



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108867378 A

(43)申请公布日 2018. 11. 23

(21)申请号 201811083213.X

(22)申请日 2018.09.17

(71)申请人 四川省铁路产业投资集团有限责任公司

地址 610000 四川省成都市高新区九兴大道12号

(72)发明人 李建兴 杨智 吴再新 王勇 彭伟

(74)专利代理机构 四川力久律师事务所 51221  
代理人 王芸 庞启成

(51) Int. Cl.

E01D 19/14(2006.01)

E01D 21/00(2006.01)

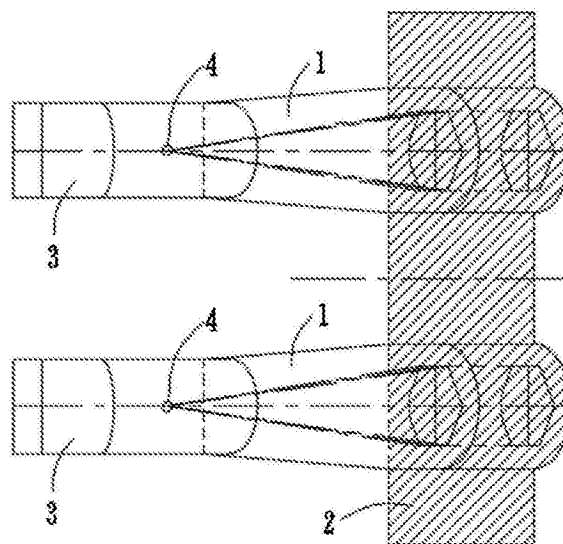
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

## (54)发明名称

一种悬索桥隧道式锚碇及施工方法

## (57)摘要

本发明公开了一种悬索桥隧道式锚碇,包括倾斜布置在山体中的两个前锚室以及锚梁,两个前锚室相对于桥梁中心线对称设置,所述锚梁轴线与主缆拉力方向相垂直,并嵌固于前锚室两侧的岩体中,且锚梁贯通两个前锚室,主缆在前锚室锚固在锚梁上。本发明中的隧道式锚碇将主缆拉力转换为后锚面的压力;锚梁受到来自后锚面的压力,并通过自身的刚度将一部分压力以正压力的形式传递到锚梁前端的岩体,另一部分压力以摩擦力的形式传递到锚梁底面的岩体,与传统隧道式锚碇相比,具有更清晰的力学概念,各分力之间的分配关系更明确,且能显著减少锚碇混凝土用量,降低施工开挖难度,缩短工期,还能尽可能地保持围岩的完整性,达到最佳锚固效果。



1. 一种悬索桥隧道式锚碇, 其特征在于, 包括倾斜布置在山体中的两个前锚室以及锚梁, 两个前锚室相对于桥梁中心线对称设置, 所述锚梁轴线与主缆拉力方向相垂直, 并嵌固于前锚室两侧的岩体中, 且锚梁贯通两个前锚室, 主缆在前锚室锚固在锚梁上。

2. 根据权利要求1所述的悬索桥隧道式锚碇, 其特征在于, 所述锚梁的横截面为矩形。

3. 根据权利要求2所述的悬索桥隧道式锚碇, 其特征在于, 所述锚梁在与前锚室相连的横截面处设有弧形凸顶, 所述弧形凸顶为满足主缆散索范围及前锚面空间而设。

4. 根据权利要求1-3之一所述的悬索桥隧道式锚碇, 其特征在于, 所述锚梁两端超过前锚室底部边缘8-10m。

5. 根据权利要求1-3之一所述的悬索桥隧道式锚碇, 其特征在于, 在所述前锚室的洞口处设有散索鞍基础。

6. 根据权利要求5所述的悬索桥隧道式锚碇, 其特征在于, 所述散索鞍基础上安装有散索鞍。

7. 根据权利要求1-3之一所述的悬索桥隧道式锚碇, 其特征在于, 所述锚梁与所述前锚室的倾斜角度一致。

8. 根据权利要求7所述的悬索桥隧道式锚碇, 其特征在于, 所述前锚室的倾斜角度为 $35-45^{\circ}$ 。

9. 一种悬索桥隧道式锚碇的施工方法, 其特征在于, 包括以下几个步骤:

