



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113174876 B

(45) 授权公告日 2021.09.10

(21) 申请号 202110717788.8

(22) 申请日 2021.06.28

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113174876 A

(43) 申请公布日 2021.07.27

(73) 专利权人 西南交通大学

地址 610000 四川省成都市二环路北一段
111号

(72) 发明人 余志祥 金云涛 郭立平 赵雷
张丽君 许浒

(74) 专利代理机构 成都东恒知盛知识产权代理
事务所(特殊普通合伙)
51304

代理人 罗江

(51) Int.Cl.

E01F 7/04 (2006.01)

G01C 1/00 (2006.01)

G01C 9/00 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2020217945 A1, 2020.07.09

CN 213114674 U, 2021.05.04

CN 210597071 U, 2020.05.22

CN 104480869 A, 2015.04.01

CN 111364486 A, 2020.07.03

CN 105803960 A, 2016.07.27

CN 212052395 U, 2020.12.01

CN 112818453 A, 2021.05.18

CN 107881929 A, 2018.04.06

CN 210574220 U, 2020.05.19

CN 110847197 A, 2020.02.28

CN 209429141 U, 2019.09.24

EP 2904178 A1, 2015.08.12

DE 202011101447 U1, 2011.12.29

US 2011194900 A1, 2011.08.11

EP 2210980 A2, 2010.07.28

JP 2003149044 A, 2003.05.21

齐欣等. 被动柔性防护网结构的累计抗冲击性能研究.《岩石力学与工程学报》.2017, 第36卷(第11期), 2789-2797.

石川清等. 基于能量法的柔性棚洞防护结构可靠性分析.《铁道标准设计》.2020, 第64卷(第12期), 42-46页.

审查员 余田

权利要求书2页 说明书5页 附图3页

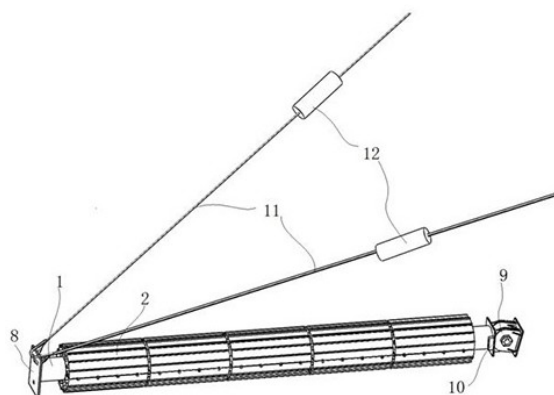
(54) 发明名称

旋转式智能防冲击钢柱及灾害评估方法

(57) 摘要

本发明涉及落石防护技术领域, 涉及一种旋转式智能防冲击钢柱及灾害评估方法, 其包括圆管截面钢柱, 圆管截面钢柱上套接有旋转筒, 旋转筒用于引导和缓冲落石; 旋转筒包括两个半圆柱状体的筒身, 筒身上设有耳板, 耳板上穿设有高强螺栓; 筒身为空心结构且筒身内设有多个缓冲折板, 筒身外侧设有多个纵肋, 纵肋和缓冲折板均在圆管截面钢柱径向上; 圆管截面钢柱上部连接有带孔柱顶板, 下部连接有柱脚耗能节点, 圆管截面钢柱和旋转筒上分别装有倾角仪, 带孔柱顶板连接有拉锚绳, 拉锚绳上连接有耗能器, 并基于该钢柱提供了一种灾害评估方法。本发明

解决了落石直接冲击钢柱和灾害无法及时监测的问题, 具有较强的应急防灾韧性。



1. 灾害评估方法,其特征在于:其采用一种旋转式智能防冲击钢柱,旋转式智能防冲击钢柱包括圆管截面钢柱(1),圆管截面钢柱(1)上套接有旋转筒(2),旋转筒(2)用于引导和缓冲落石;旋转筒(2)包括两个半圆柱状体的筒身(3),筒身(3)上设有耳板(4),耳板(4)上穿设有高强螺栓(5);筒身(3)为空心结构且筒身(3)内设有多个缓冲折板(6),筒身(3)外侧设有多个纵肋(7),纵肋(7)和缓冲折板(6)均在圆管截面钢柱(1)径向上;圆管截面钢柱(1)上部连接有带孔柱顶板(8),下部连接有柱脚耗能节点(9),圆管截面钢柱(1)和旋转筒(2)上分别装有倾角仪(10),带孔柱顶板(8)连接有拉锚绳(11),拉锚绳(11)上连接有耗能器(12);

