 (2020-09-11)<br>entire document                                  | 1-10                  |
| A         | CN 206204942 U (CHANGSHA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 31 May 2017 (2017-05-31)<br>entire document                                                           | 1-10                  |
| A         | JP H11-101695 A (FUJITA CORP. et al.) 13 April 1999 (1999-04-13)<br>entire document                                                                                  | 1-10                  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 November 2022

Date of mailing of the international search report

14 December 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/  
CN)  
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing  
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2022/132248**

| Patent document<br>cited in search report |            |   | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |            |    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|------------|---|--------------------------------------|-------------------------|------------|----|--------------------------------------|
| CN                                        | 114635419  | A | 17 June 2022                         | None                    |            |    |                                      |
| CN                                        | 113863297  | A | 31 December 2021                     | None                    |            |    |                                      |
| CN                                        | 111648806  | A | 11 September 2020                    | CN                      | 111648806  | B  | 14 May 2021                          |
|                                           |            |   |                                      | US                      | 2022010681 | A1 | 13 January 2022                      |
|                                           |            |   |                                      | US                      | 11268383   | B2 | 08 March 2022                        |
| CN                                        | 206204942  | U | 31 May 2017                          | None                    |            |    |                                      |
| JP                                        | H11-101695 | A | 13 April 1999                        | None                    |            |    |                                      |

## 国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/132248

## A. 主题的分类

E02D 5/74(2006.01)i; E21D 21/00(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

## B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

E02D; E21D

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS;CNTXT;CNKI;VEN;WOTXT;USTXT;EPTXT: 锚杆, 锚索, 泊松, 帕松, 膨胀, 孔, 洞, poisson, anchor, rod, bolt, rope, line, wire

## C. 相关文件

| 类 型* | 引用文件, 必要时, 指明相关段落                                                             | 相关的权利要求 |
|------|-------------------------------------------------------------------------------|---------|
| PX   | CN 114635419 A (江苏科技大学) 2022年6月17日 (2022 - 06 - 17)<br>权利要求1-10               | 1-10    |
| A    | CN 113863297 A (华北水利水电大学 等) 2021年12月31日 (2021 - 12 - 31)<br>说明书第26-42段, 附图1-9 | 1-10    |
| A    | CN 111648806 A (中国科学院地质与地球物理研究所) 2020年9月11日 (2020 - 09 - 11)<br>全文            | 1-10    |
| A    | CN 206204942 U (长沙理工大学) 2017年5月31日 (2017 - 05 - 31)<br>全文                     | 1-10    |
| A    | JP H11-101695 A (FUJITA CORP 等) 1999年4月13日 (1999 - 04 - 13)<br>全文             | 1-10    |

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

\* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&amp;” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2022年11月30日

国际检索报告邮寄日期

2022年12月14日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

汪珍珍

电话号码 (86-512) 88995334

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/132248

| 检索报告引用的专利文件 |            |   | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利             | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|------------|---|----------------|------------------|----------------|
| CN          | 114635419  | A | 2022年6月17日     | 无                |                |
| CN          | 113863297  | A | 2021年12月31日    | 无                |                |
| CN          | 111648806  | A | 2020年9月11日     | CN 111648806 B   | 2021年5月14日     |
|             |            |   |                | US 2022010681 A1 | 2022年1月13日     |
|             |            |   |                | US 11268383 B2   | 2022年3月8日      |
| CN          | 206204942  | U | 2017年5月31日     | 无                |                |
| JP          | H11-101695 | A | 1999年4月13日     | 无                |                |