(1) 在悬索桥桥头山体上开挖锚碇隧洞, 包括前锚室、锚梁、后锚室的隧洞, 对洞口、前锚室、后锚室进行支护;

(2) 在与前锚室所对应的锚梁部分安装锚固系统的定位支架;

(3) 在锚梁隧洞内安装预留的预应力管道和预应力槽口相关组件, 完成后绑扎锚梁钢筋, 然后进行锚梁混凝土浇筑并养护;

(4) 在预应力管道内穿预应力束, 并对预应力束进行张拉、锚固;

(5) 在前锚室内安装散索鞍, 并将悬索桥主缆通过散索鞍分散成多根分缆索, 多根分缆索分别与锚梁前锚面的预留钢构件进行连接。

10. 根据权利要求9所述的悬索桥隧道式锚碇的施工方法, 其特征在于, 在浇筑锚梁混凝土时, 预留从前锚室通往后锚室的检修通道。

## 一种悬索桥隧道式锚碇及施工方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及桥梁工程领域,具体涉及一种悬索桥隧道式锚碇及施工方法。

### 背景技术

[0002] 目前悬索桥锚碇型式主要有重力式锚碇和隧道式锚碇。重力式锚碇在土体及软弱岩体地基中使用,依靠自重与地基之间的摩擦力来抵抗主缆的拉力,土石方开挖、混凝土工程量大,对生态环境的影响也大。

[0003] 隧道式锚碇常在岩体较为坚硬完整的峡谷地区使用,是将主缆巨大的拉力通过散索段分散后,经连接钢构件传递到前锚面,再通过穿过锚塞体的锚固系统传递到后锚面,至此将主缆拉力转换为后锚面的压力,锚塞体受到来自后锚面的压力,并通过“瓶塞效应”以挤压力、摩擦力和剪切力的形式将其传递到锚塞体周围的岩体。然而,传统的隧道式锚碇具有以下缺点:

[0004] 1、锚塞体的体积一般较大,对主跨超过1000米的大跨悬索桥而言,锚塞体混凝土用量达到15000m<sup>3</sup>以上;且锚塞体的隧洞挖方和弃渣量较大(大于锚塞体混凝土用量);由于锚塞体断面尺寸大,开挖难度大,工期长;

[0005] 2、锚塞体和岩体之间的“瓶塞效应”力学概念不清晰,挤压力、摩擦力和剪切力之间的分配关系不明确,设计中难以对各分量进行准确量化;

[0006] 3、左、右隧洞之间的岩体中墙较薄(很难大于10米,通常都在10米以下),在爆破开挖过程中容易对岩体中墙造成过大扰动,从而降低围岩对锚塞体的约束能力。

### 发明内容

[0007] 本发明目的在于:为了克服传统隧道式锚碇的上述不足之处,提供一种悬索桥隧道式锚碇,其与传统隧道式锚碇相比,具有更加清晰的力学概念,力的分配和传递路径更加明确,大大减少施工混凝土用量,降低施工开挖难度,能有效缩短工期,同时还能尽可能地保持围岩的完整性,达到最佳锚固效果。

[0008] 为了实现上述目的,本发明采用的技术方案为:

[0009] 一种悬索桥隧道式锚碇,包括倾斜布置在山体中的两个前锚室以及锚梁,两个前锚室相对于桥梁中心线对称设置,所述锚梁轴线与主缆拉力方向相垂直,并嵌固于前锚室两侧的岩体中,且锚梁贯通两个前锚室,主缆在前锚室锚固在锚梁上。