柱脚耗能节点(9)包括顶板(13)和底板(14),顶板(13)和底板(14)上分别设有多个柱脚耳板(15),底板(14)上的柱脚耳板(15)通过一螺杆(16)和一螺母固定并预紧,顶板(13)的柱脚耳板(15)转动套接在螺杆(16)上;

并包括以下步骤:

一、当落石冲击防护系统,圆管截面钢柱(1)和旋转筒(2)上的倾角仪(10)监测到转动;

二、倾角仪(10)倾角小于阈值 0.5° 时,认为转动由环境振动和小碎石所致,不发送无线信号;当转角超过阈值 0.5° 时,发送无线信号至数据中心,报告灾害发生的时空位置及转角 θ_1, θ_2 ;

三、基于能量方法评估灾害规模;评估方法包括以下步骤:

a、确定预估灾害冲击动能 E_k ,由下式确定:

$$E_k = \alpha E = \alpha (E_1 + E_2 + E_3);$$

式中 E 为预估冲击动能下限, E_1 、 E_2 、 E_3 分别为柱脚耗能节点(9)摩擦耗能、旋转筒(2)与圆管截面钢柱(1)摩擦耗能、耗能器(12)耗能, α 为放大系数,取 $1.3 \sim 1.5$;

柱脚耗能节点(9)摩擦耗能 E_1 由下式确定:

$$E_1 = 4 \int_0^{R_1} \frac{2r^2 \theta_1 T_1 \mu_1}{R_1^2} dr = \frac{8 T_1 R_1 \theta_1 \mu_1}{3};$$

式中 R_1 为柱脚耳板(15)的旋转半径, T_1 为螺杆(16)的预紧力, θ_1 为钢柱转角, μ_1 为钢柱耳板间摩擦系数; r 是变量;

旋转筒(2)摩擦耗能 E_2 由下式确定:

$$E_2 = 16 T_2 R_2 \theta_2 \mu_2;$$

式中 R_2 为圆管截面钢柱(1)半径, T_2 为每个高强螺栓(5)的预紧力, θ_2 为旋转筒(2)转角, μ_2 为圆管截面钢柱(1)与旋转筒(2)间摩擦系数;

耗能器(12)耗能 E_3 由下式确定:

$$E_3 = T_{ED} \left[\sqrt{h^2 + x_0^2 - 2 h x_0 \cos(\beta + \theta_1)} - l_0 \right];$$

式中 T_{ED} 为耗能器(12)的平均工作拉力, h 为圆管截面钢柱(1)高, x_0 为柱脚至拉锚绳(11)锚点距离, θ_1 为钢柱转角, β 为圆管截面钢柱(1)与坡面的初始夹角, l_0 为拉锚绳(11)原长;

b、确定防护系统的工作状态,确定方法为:

$E_k \leq E_{SEL} = E_{MEL}/3$ 时,正常拦截小能量落石,无需清理,无需修复; $E_{SEL} < E_k \leq E_{MEL}$ 时,正常

拦截大能量落石,需清理,需修复; $E_k > E_{MEL}$ 时,系统可能发生破坏,需清理,需修复;其中, E_k 为预估灾害冲击动能, E_{SEL} 为防护系统正常工作能级, E_{MEL} 为防护系统极限工作能级, $E_{SEL} = E_{MEL}/3$;

四、结合时空信息,灾害规模配备资源清理落石,修复系统。

2.根据权利要求1所述的灾害评估方法,其特征在于:柱脚耗能节点(9)为一带摩擦阻尼的单向铰支座。

3.根据权利要求2所述的灾害评估方法,其特征在于:两个半圆柱状体的筒身(3)预紧前间距 $d=10\text{mm}$ 。

4.根据权利要求3所述的灾害评估方法,其特征在于:底板(14)上的柱脚耳板(15)侧面设有加劲肋(17)。

5.根据权利要求4所述的灾害评估方法,其特征在于:倾角仪(10)分别安装在圆管截面钢柱(1)底部和旋转筒(2)内部。

旋转式智能防冲击钢柱及灾害评估方法

技术领域

[0001] 本发明涉及落石防护技术领域,涉及一种旋转式智能防冲击钢柱及灾害评估方法,具体地说,涉及一种用于柔性落石防护系统的旋转式智能防冲击钢柱及基于能量的灾害评价方法。

背景技术

[0002] 在山地中,对边坡落石的防护关系到民众生命和财产安全,而柔性防护系统常被作为落石等灾害的防护设施,柔性防护系统通常由拦截网片、拉锚绳、钢柱、锚杆、支撑绳、耗能器组成,该系统以其稳固性,经济性、环保性等显著优势,成为了落石防护的主流方法。

[0003] 但仍存在以下问题:

