



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112316340 A

(43) 申请公布日 2021.02.05

(21) 申请号 202011348459.2

B64C 39/02 (2006.01)

(22) 申请日 2020.11.26

(71) 申请人 浙江理工大学

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区2号街928号

(72) 发明人 周家银 范文杰 孟珂 孙凯淼  
赖钦飞 任锟 卢燃 董慧 王瑜  
赵鑫微 越锡宁

(74) 专利代理机构 杭州钤韬知识产权代理事务所(普通合伙) 33329

代理人 唐灵 赵杰香

(51) Int. Cl.

A62C 27/00 (2006.01)

A62C 31/03 (2006.01)

A62C 37/00 (2006.01)

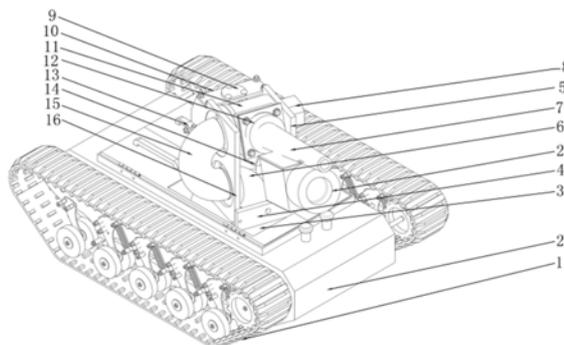
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

地面灭火机器人及其控制方法、空地联动式灭火系统及其控制方法

(57) 摘要

本发明提供了一种地面灭火机器人、空地联动式灭火系统及其控制方法,属于消防设备技术领域。本地面灭火机器人包括机器人本体和设于其上的炮管,其特征在于,炮管上设有与其同步转动的用于在两个不同观测位置分别获取火点位置区域的识别信息的第一火点识别器和第二火点识别器。本地面灭火机器人、空地联动式灭火系统及其控制方法的优点在于:利用第一火点识别器和第二火点识别器实现火点的精准识别;利用第一旋转机构和第二旋转机构实现炮管的三维运动,便于其对对火点的瞄准跟踪;利用无人机实现对射流落点的视觉反馈,从而精准扑灭火点。



1. 一种地面灭火机器人,包括机器人本体和设于其上的炮管,其特征在于,所述的炮管上设有与其同步转动的用于在两个不同观测位置分别获取火点位置区域的识别信息的第一火点识别器和第二火点识别器。

2. 根据权利要求1所述的地面灭火机器人,其特征在于,还包括设于所述的机器人本体上的沿第一方向旋转的第一旋转机构,所述的第一旋转机构上设有与其同步转动且可沿第二方向独自旋转的第二旋转机构,所述的第二旋转机构上设有与其同步转动的炮管。

3. 根据权利要求2所述的地面灭火机器人,其特征在于,所述的第一旋转机构包括第一旋转电机和第一旋转台,所述第一旋转电机和第一旋转台之间设有第一旋转传动件,所述的第一旋转台上设有与其同步转动的第二旋转机构上;所述的第二旋转机构包括第二旋转电机,所述第二旋转电机和炮管之间设有第二旋转传动件。

4. 一种地面灭火机器人的控制方法,其特征在于,所述的机器人为权利要求1至3任一所述的地面灭火机器人,所述的方法包括如下步骤:

依据双目视觉成像原理,利用第一火点识别器和第二火点识别器识别得到一个相同火点,并获取该相同火点相对于以炮管上的炮口为坐标原点的三维笛卡尔坐标系中的相对直角坐标值( $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ );

将所述火点的相对直角坐标值( $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ )转换成以炮管上的炮口为极点的球坐标系中的球坐标值( $\Delta r, \Delta \phi, \Delta \theta$ );

驱动第一旋转机构旋转 $\Delta \phi$ 角度,驱动第二旋转机构旋转 $\Delta \theta$ 角度;

启动发射灭火炮。

5. 根据权利要求4所述的地面灭火机器人的控制方法,其特征在于,所述的步骤为驱动第一旋转机构旋转 $\Delta \phi$ 角度,驱动第二旋转机构旋转 $\Delta \theta$ 角度之中,将角度 $\Delta \phi$ 与 $\Delta \theta$ 分别转换为第一旋转电机和第二旋转电机需要的脉冲数量。

6. 根据权利要求5所述的地面灭火机器人的控制方法,其特征在于,所述的驱动第一旋转机构旋转 $\Delta \phi$ 角度,驱动第二旋转机构旋转 $\Delta \theta$ 角度的步骤中,采用PID控制。

7. 一种空地联动式灭火系统,其特征在于,包括数据检测单元、数据传输单元、灭火机器人、无人机和远程控制单元;

数据检测单元,用于获取火点、射流落点的位置数据;

数据传输单元,用于灭火机器人、无人机和远程控制单元三者之间的数据传输;

灭火机器人,如权利要求1至3任一所述的地面灭火机器人;

无人机,接收灭火机器人或远程控制单元发出的飞行指令,利用其上的数据检测单元获取所述的灭火机器人发射的射流落点位置和火点位置的水平距离的差值,并利用其上的数据传输单元将所述的射流落点位置和火点位置的差值反馈至灭火机器人和/或远程控制单元。

远程控制单元,操控灭火机器人和无人机。

8. 一种根据权利要求7所述的地面联动式灭火系统的控制方法,其特征在于,所述的控制方法步骤为:

由远程控制单元控制灭火机器人进入存有火点的区域;