[0010] 本发明中的隧道式锚碇将主缆巨大的拉力通过散索段分散后,经连接钢构件传递到前锚面;再通过穿过锚梁的锚固系统传递到后锚面,至此将主缆拉力转换为后锚面的压力;锚梁受到来自后锚面的压力,并通过自身的刚度将一部分压力以正压力的形式传递到锚梁前端的岩体,另一部分压力以摩擦力的形式传递到锚梁底面的岩体,与传统隧道式锚碇相比,具有更加清晰的力学概念,各分力之间的分配关系更明确,且能显著减少锚碇混凝土用量,降低施工开挖难度,缩短工期,同时还能尽可能地保持围岩的完整性,达到最佳锚固效果。

[0011] 作为本发明的优选方案,所述锚梁的横截面为矩形。

[0012] 作为本发明的优选方案,所述锚梁在与前锚室相连的横截面处设有弧形凸顶,所述弧形凸顶为满足主缆散索范围及前锚面空间而设。通过设置弧形凸顶作为对锚梁上承受主缆拉力的横截面部位进行局部加强,从而可以减小锚梁上其余部位的横截面,有利于减少锚洞开挖量。

[0013] 作为本发明的优选方案,所述锚梁两端超过前锚室底部边缘8-10m,以增加锚梁两端与岩体的接触面积,提高锚梁的承载能力。

[0014] 作为本发明的优选方案,在所述前锚室的洞口处设有散索鞍基础,以用于安装固定散索鞍。

[0015] 作为本发明的优选方案,所述散索鞍基础上安装有散索鞍,通过设置散索鞍可以将主缆巨大的拉力均匀分散到散索段。

[0016] 作为本发明的优选方案,所述锚梁与所述前锚室的倾斜角度一致,既便于锚洞开挖施工,又能使散索段拉力均匀正向传递至锚梁前锚面。

[0017] 作为本发明的优选方案,所述前锚室的倾斜角度为35-45°,该倾斜角度既便于整个锚碇施工,又能对主缆提供较好的锚固力。

[0018] 本发明还提供一种悬索桥隧道式锚碇的施工方法,包括以下几个步骤:

[0019] (1) 在悬索桥桥头山体上开挖锚碇隧洞,包括前锚室、锚梁、后锚室的隧洞,对洞口、前锚室、后锚室进行支护;

[0020] (2) 在与前锚室所对应的锚梁部分安装锚固系统的定位支架;

[0021] (3) 在锚梁隧洞内安装预留的预应力管道和预应力槽口相关组件,完成后绑扎锚梁钢筋,然后进行锚梁混凝土浇筑并养护;

[0022] (4) 在预应力管道内穿预应力束,并对预应力束进行张拉、锚固;

[0023] (5) 在前锚室内安装散索鞍,并将悬索桥主缆通过散索鞍分散成多根分缆索,多根分缆索分别与锚梁前锚面的预留钢构件进行连接。

[0024] 相比传统隧道锚的锚塞体,本发明中的悬索桥隧道式锚碇具有更加清晰的力学概念,力的分配和传递路径更加明确,且其施工方法更加简单,由于隧道锚的锚梁体积小,混凝土用量减少50%以上;且锚梁隧洞挖方和弃渣量减少50%以上;由于锚梁尺寸小、开挖难度小,有利于缩短工期。

[0025] 作为本发明的优选方案,在浇筑锚梁混凝土时,预留从前锚室通往后锚室的检修通道。

[0026] 综上所述,由于采用了上述技术方案,本发明的有益效果是:

[0027] 1、相比传统隧道锚的锚塞体,本发明中的隧道锚的锚梁体积小,混凝土用量减少50%以上;且锚梁隧洞挖方和弃渣量减少50%以上;由于锚梁尺寸小、开挖难度小,有利于缩短工期;

[0028] 2、本发明中的锚梁将主缆拉力以正压力和摩擦力的形式传递到锚梁前面和底面的岩体,力学传递路径清晰、各分力之间的分配关系明确,设计中可以进行准确计算;