[0004] (1) 在被动柔性防护网设计时,通常不考虑落石直接冲击钢柱的可能性,但是这种可能性依然存在,当落石直接冲击钢柱时,很可能引起钢柱直接破坏,大大减小防护网的安全性。

[0005] (2) 传统的被动柔性防护网未设置监测系统,落石灾害的发现往往依靠人工巡检,灾害发现和系统修复不及时,应急防灾韧性较差。

发明内容

[0006] 本发明的内容是提供一种旋转式智能防冲击钢柱及灾害评估方法,其能够克服现有技术的某种或某些缺陷。

[0007] 本发明提供了一种旋转式智能防冲击钢柱,其包括圆管截面钢柱,圆管截面钢柱上套接有旋转筒,旋转筒用于引导和缓冲落石;旋转筒包括两个半圆柱状体的筒身,筒身上设有耳板,耳板上穿设有高强螺栓;筒身为空心结构且筒身内设有多个缓冲折板,筒身外侧设有多个纵肋,纵肋和缓冲折板均在圆管截面钢柱径向上;圆管截面钢柱上部连接有带孔柱顶板,下部连接有柱脚耗能节点,圆管截面钢柱和旋转筒上分别装有倾角仪,带孔柱顶板连接有拉锚绳,拉锚绳上连接有耗能器;柱脚耗能节点包括顶板和底板,顶板和底板上分别设有多个柱脚耳板,底板上的柱脚耳板通过一螺杆和一螺母固定并预紧,顶板的柱脚耳板转动套接在螺杆上。

[0008] 作为优选,柱脚耗能节点为一带摩擦阻尼的单向铰支座。

[0009] 作为优选,两个半圆柱状体的筒身预紧前间距 $d=10\text{mm}$ 。

[0010] 作为优选,底板上的柱脚耳板侧面设有加劲肋。

[0011] 作为优选,倾角仪分别安装在圆管截面钢柱底部和旋转筒内部。

[0012] 落石能够在旋转筒的引导和缓冲作用下保护圆管截面钢柱;旋转筒的两个半圆柱体筒身焊接有耳板,并通过高强螺栓预紧连成整体,增大筒体与钢柱摩擦耗能能力,并提高钢柱承载力;两个半圆柱状体的筒身预紧前间距 $d=10\text{mm}$,以提供预紧变形空间。一旦存在落石冲击系统并导致圆管截面钢柱或旋转筒转动,倾角仪内部的压敏电阻变化并产生电压变化,转化输出为转角。倾角仪转角超过阈值 0.5° 时即刻传输信号至数据中心,报告落石灾

害发生的时空位置,并根据基于能量的评价方法预判灾害规模和防护系统状态。

[0013] 本发明还提供了一种灾害评估方法,其采用上述的一种旋转式智能防冲击钢柱,并包括以下步骤:

[0014] 一、当落石冲击防护系统,圆管截面钢柱和旋转筒上的倾角仪监测到转动;

[0015] 二、倾角仪倾角小于阈值 0.5° 时,认为转动由环境振动和小碎石所致,不发送无线信号;当转角超过阈值 0.5° 时,发送无线信号至数据中心,报告灾害发生的时空位置及转角 θ_1, θ_2 ;

[0016] 三、基于能量方法评估灾害规模;评估方法包括以下步骤:

[0017] a、确定预估灾害冲击动能 E_k ,由下式确定:

$$[0018] \quad E_k = \alpha E = \alpha (E_1 + E_2 + E_3);$$

[0019] 式中 E 为预估冲击动能下限, E_1 、 E_2 、 E_3 分别为柱脚耗能节点摩擦耗能、旋转筒与圆管截面钢柱摩擦耗能、耗能器耗能, α 为放大系数,取 $1.3 \sim 1.5$;

[0020] 柱脚耗能节点摩擦耗能 E_1 由下式确定:

$$[0021] \quad E_1 = 4 \int_0^{R_1} \frac{2r^2 \theta_1 T_1 \mu_1}{R_1^2} dr = \frac{8 T_1 R_1 \theta_1 \mu_1}{3};$$

[0022] 式中 R_1 为柱脚耳板的旋转半径, T_1 为螺杆的预紧力, θ_1 为钢柱转角, μ_1 为钢柱耳板间摩擦系数; r 是变量;

[0023] 旋转筒摩擦耗能 E_2 由下式确定:

$$[0024] \quad E_2 = 16 T_2 R_2 \theta_2 \mu_2;$$

[0025] 式中 R_2 为圆管截面钢柱半径, T_2 为每个高强螺栓的预紧力, θ_2 为旋转筒转角, μ_2 为圆管截面钢柱与旋转筒间摩擦系数;