灭火机器人实施如权利要求4至6任一所述的控制方法;

灭火机器人或远程控制单元向无人机发出飞行至当前灭火机器人与火点之间的预定

位置；

无人机获取所述的灭火机器人发射的当前的射流落点位置和火点位置的水平距离的差值,若差值不为零则反馈至灭火机器人和/或远程控制单元,根据反馈的差值以确定炮管应转动的俯仰角度,灭火机器人通过第二旋转机构转动炮管所述的俯仰角度；

发射灭火炮；

重复上两步的步骤直至该火点被扑灭后,再次进入步骤“灭火机器人实施如权利要求4至6任一所述的控制方法”中直至存有火点的区域的所有火点都被扑灭。

## 地面灭火机器人及其控制方法、空地联动式灭火系统及其控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于消防设备技术领域,尤其是涉及一种地面灭火机器人和利用高空无人机配合地面灭火机器人灭火的空地联动式灭火系统以及上述两者各自的控制方法。

### 背景技术

[0002] 火灾给人类带来巨大损失和伤亡,尤其是对于危险化学品火灾,不同着火物需使用对应不同灭火剂灭火,否则会出现难以处置、更复杂和更危险事故,故需要对着火源定点精准扑救。当前消防机器人逐渐代替消防队员进入到火场一线进行灭火战斗,然而,携带消防水炮的机器人绝大多数需依赖后台消防人员远程操作,实现对水炮三维角度的调整,从而实现对着火点的灭火功能。采用直接将视觉设备放置在灭火机器人上的方法难以获得足够的视野,难以实现火源和射流落点的精确定位和灭火。

[0003] 现有灭火机器人有着以下的不足:

[0004] 1) 火点位置无法准确定位,灭火有心无力,无法有效抑制火灾蔓延;

[0005] 2) 火情发现不及时,发现时,火势已经蔓延。

### 发明内容

[0006] 本发明的第一目的是解决上述问题中的至少一部分的地面灭火机器人。

[0007] 本发明的第二个目的是提供一种上述的灭火机器人的控制方法。

[0008] 本发明的第三个目的是提供一种包括上述的灭火机器人的空地联动式灭火系统。

[0009] 本发明的第四个目的是提供一种上述的空地联动式灭火系统的控制方法。

[0010] 为达到上述目的,本发明采用了下列技术方案:本发明的地面灭火机器人,包括机器人本体和设于其上的炮管,其特征在于,炮管上设有与其同步转动的用于在两个不同观测位置分别获取火点位置区域的识别信息的第一火点识别器和第二火点识别器。

[0011] 在上述的地面灭火机器人中,还包括设于机器人本体上的沿第一方向旋转的第一旋转机构,第一旋转机构上设有与其同步转动且可沿第二方向独自旋转的第二旋转机构,第二旋转机构上设有与其同步转动的炮管。

[0012] 在上述的地面灭火机器人中,第一旋转机构包括第一旋转电机和第一旋转台,所述第一旋转电机和第一旋转台之间设有第一旋转传动件,第一旋转台上设有与其同步转动的第二旋转机构上;第二旋转机构包括第二旋转电机,所述第二旋转电机和炮管之间设有第二旋转传动件。

[0013] 上述的地面灭火机器人的控制方法,机器人为权利要求1至3任一地面灭火机器人,方法包括如下步骤:

[0014] 依据双目视觉成像原理,利用第一火点识别器和第二火点识别器识别得到一个相同火点,并获取该相同火点相对于以炮管上的炮口为坐标原点的三维笛卡尔坐标系中的相对直角坐标值 $(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$ ;

- [0015] 将所述火点的相对直角坐标值 ( $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ ) 转换成以炮管上的炮口为极点的球坐标系中的球坐标值 ( $\Delta r, \Delta \phi, \Delta \theta$ );
- [0016] 驱动第一旋转机构旋转  $\Delta \phi$  角度, 驱动第二旋转机构旋转  $\Delta \theta$  角度;
- [0017] 启动发射灭火炮。
- [0018] 在上述的地面灭火机器人的控制方法中, 步骤为驱动第一旋转机构旋转  $\Delta \phi$  角度, 驱动第二旋转机构旋转  $\Delta \theta$  角度之中, 将角度  $\Delta \phi$  与  $\Delta \theta$  分别转换为第一旋转电机和第二旋转电机需要的脉冲数量。
- [0019] 在上述的地面灭火机器人的控制方法中, 驱动第一旋转机构旋转  $\Delta \phi$  角度, 驱动第二旋转机构旋转  $\Delta \theta$  角度的步骤中, 采用PID控制。
- [0020] 上述的空地联动式灭火系统中, 包括数据检测单元、数据传输单元、灭火机器人、无人机和远程控制单元;
- [0021] 数据检测单元, 用于获取火点、射流落点的位置数据;
- [0022] 数据传输单元, 用于灭火机器人、无人机和远程控制单元三者之间的数据传输;
- [0023] 灭火机器人, 为如上所述的地面灭火机器人;
- [0024] 无人机, 接收灭火机器人或远程控制单元发出的飞行指令, 利用其上的数据检测单元获取灭火机器人发射的射流落点位置和火点位置的水平距离的差值, 并利用其上的数据传输单元将射流落点位置和火点位置的水平距离的差值反馈至灭火机器人和/或远程控制单元。
- [0025] 远程控制单元, 操控灭火机器人和无人机。
- [0026] 上述的空地联动式灭火系统的控制方法中, 控制方法步骤为:
- [0027] 由远程控制单元控制灭火机器人进入存有火点的区域;
- [0028] 灭火机器人实施如上所述的地面灭火机器人的控制方法;
- [0029] 灭火机器人或远程控制单元向无人机发出飞行至当前灭火机器人与火点之间的预定位置;
- [0030] 无人机获取灭火机器人发射的当前的射流落点位置和火点位置的水平距离的差值, 若差值不为零则反馈至灭火机器人和/或远程控制单元, 根据反馈的差值以确定炮管应转动的俯仰角度, 灭火机器人通过第二旋转机构转动炮管所述的俯仰角度;
- [0031] 发射灭火炮;
- [0032] 重复上两步的步骤直至该火点被扑灭后, 再次进入步骤“灭火机器人实施如上所述的地面灭火机器人的控制方法”中直至存有火点的区域的所有火点都被扑灭。
- [0033] 与现有技术相比, 本地面灭火机器人、空地联动式灭火系统及其控制方法的优点在于: 利用第一火点识别器和第二火点识别器实现火点的精准识别; 利用第一旋转机构和第二旋转机构实现炮管的三维运动, 便于其对火点的瞄准跟踪; 利用无人机实现对射流落点的视觉反馈, 从而精准扑灭火点。