[0029] 3、相对传统锚塞体,采用锚梁可以保留较大的岩体中墙厚度,可以轻松达到13米甚至15米,能尽可能地保持围岩的完整性,达到最佳锚固效果。

## 附图说明

- [0030] 图1为本发明中的悬索桥隧道式锚碇结构立面图。
- [0031] 图2为图1的平面图。
- [0032] 图3为图1的侧面图。
- [0033] 图4为图1中的A-A断面图。
- [0034] 图5为图1的受力示意图。
- [0035] 图6为图2的受力示意图。
- [0036] 图中标记:1-前锚室,2-锚梁,21-弧形凸顶,3-散索鞍基础,4-散索鞍。

## 具体实施方式

- [0037] 下面结合附图,对本发明作详细的说明。
- [0038] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。
- [0039] 实施例1
- [0040] 本发明提供一种悬索桥隧道式锚碇;
- [0041] 如图1-图4所示,本实施例中的悬索桥隧道式锚碇,包括倾斜布置在山体中的两个前锚室1以及锚梁2,两个前锚室相对于桥梁中心线对称设置,所述锚梁轴线与主缆拉力方向相垂直,并嵌固于前锚室两侧的岩体中,且锚梁2贯通两个前锚室1,主缆在前锚室锚固在锚梁上。
- [0042] 本发明中的隧道式锚碇将主缆巨大的拉力通过散索段分散后,经连接钢构件传递到前锚面;再通过穿过锚梁的锚固系统传递到后锚面,至此将主缆拉力转换为后锚面的压力;锚梁受到来自后锚面的压力,并通过自身的刚度将一部分压力以正压力的形式传递到锚梁前端的岩体,另一部分压力以摩擦力的形式传递到锚梁底面的岩体,与传统隧道式锚碇相比,具有更加清晰的力学概念,各分力之间的分配关系更明确,且能显著减少锚碇混凝土用量,降低施工开挖难度,缩短工期,同时还能尽可能地保持围岩的完整性,达到最佳锚固效果。
- [0043] 本实施例中,所述锚梁2的横截面为矩形,该矩形截面尺寸为 $12 \times 9.6\text{m}$ ,整个锚梁长度为 $56.2\text{m}$ 。
- [0044] 本实施例中,所述锚梁2在与前锚室1相连的横截面处设有弧形凸顶21,所述弧形凸顶为满足主缆散索范围及前锚面空间而设,该弧形凸顶的截面半径为 $6.6\text{m}$ ,且左右两个弧形凸顶内侧边缘相距 $13.8\text{m}$ 。通过设置弧形凸顶作为对锚梁上承受主缆拉力的横截面部位进行局部加强,从而可以减小锚梁上其余部位的横截面,有利于减少锚洞开挖量。
- [0045] 本实施例中,所述锚梁2的长度方向两端超过前锚室1底部边缘 $8\text{m}$ ,即锚梁长度方向端部至左右两个弧形凸顶外侧边缘的距离为 $8\text{m}$ ,该锚梁从锚碇中心面向两侧对称延伸,而锚碇中心面与桥梁中心线所在的平面重合,该锚梁长度方向两端伸出部分可以增加锚梁两端与岩体的接触面积,提高锚梁的承载能力。
- [0046] 本实施例中,在所述前锚室1的洞口处设有散索鞍基础3,以用于安装固定散索鞍。

[0047] 本实施例中,所述散索鞍基础3上安装有散索鞍4,通过设置散索鞍可以将主缆巨大的拉力均匀分散到散索段。

[0048] 本实施例中,所述锚梁2与所述前锚室1的倾斜角度一致,既便于锚洞开挖施工,又能使散索段拉力均匀正向传递至锚梁前锚面。

[0049] 本实施例中,所述前锚室1的倾斜角度为 $36^\circ$ ,即前锚室中心线与水平面的夹角为 $36^\circ$ ,该倾斜角度既便于整个锚碇施工,又能对主缆提供较好的锚固力。

[0050] 如图5-图6所示,本发明中的隧道锚受力分析计算如下:

[0051] 主缆拉力为 $T$ ,锚梁重力为 $G$ ,锚固区主缆拉力与水平面夹角为 $\alpha$ ,锚梁混凝土与锚梁下方的岩体摩擦系数为 $\mu$ 。

[0052] 锚梁与下方岩体之间的摩擦力 $F=G \cdot \cos\alpha \cdot \mu$ 。

[0053] 锚梁与前端岩体之间的正压力 $N=T-G \cdot \cos\alpha \cdot \mu-G \cdot \sin\alpha$ 。

[0054] 锚梁与前端岩体之间的压应力 $\sigma=N/S$ ,其中 $S$ 为锚梁前端面与岩体间的接触面积。

[0055] 锚梁剪切面所受剪力 $Q=N/4$ 。

[0056] 锚梁剪切面上的剪应力 $\tau=Q/A$ ,其中 $A$ 为锚梁断面面积。

[0057] 为保障锚固体系的有效性,需要保证:

[0058] 1、锚梁剪切面上的剪应力 $\tau \leq [\tau]$ ,其中 $[\tau]$ 为混凝土的容许剪应力;

[0059] 2、锚梁与前端岩体之间的压应力 $\sigma \leq [fa0]$ ,其中 $[fa0]$ 为岩体承载力基本容许值。

[0060] 以跨度为1200米的某大跨度山区悬索桥为例说明。

[0061] 主缆拉力为440000kN,锚梁混凝土8384.4 $m^3$ ,锚固区主缆拉力与水平面夹角 $\alpha=36^\circ$ ,锚梁混凝土与锚梁下方的岩体摩擦系数 $\mu=0.6$ 。

[0062] 锚梁与下方岩体之间的摩擦力 $F=G \cdot \cos\alpha \cdot \mu=98441.2$  (kN),

[0063] 锚梁与前端岩体之间的正压力 $N=T-G \cdot \cos\alpha \cdot \mu-G \cdot \sin\alpha=218353.1$  (kN),

[0064] 锚梁与前端岩体之间的压应力 $\sigma=N/S=218353.1/[(8+8+13.8) \times 9.6]=0.763$  (MPa),

[0065] 锚梁剪切面上的剪应力 $\tau=Q/A=(218353.1 \div 4)/(9.6 \times 12)=0.47$  (MPa),

[0066] 锚梁与前端岩体之间的压应力满足 $\sigma=0.763$  (MPa)  $\leq [fa0]=1.0$  (MPa),

[0067] 锚梁剪切面上的剪应力 $\tau=0.47$  (MPa)  $\leq 0.5$  (MPa)。

[0068] 在与传统锚塞体保持安全性相当的前提下,本发明中的锚梁与传统锚塞体的混凝土工程量对比如下表所示:

[0069]	混凝土方量( $m^3$ )		节省比例
	本发明中的锚梁	传统的锚塞体	
	8656.8	19220.0	55.0%

[0070] 本发明具有如下有益效果:

[0071] 1、相比传统隧道锚的锚塞体,本发明中的隧道锚的锚梁体积小,混凝土用量减少50%以上;且锚梁隧洞挖方和弃渣量减少50%以上;由于锚梁尺寸小、开挖难度小,有利于缩短工期;

[0072] 2、本发明中的锚梁将主缆拉力以正压力和摩擦力的形式传递到锚梁前面和底面的岩体,力学传递路径清晰、各分力之间的分配关系明确,设计中可以进行准确计算;

[0073] 3、相对传统锚塞体,采用锚梁可以保留较大的岩体中墙厚度,可以轻松达到13米甚至15米,能尽可能地保持围岩的完整性,达到最佳锚固效果。

[0074] 实施例2

[0075] 本发明提供一种悬索桥隧道式锚碇的施工方法;

[0076] 本实施例中的悬索桥隧道式锚碇的施工方法,包括以下几个步骤:

[0077] (1) 在悬索桥桥头山体上开挖锚碇隧洞,包括前锚室、锚梁、后锚室的隧洞,对洞口、前锚室、后锚室进行支护;