[0026] 耗能器耗能 E_3 由下式确定:

$$[0027] \quad E_3 = T_{ED} \left[\sqrt{h^2 + x_0^2 - 2 h x_0 \cos(\beta + \theta_1)} - l_0 \right];$$

[0028] 式中 T_{ED} 为耗能器的平均工作拉力, h 为圆管截面钢柱高, x_0 为柱脚至拉锚绳锚点距离, θ_1 为钢柱转角, β 为圆管截面钢柱与坡面的初始夹角, l_0 为拉锚绳原长;

[0029] b、确定防护系统的工作状态,确定方法为:

[0030] $E_k \leq E_{SEL} = E_{MEL}/3$ 时,正常拦截小能量落石,无需清理,无需修复; $E_{SEL} < E_k \leq E_{MEL}$ 时,正常拦截大能量落石,需清理,需修复; $E_k > E_{MEL}$ 时,系统可能发生破坏,需清理,需修复;其中, E_k 为预估灾害冲击动能, E_{SEL} 为防护系统正常工作能级, E_{MEL} 为防护系统极限工作能级, $E_{SEL} = E_{MEL}/3$;

[0031] 四、结合时空信息,灾害规模配备资源清理落石,修复系统。

[0032] 本发明公开了一种旋转式智能防冲击钢柱,及其预判灾害体量的评价方法,能够及时监测落石灾害的发生并迅速做出应急响应。该旋转式智能防冲击钢柱包括圆管截面钢柱、旋转筒、带孔柱顶板、柱脚耗能节点和带无线发射功能的倾角仪。当落石冲击钢柱,旋转筒转动,使落石在旋转筒引导下向一侧的防护网进行正常冲击。同时旋转筒内部的缓冲折板、转筒内壁摩擦也将进行缓冲耗能,引导加缓冲的机制避免钢柱直接遭受落石冲击而发生破坏。安装于钢柱和旋转筒的倾角仪在系统遭受冲击时发送无线信号至数据中心,能够及时监测落石灾害发生的时空信息,并根据基于能量的评价方法预判灾害规模和防护系统

状态。本发明解决了落石直接冲击钢柱和灾害无法及时监测的问题,具有较强的应急防灾韧性。

附图说明

[0033] 图1为实施例1中旋转式智能防冲击钢柱的结构示意图;

[0034] 图2为实施例1中旋转筒的俯视图;

[0035] 图3为实施例1中旋转筒的左视图;

[0036] 图4为实施例1中旋转筒的正视图;

[0037] 图5为实施例1中柱脚耗能节点的结构示意图;

[0038] 图6为实施例1中灾害评估方法的流程图。

具体实施方式

[0039] 为进一步了解本发明的内容,结合附图和实施例对本发明作详细描述。应当理解的是,实施例仅仅是对本发明进行解释而并非限定。

[0040] 实施例1

[0041] 如图1、图2、图3、图4和图5所示,本实施例提供了一种旋转式智能防冲击钢柱,其包括圆管截面钢柱1,圆管截面钢柱1上套接有旋转筒2,旋转筒2用于引导和缓冲落石;旋转筒2包括两个半圆柱状体的筒身3,筒身3上设有耳板4,耳板4上穿设有高强螺栓5;筒身3为空心结构且筒身3内设有多个缓冲折板6,筒身3外侧设有多个纵肋7,纵肋7和缓冲折板6均在圆管截面钢柱1径向上;圆管截面钢柱1上部连接有带孔柱顶板8,下部连接有柱脚耗能节点9,圆管截面钢柱1和旋转筒2上分别装有倾角仪10,倾角仪10分别安装在圆管截面钢柱1底部和旋转筒2内部;带孔柱顶板8连接有拉锚绳11,拉锚绳11上连接有耗能器12。

[0042] 落石能够在旋转筒2的引导和缓冲作用下保护圆管截面钢柱1;旋转筒2的两个半圆柱体筒身3焊接有耳板4,并通过高强螺栓5预紧连成整体,增大筒体与钢柱摩擦耗能能力,并提高钢柱承载力;两个半圆柱状体的筒身3预紧前间距 $d=10\text{mm}$,以提供预紧变形空间。一旦存在落石冲击系统并导致圆管截面钢柱1或旋转筒2转动,倾角仪10内部的压敏电阻变化并产生电压变化,转化输出为转角。倾角仪10转角超过阈值 0.5° 时,即刻传输信号至数据中心,报告落石灾害发生的时空位置,并根据基于能量的评价方法预判灾害规模和防护系统状态。