## 附图说明

- [0034] 图1提供了本发明中的地面灭火机器人的一个实施例的结构示意图。
- [0035] 图2提供了图1的俯视示意图。
- [0036] 图3提供了图1中的第一旋转机构、第二旋转机构和炮管的俯视示意图。

[0037] 图4提供了双目视觉成像的原理图。

[0038] 图5提供了火点P在以地面灭火机器人上的炮管的炮口为共同坐标原点的三维笛卡尔坐标系和球坐标系上的两个坐标值。

[0039] 图6提供了本发明中的地面灭火机器人上的第一旋转机构和第二旋转机构中的电机的PID控制流程图。

[0040] 图7提供了本发明的工作场景图。

### 具体实施方式

[0041] 下面结合附图并通过实施例对本发明作进一步的详细说明,以下实施例是对本发明的解释而本发明并不局限于以下实施例。

[0042] 如图1至2所示,空地联动式灭火系统中,包括数据检测单元、数据传输单元、灭火机器人a、无人机b和远程控制单元。

[0043] 数据检测单元,用于获取火点、射流落点的位置数据。

[0044] 需要说明的是,这里的数据检测单元在灭火机器人和无人机上都有设置,通常用于火点搜寻的仪器有热像仪(如红外热像仪),用于获取射流落点的相关信息数据的仪器包括摄像器材,当然还可以包括其它检测仪器,如用于导航定位的导航仪等。

[0045] 数据传输单元(图中未画出),用于灭火机器人、无人机和远程控制单元三者之间的数据传输。

[0046] 需要说明的是,这里的数据检测单元在灭火机器人、无人机和远程控制单元上都有设置,通常采用无线传输的方式,或者无线结合有线的传输方式。

[0047] 远程控制单元(图中未画出),操控灭火机器人和无人机。

[0048] 需要说明的是,远程控制单元通常位于远端的消防控制中心,有专门的技术人员来操控,这样可以使消防人员在远离火点处通过操控灭火机器人和无人机来灭火,保护了消防人员的安全。

[0049] 灭火机器人,包括机器人本体和设于其上的炮管,炮管上设有与其同步转动的用于在两个不同观测位置分别获取火点位置区域的识别信息的第一火点识别器和第二火点识别器。

[0050] 需要说明的是,这里的第一火点识别器和第二火点识别器可以是两个单目的热像仪或者也可以是一个双目的热像仪。热像仪搜索火点的工作原理是首先根据视野中物体的温度,预选出视野内温度异常的区域,然后提取视频中火焰的动态形状特征,在温度异常区域内结合火焰动态特征,综合判别出视野范围内的着火点位置。

[0051] 这里采用第一火点识别器和第二火点识别器的原因在于利用了双目视觉成像原理来实现火点的精准识别。如图4所示为通过双目视觉成像原理来获取火点P与镜头的空间相对位置的原理图,具体为,火点P在镜头 $O_L$ 上的成像点为 $P_L$ ,P点在镜头 $O_R$ 上的成像点为 $P_R$ ,P的坐标就成为 $O_R P$ 和 $O_L P$ 两直线的交叉点,通过坐标之间的关系和三角定理确定该火点P的三维坐标,得到火点P与镜头 $O_L$ 、 $O_R$ 的空间相对位置。镜头与炮口的几何位置关系通过结构确定,最终将火点P与镜头 $O_L$ 、 $O_R$ 的空间相对位置转换为火点P与炮管上的炮口的空间相对位置关系。

[0052] 无人机,接收灭火机器人或远程控制单元发出的飞行指令,利用其上的数据检测

单元获取灭火机器人发射的射流落点位置和火点位置的水平距离的差值,并利用其上的数据传输单元将射流落点位置和火点位置的水平距离的差值反馈至灭火机器人和/或远程控制单元。