[0078] (2) 在与前锚室所对应的锚梁部分安装锚固系统的定位支架;

[0079] (3) 在锚梁隧洞内安装预留的预应力管道和预应力槽口相关组件,完成后绑扎锚梁钢筋,然后进行锚梁混凝土浇筑并养护;

[0080] (4) 在预应力管道内穿预应力束,并对预应力束进行张拉、锚固;

[0081] (5) 在前锚室内安装散索鞍,并将悬索桥主缆通过散索鞍分散成多根分缆索,多根分缆索分别与锚梁前锚面的预留钢构件进行连接。

[0082] 相比传统隧道锚的锚塞体,本发明中的悬索桥隧道式锚碇具有更加清晰的力学概念,力的分配和传递路径更加明确,且其施工方法更加简单,由于隧道锚的锚梁体积小,混凝土用量减少50%以上;且锚梁隧洞挖方和弃渣量减少50%以上;由于锚梁尺寸小、开挖难度小,有利于缩短工期。

[0083] 本实施例中,在开挖锚碇隧洞时,从前锚室底部开挖锚梁隧洞至山体内部后锚室的预定位置,先沿两个前锚室底部开挖至后锚室位置,然后向锚碇中心面开挖至连通,最后再向远离锚碇中心面方向开挖至超过前锚室底部边缘,在开挖后及时对锚梁隧洞进行支护加固,在锚梁隧洞开挖完成后还需挖设后锚室。

[0084] 本实施例中,在浇筑锚梁混凝土时,预留从前锚室通往后锚室的检修通道,以方便后续施工及检修通行。

[0085] 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,凡在本发明的原理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。