[0043] 柱脚耗能节点9为一带摩擦阻尼的单向铰支座。柱脚耗能节点9包括顶板13和底板14,顶板13和底板14上分别设有多个柱脚耳板15,底板14上的柱脚耳板15通过一螺杆16和一螺母固定并预紧,顶板13的柱脚耳板15转动套接在螺杆16上。底板14上的柱脚耳板15侧面设有加劲肋17。柱脚耗能节点9能够使得系统在遭受冲击后提供钢柱以转动空间,同时对螺杆16进行预紧,增大了柱脚耳板15间的摩擦阻尼。

[0044] 本实施例中,旋转式智能防冲击钢柱的安装方法为:

[0045] 1) 在半圆柱体筒身3外部焊接纵肋7、内部焊接缓冲折板6,侧边焊接耳板4,将倾角仪10安装在筒内,将两个半圆柱体筒身3通过高强螺栓5连接预紧(每个螺栓预紧力 T_2)拼装到圆管截面钢柱1上。

[0046] 2) 将更多旋转筒2拼装连接到圆管截面钢柱1上,直到布满整个圆管截面钢柱1。

[0047] 3) 将带孔柱顶板8和柱脚耗能节点9分别焊接至圆管截面钢柱1上、下部位,柱脚耗能节点9的螺杆16需预紧,预紧力 T_1 。

[0048] 4) 将倾角仪10安装在圆管截面钢柱1底部。

[0049] 5) 将所述旋转式智能防冲击钢柱通过柱脚基础和拉锚绳11连接于边坡坡面上即可。

[0050] 如图6所示,本实施例还提供了一种灾害评估方法,其采用上述的一种旋转式智能防冲击钢柱,并包括以下步骤:

[0051] 一、当落石冲击防护系统,圆管截面钢柱1和旋转筒2上的倾角仪10监测到转动;

[0052] 二、倾角仪倾角小于阈值 0.5° 时,认为转动由环境振动和小碎石所致,不发送无线信号;当转角超过阈值 0.5° 时,发送无线信号至数据中心,报告灾害发生的时空位置及转角 θ_1, θ_2 ;

[0053] 三、基于能量方法评估灾害规模;评估方法包括以下步骤:

[0054] a、确定预估灾害冲击动能 E_k ,由下式确定:

$$[0055] E_k = \alpha E = \alpha (E_1 + E_2 + E_3);$$

[0056] 式中 E 为预估冲击动能下限, E_1 、 E_2 、 E_3 分别为柱脚耗能节点9摩擦耗能、旋转筒2与圆管截面钢柱1摩擦耗能、耗能器12耗能, α 为放大系数,取 $1.3 \sim 1.5$;

[0057] 柱脚耗能节点9摩擦耗能 E_1 由下式确定:

$$[0058] E_1 = 4 \int_0^{R_1} \frac{2r^2 \theta_1 T_1 \mu_1}{R_1^2} dr = \frac{8 T_1 R_1 \theta_1 \mu_1}{3};$$

[0059] 式中 R_1 为柱脚耳板15的旋转半径, T_1 为螺杆16的预紧力, θ_1 为钢柱转角, μ_1 为钢柱耳板间摩擦系数; r 是变量;

[0060] 旋转筒2摩擦耗能 E_2 由下式确定:

$$[0061] E_2 = 16 T_2 R_2 \theta_2 \mu_2;$$

[0062] 式中 R_2 为圆管截面钢柱1半径, T_2 为每个高强螺栓5的预紧力, θ_2 为旋转筒2转角, μ_2 为圆管截面钢柱1与旋转筒2间摩擦系数;

[0063] 耗能器12耗能 E_3 由下式确定:

$$[0064] E_3 = T_{ED} \left[\sqrt{h^2 + x_0^2 - 2 h x_0 \cos(\beta + \theta_1)} - l_0 \right];$$

[0065] 式中 T_{ED} 为耗能器12的平均工作拉力, h 为圆管截面钢柱1高, x_0 为柱脚至拉锚绳11锚点距离, θ_1 为钢柱转角, β 为圆管截面钢柱1与坡面的初始夹角, l_0 为拉锚绳11原长;

[0066] b、确定防护系统的工作状态,确定方法为:

[0067] $E_k \leq E_{SEL} = E_{MEL}/3$ 时,正常拦截小能量落石,无需清理,无需修复; $E_{SEL} < E_k \leq E_{MEL}$ 时,正常拦截大能量落石,需清理,需修复; $E_k > E_{MEL}$ 时,系统可能发生破坏,需清理,需修复;其中, E_k 为预估灾害冲击动能, E_{SEL} 为防护系统正常工作能级, E_{MEL} 为防护系统极限工作能级, $E_{SEL} = E_{MEL}/3$;