[0053] 需要说明的是,这里的无人机既可以由远程控制单元来进行控制,也可以由灭火机器人来控制,可根据需要而设。

[0054] 在本灭火机器人的另一个或一些的实施例中,还包括设于机器人本体上的沿第一方向旋转的第一旋转机构,第一旋转机构上设有与其同步转动且可沿第二方向独自旋转的第二旋转机构,第二旋转机构上设有与其同步转动的炮管,具体地,第一旋转机构包括第一旋转电机和第一旋转台,所述第一旋转电机和第一旋转台之间设有第一旋转传动件,第一旋转台上设有与其同步转动的第二旋转机构上;第二旋转机构包括第二旋转电机,所述第二旋转电机和炮管之间设有第二旋转传动件。

[0055] 如图1至3所示,为一个设有第一旋转机构和第二旋转机构的灭火机器人的一个实施例,具体地,这里的第一旋转机构包括支架旋转齿轮23、云台3(相当于第一旋转台)、电机齿轮18、底部电机20(相当于第一旋转电机)、底部支柱17、车箱2、支柱法兰24、电机连接块21:车箱2与支柱法兰24通过螺栓固定,底部支柱17与支柱法兰24通过螺纹连接,云台3与底部支柱17通过轴承相配合,支架旋转齿轮23与云台3连接固定,电机连接块21与车箱2通过螺钉固定,电机连接块21与底部电机20通过螺钉固定、底部电机20与电机齿轮18通过螺纹连接,电机齿轮18与支架旋转齿轮23相配合,该第一旋转机构实现水平方向(即第一方向)的转动。

[0056] 另外,这里的第二旋转机构包括顶部电机8(相当于第二旋转电机)、左挡板5、炮管支架11、炮管连接块12、右挡板16,热像仪支架14与双目热像仪22通过螺纹连接,炮管连接块12、热像仪支架14和炮管支架11通过螺栓固定,顶部电机8与炮管支架11通过销轴连接,炮管支架11与左挡板5通过轴承相配合,炮管支架11与右挡板16通过轴承相配合,炮管支架11、顶部电机8和左挡板5通过螺钉固定,该第二旋转机构实现俯仰方向(即第二方向)的转动,而炮管7用螺纹连接在这里的第二旋转机构上的炮管连接块12上,这样炮管7具有随第二旋转机构同步转动的功能,另外炮管7上设有热像仪支架14,热像仪支架14上通过螺纹连接有双目热像仪22。

[0057] 如图4至6所示,该灭火机器人的控制方法的一个实施例如下。

[0058] 步骤21、依据双目视觉成像原理,利用第一火点识别器和第二火点识别器识别得到一个相同火点,并获取该相同火点相对于以炮管上的炮口为坐标原点的三维笛卡尔坐标系中的相对直角坐标值( $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ )。

[0059] 步骤22、将所述火点的相对直角坐标值( $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ )转换成以炮管上的炮口为极点的球坐标系中的球坐标值( $\Delta r, \Delta \phi, \Delta \theta$ )。

[0060] 步骤23、驱动第一旋转机构旋转 $\Delta \phi$ 角度,驱动第二旋转机构旋转 $\Delta \theta$ 角度。

[0061] 这里的旋转指定的角度的一个具体实施例为,将角度 $\Delta \phi$ 与 $\Delta \theta$ 分别转换为第一旋转电机和第二旋转电机需要的脉冲数量。

[0062] 由图1至3所示,这里传动件为齿轮,这样可根据各个啮合的齿轮比,将角度 $\Delta \phi$ 与 $\Delta \theta$ 转换成步进电机需要的脉冲数量。

[0063] 另外,如图6所示,为了提高旋转角度的精确性,采用PID控制,其采用的PID算式如

下：

$$[0064] \quad U_k = K_p e_k + K_i \sum_{j=0}^k e_j + K_d (e_k - e_{k-1}) + u_0$$

[0065] 式中 $U_k$ 为第 $k$ 次采样时刻的计算机输出值， $e_k$ 为第 $k$ 次采样时刻输入的偏差值， $e_{k-1}$ 为第 $k-1$ 次采样时刻输入的偏差值， $K_p$ 为比例系数， $K_i$ 为积分系数， $K_d$ 为微分系数， $u_0$ 为开始进行PID控制时的原始初值。

[0066] 步骤24、启动发射灭火炮。

[0067] 需要说明的是，这里的灭火炮不一定是指水，还是其它灭火材料（如泡沫、干粉等），具体根据需要而定。

[0068] 上述的控制方法为炮管对火点的实时瞄准跟踪的实现提供了可能。

[0069] 如图7所示，本空地联动式灭火系统的控制方法的一个实施例为。

[0070] 步骤1、由远程控制单元控制灭火机器人进入存有火点的区域。

[0071] 步骤2、灭火机器人实施如上所述的灭火机器人的控制方法（即步骤21至步骤24）。

[0072] 步骤3、灭火机器人或远程控制单元向无人机发出飞行至当前灭火机器人与火点之间的预定位置。

[0073] 为了便于后续的计算，可以指令无人机悬停在灭火机器人与火点的水平距离的中心的上方。

[0074] 步骤4、无人机获取灭火机器人发射的当前的射流落点位置和火点位置的水平距离的差值，若差值不为零则反馈至灭火机器人和/或远程控制单元，根据反馈的差值以确定俯仰角度，灭火机器人通过第二旋转机构转动炮管所述的俯仰角度。

[0075] 如图7所示，这里的获取灭火机器人发射的当前的射流落点位置和火点位置的水平距离的差值由数据检测单元测得，通常由无人机携带的摄像头31根据捕捉的图像，识别出炮管和火点的相对水平距离，当炮管喷射后，通过图像识别出射流的轨迹的落点位置，比较射流落点和火点的位置是否一致，如果不一致则反馈火点和射流落点的相对位置差，炮管再根据反馈数据重新调整仰角，直至扑灭火点。