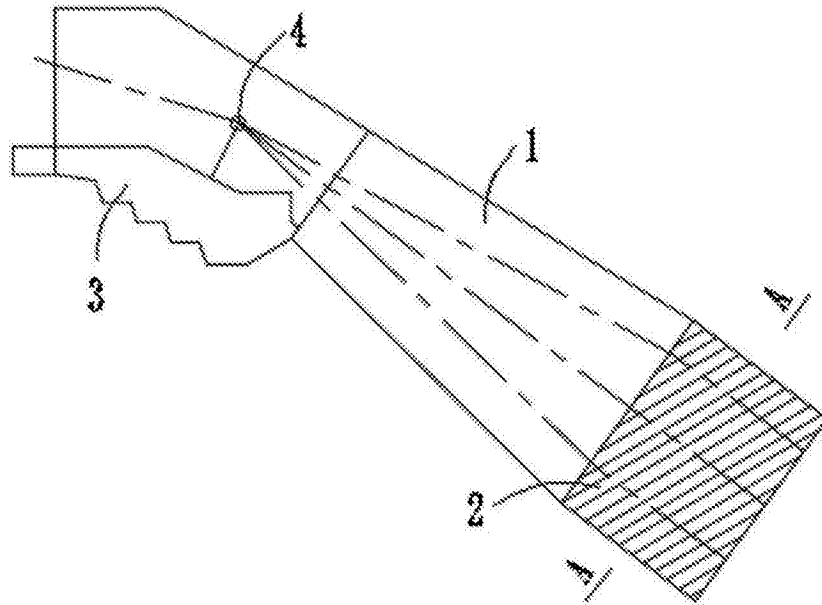


图1

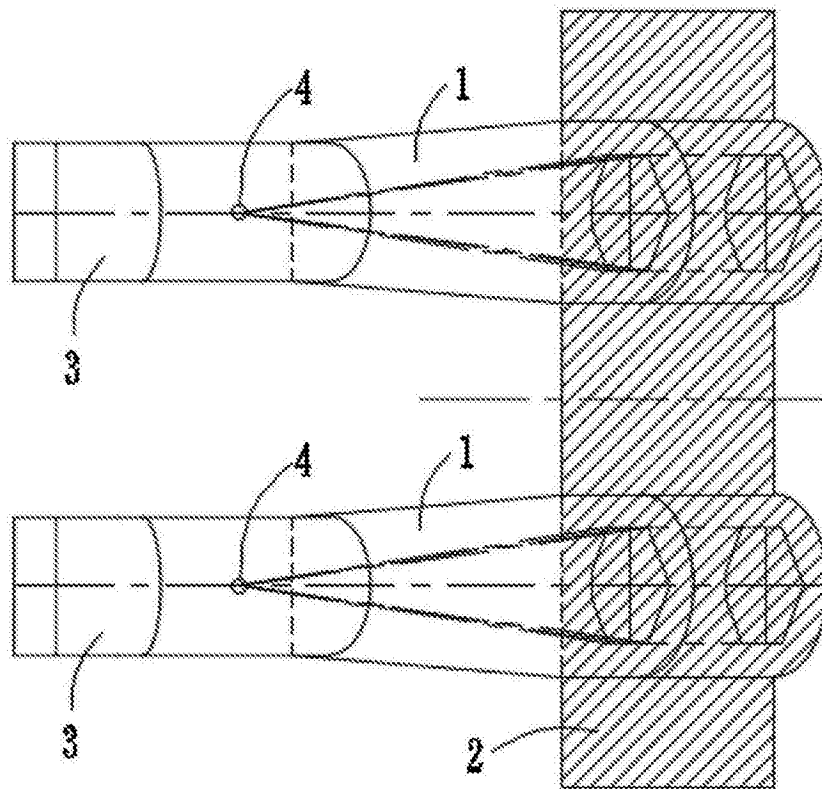


图2



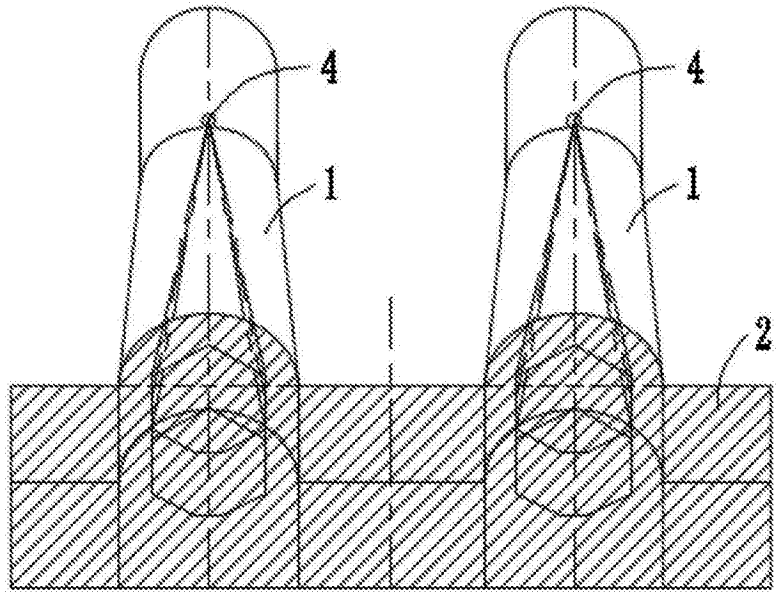