[0068] 四、结合时空信息,灾害规模配备资源清理落石,修复系统。

[0069] 以上示意性的对本发明及其实施方式进行了描述,该描述没有限制性,附图中所示的也只是本发明的实施方式之一,实际的结构并不局限于此。所以,如果本领域的普通技术人员受其启示,在不脱离本发明创造宗旨的情况下,不经创造性的设计出与该技术方案

相似的结构方式及实施例,均应属于本发明的保护范围。

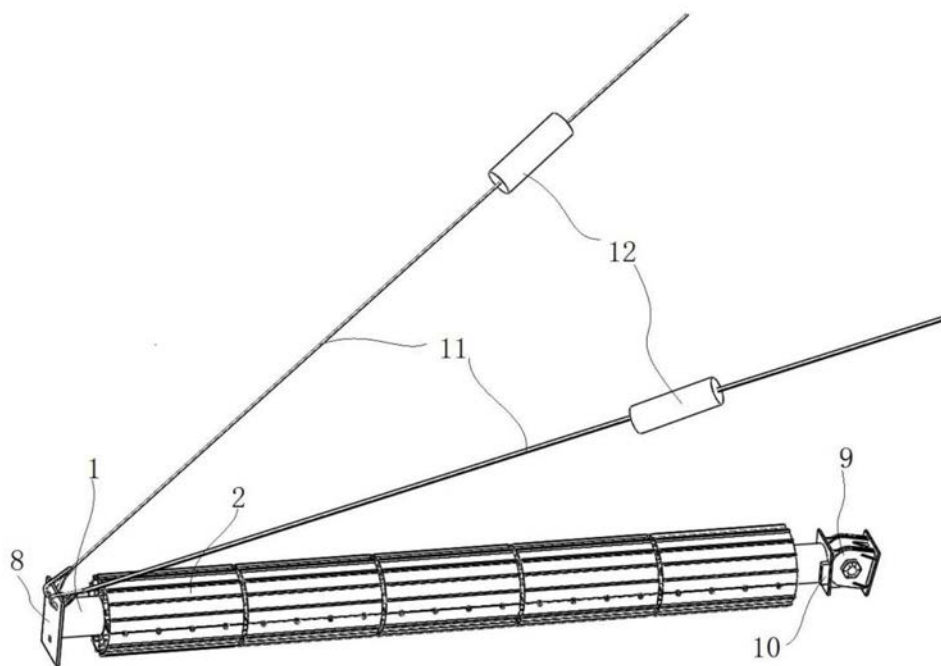


图1

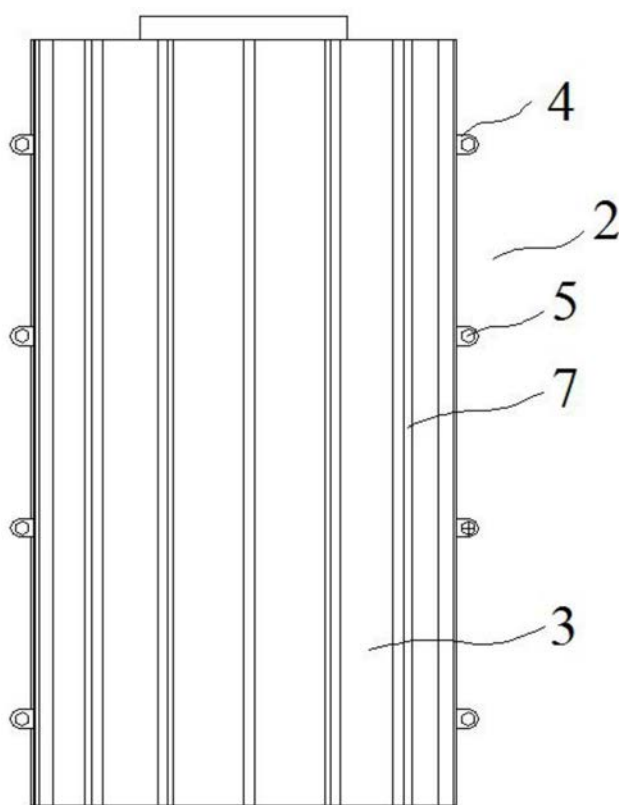


图2

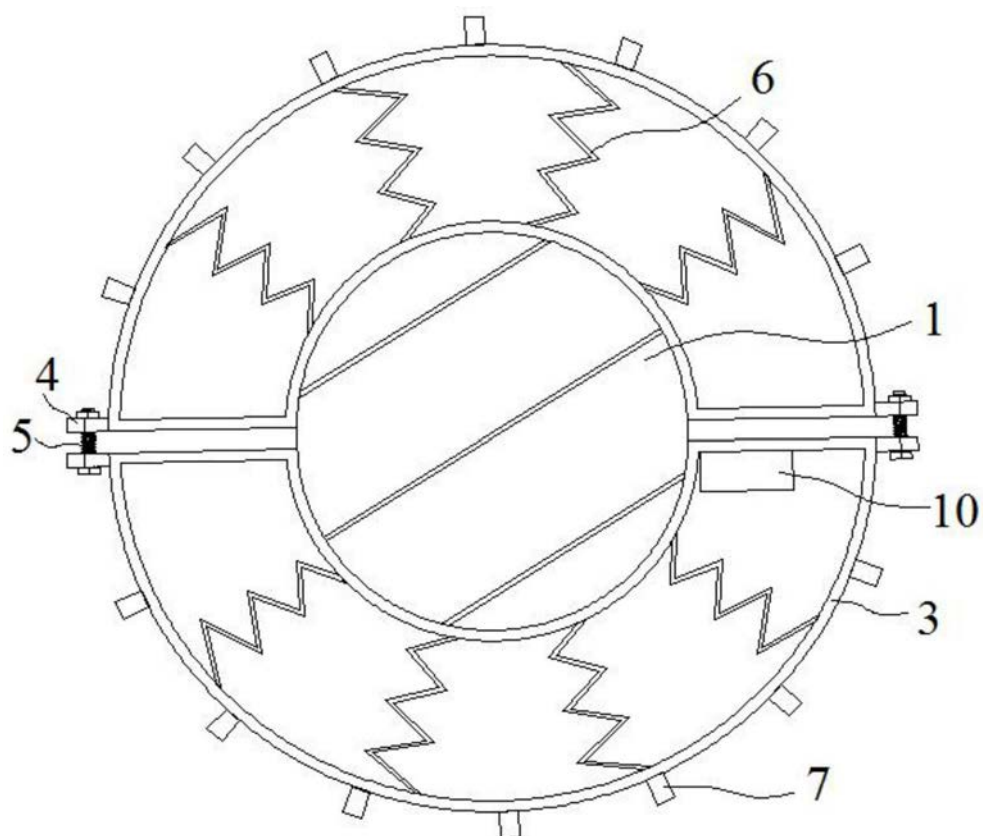