[0076] 需要说明的是，当炮管对准火点以后，此时炮管与火点在同一直线上。炮管向上仰起一定的角度，射流经过炮管，以一定的压力喷射出来。灭火机器人提供一定压力，通过实验，建立炮管仰角与射流落点距离的关系模型。如图5所示，根据公式 $\sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$ ，可得到线段为炮管上的炮口至火点P的水平距离，另外通过数据检测单元测得火点P与射流的落点C的水平距离，因为线段为炮管上的炮口至射流的落点C与上述的线段为炮管上的炮口至火点P位于同一直线上，所以将上述的两个数据相减能得到射流的落点C至炮管上的炮口的距离，再利用上述数据根据三角定理进行计算获得炮管应调整的俯仰角。

[0077] 这样通过射流落点的视觉反馈，调整炮管俯仰角、改变射流落点，实现火点的精准扑灭。

[0078] 步骤5、继续发射灭火炮。

[0079] 步骤6、重复步骤4和步骤5，直至该火点被扑灭后；

[0080] 步骤7、重复步骤2至步骤6，直至存有火点的区域的所有火点都被扑灭。

[0081] 另外，现有的采用无人机和地面机器人配合的消防系统中，以无人机作为地面机

机器人的“眼睛”来实时为地面机器人指明方向,因此现有的无人机上通常要安装摄像机、红外热像仪、激光测距传感器等仪器,该摄像机用于拍摄实时画面,该红外热像仪用于火点、射流轨迹及落点的识别,而该激光测距传感器用于感应火点和射流落点的距离,由于无人机要负载如此多的仪器,对无人机的载荷能力提出了较高的要求,另外无人机上信息传输模块还需要把上述仪器检测到的数据传送给远程控制单元或地面机器人,数据量大,对数据传输的要求得以提高,在用电方面,由于无人机需携带上述众多仪器,对电的需求量也较大,这部分多消耗的电就会影响无人机的航行时间。

[0082] 反观本空地联动式灭火系统,本系统中的无人机只需载荷摄像机来拍摄画面,将红外热像仪放在了地面机器人上面了,这样相比与现有的无人机和地面机器人配合的消防系统,对无人机的载荷的要求大大降低,这样采购或制造的无人机的成本得到有效缩减,另外无人机向远程控制单元或地面机器人发送的数据量也大大减小,减轻了数据传输单元的负载,从而也减少了传输数据所需的时间,以减少控制地面机器人所需的时间,另外由于无人机所需携带的仪器的减少,对用电的需求也得以降低,有利于延长无人机的航行时间。

[0083] 本文中所描述的具体实施例仅仅是对本发明精神作举例说明。本发明所属技术领域的技术人员可以对所描述的具体实施例做各种各样的修改或补充或采用类似的方式替代,但并不会偏离本发明的精神或者超越所附权利要求书所定义的范围。

[0084] 需要说明的是,本文中所使用的上述这些术语仅仅是为了更方便地描述和解释本发明的本质,并不排除使用其它术语的可能性。把它们解释成任何一种附加的限制都是与本发明精神相违背的。