图3

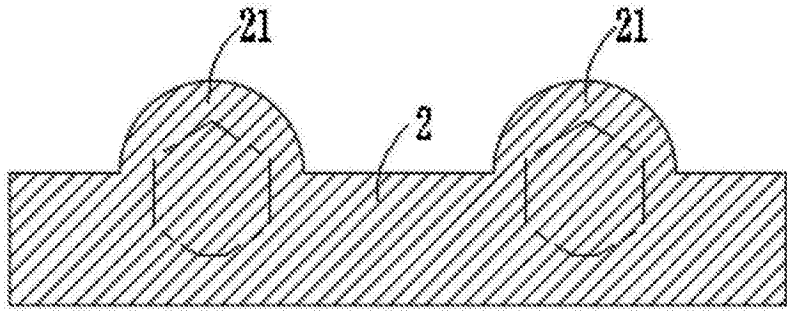


图4

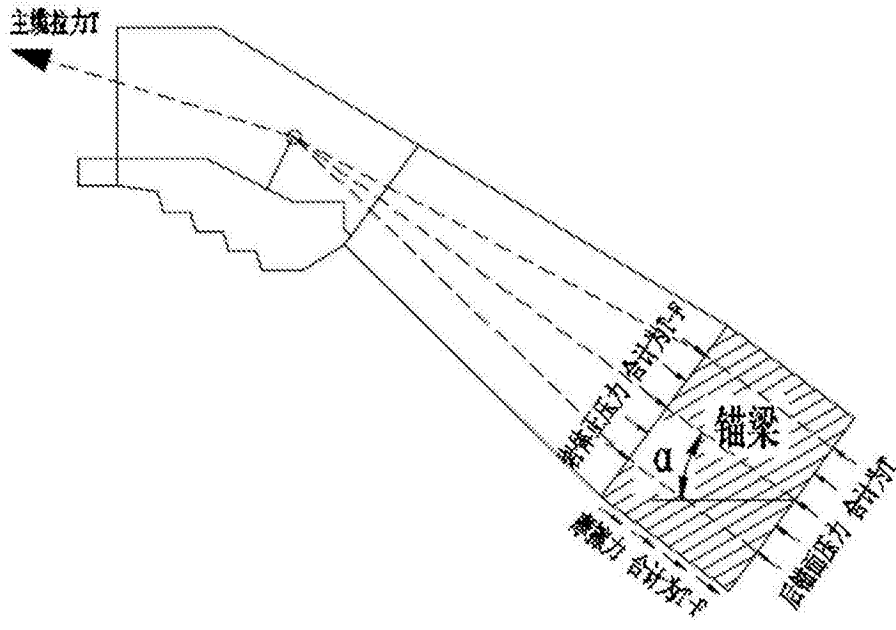


图5

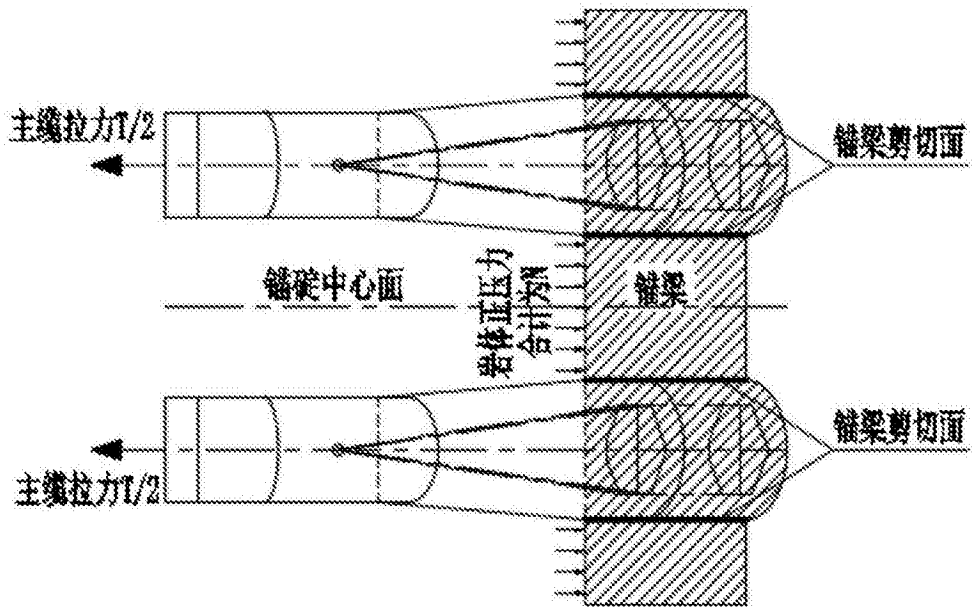


图6