图3

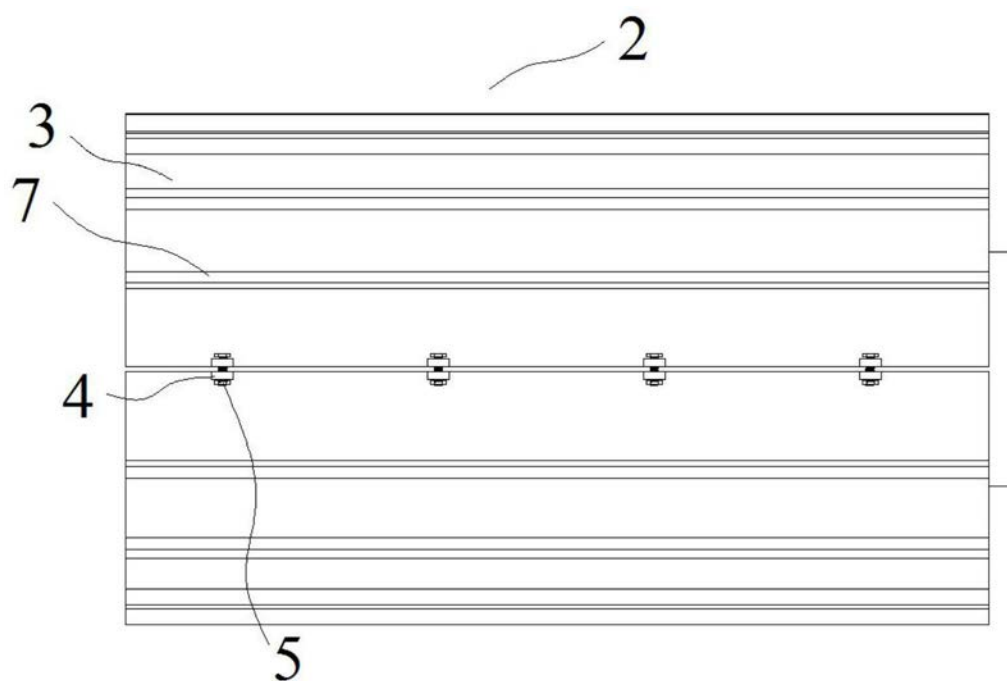


图4

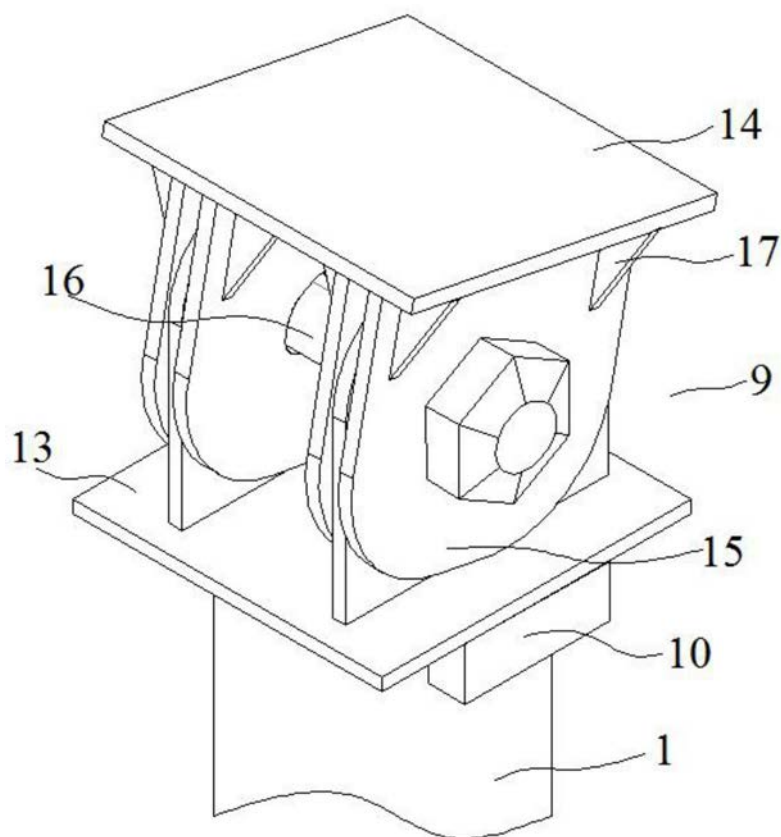


图5

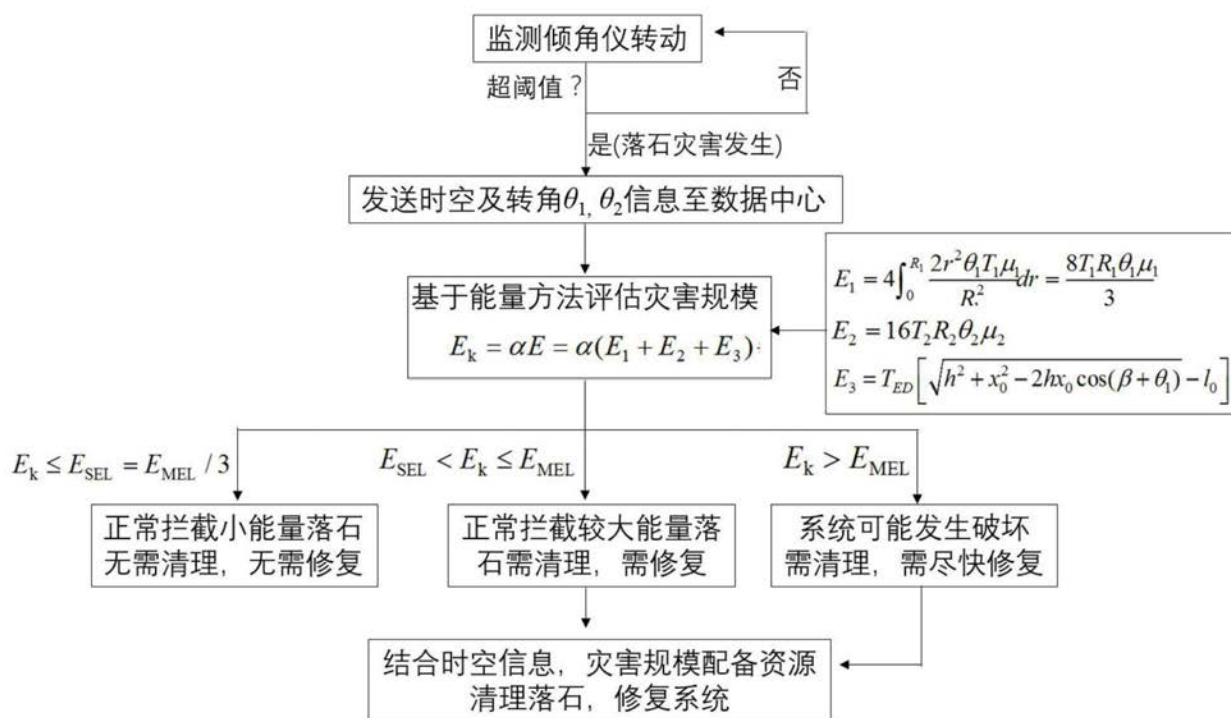


图6