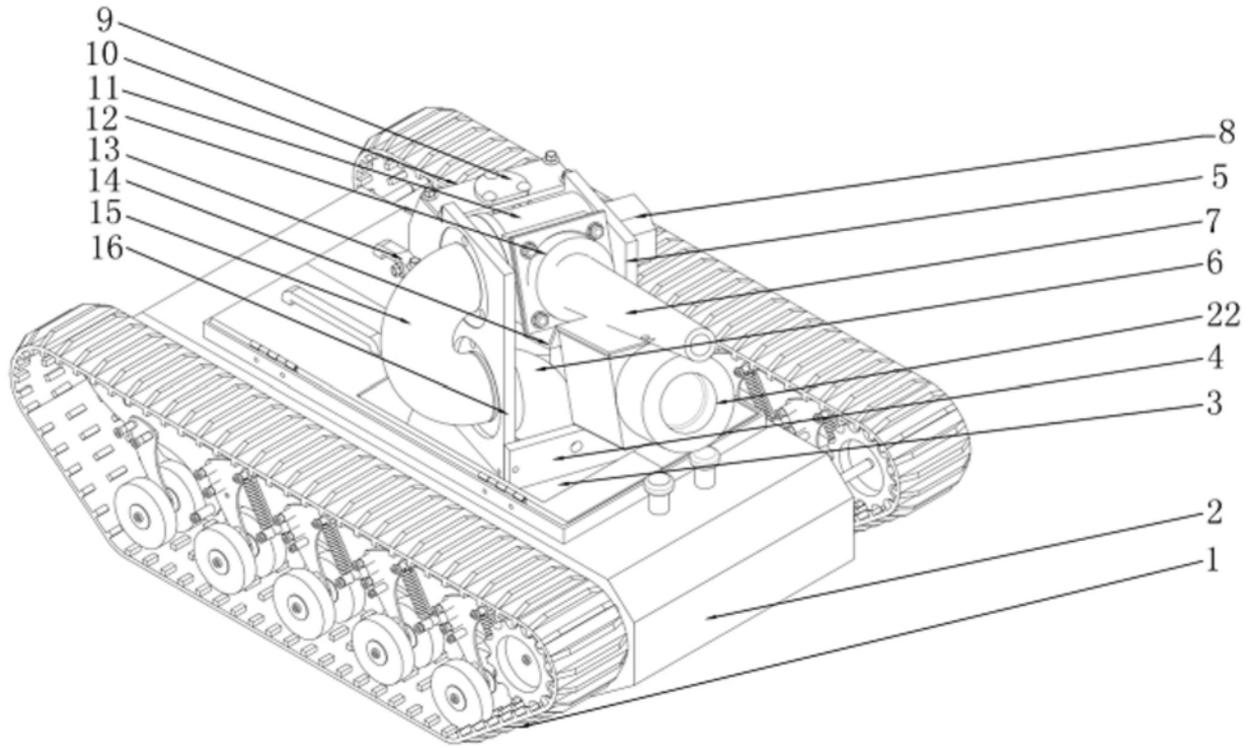


图1

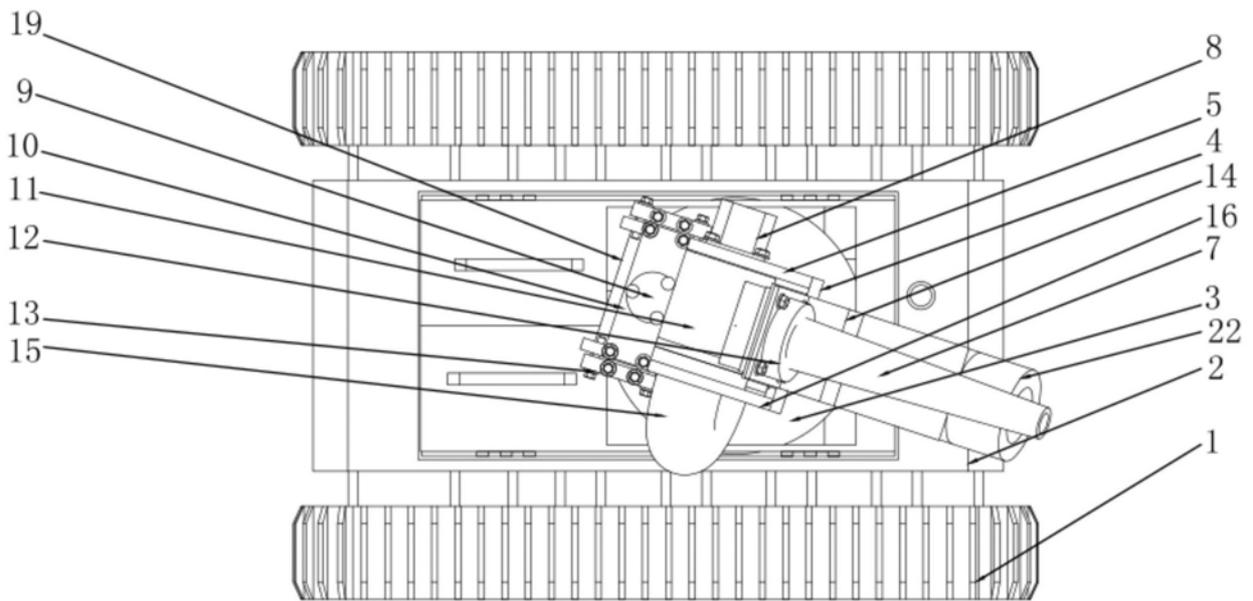


图2

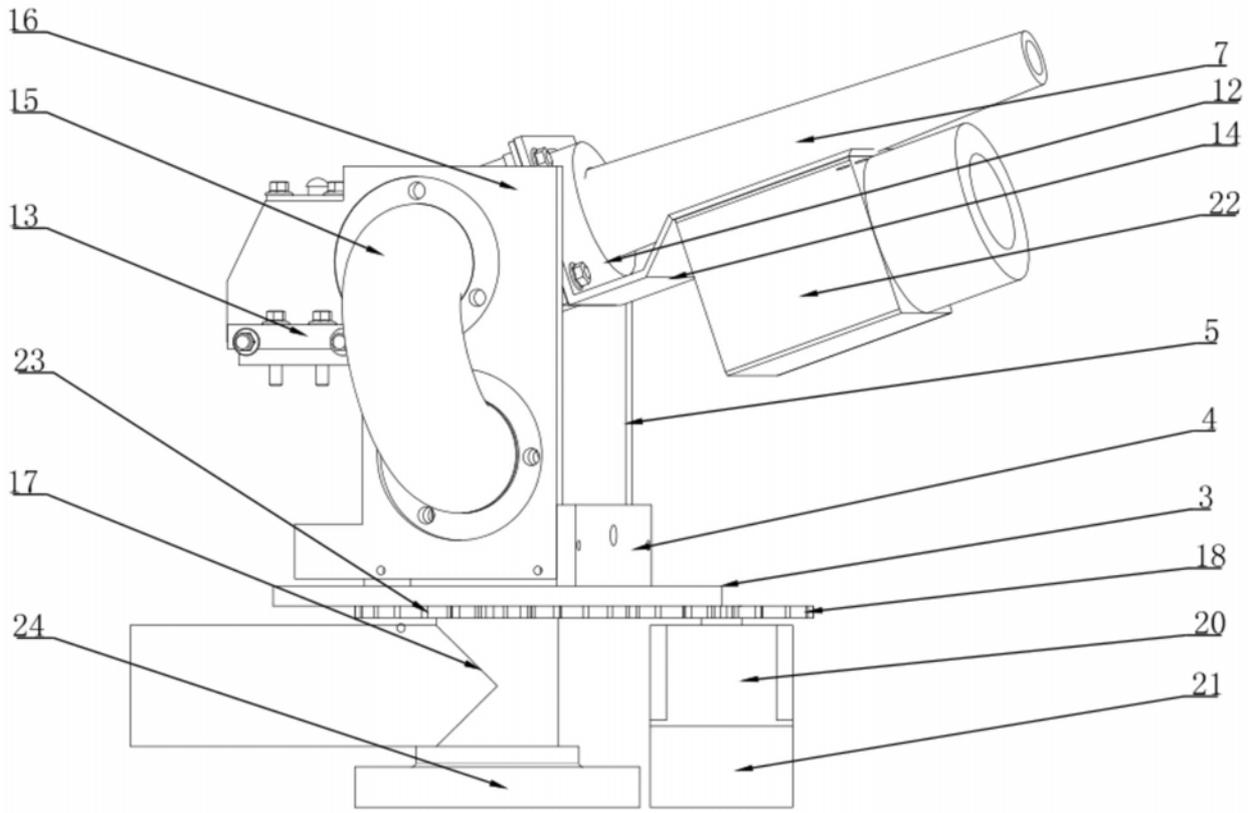


图3

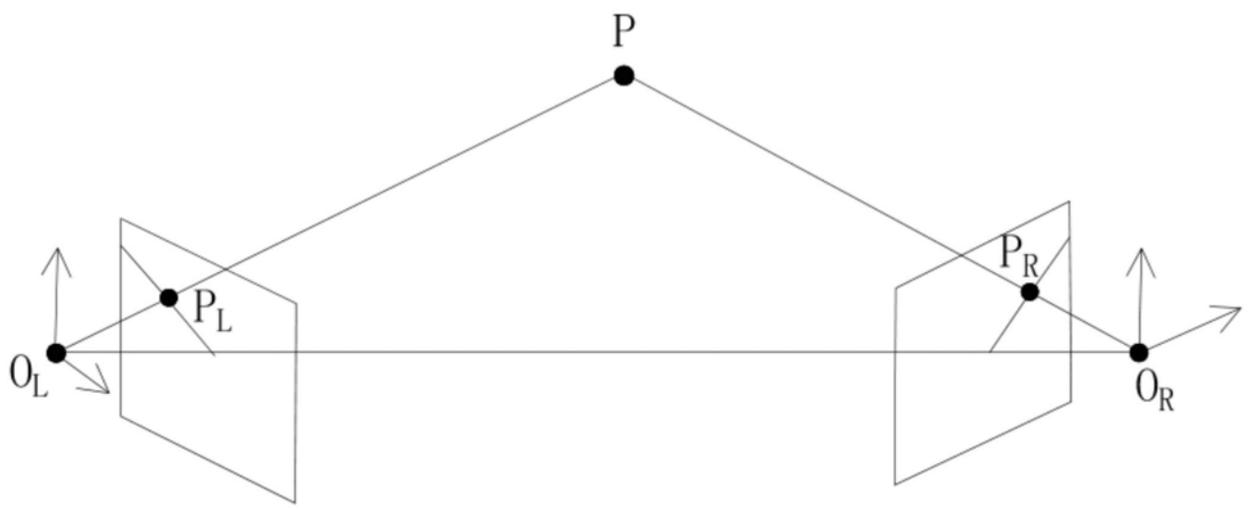


图4

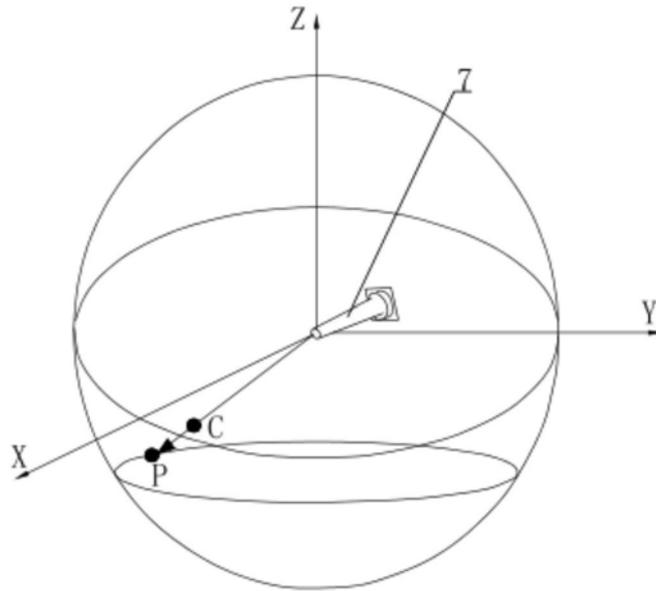


图5

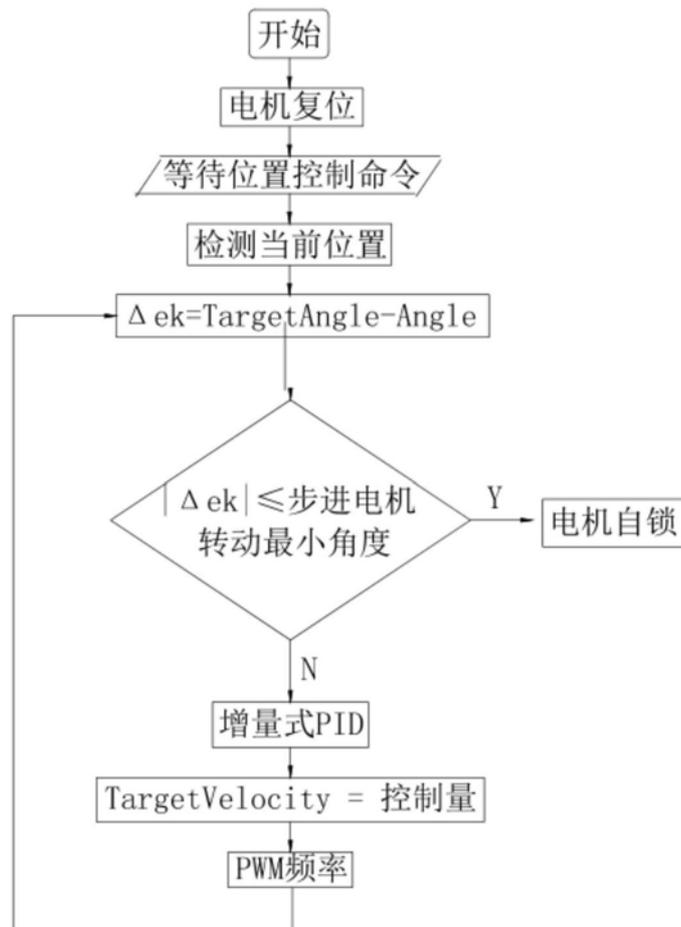


图6

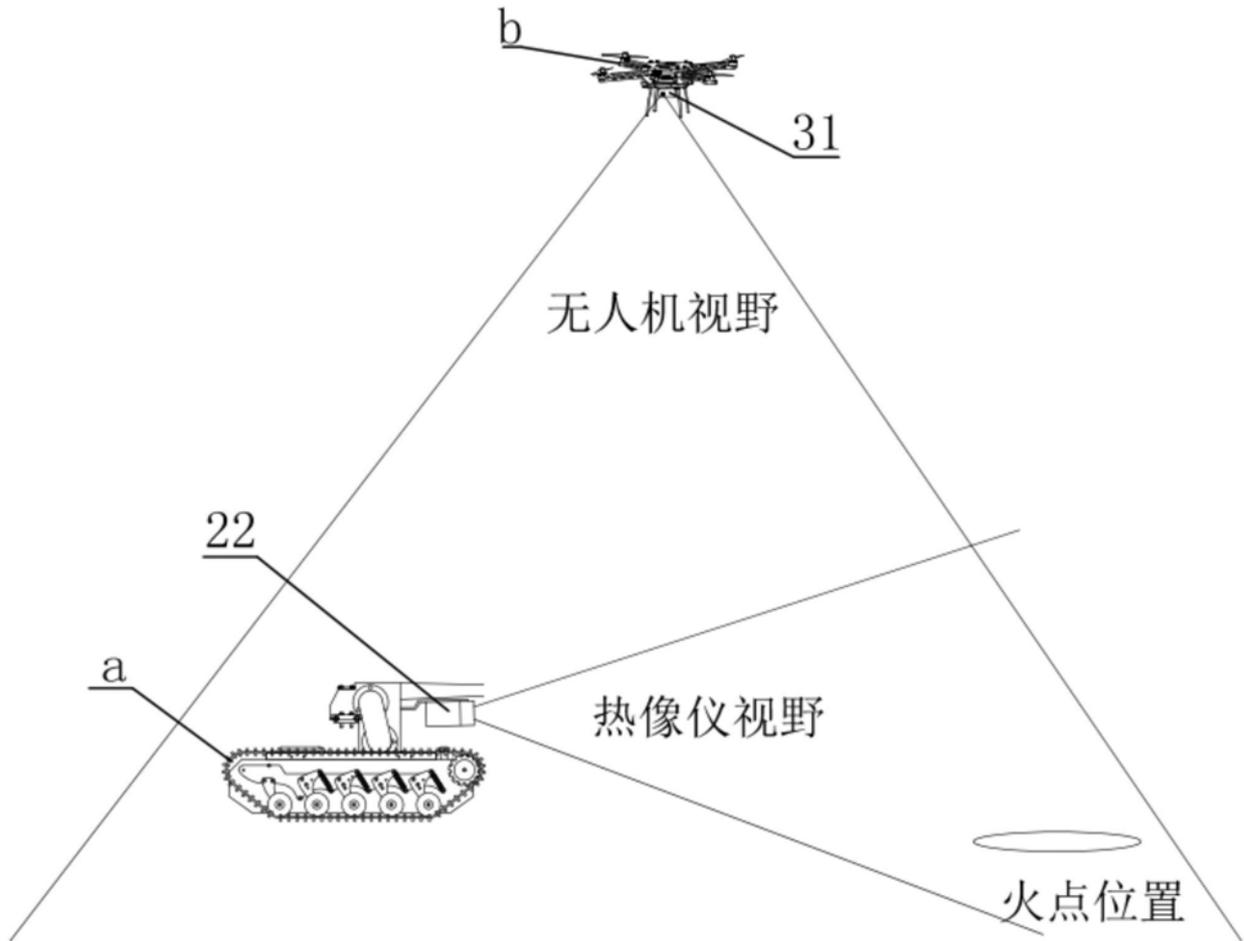


图7