



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109061998 A

(43)申请公布日 2018. 12. 21

(21)申请号 201811136164.1

(22)申请日 2018.09.28

(71)申请人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园100号

(72)发明人 孙树文 罗明睿 石朝阳 孙峻

高孟玄 洪泽汇

(74)专利代理机构 北京思海天达知识产权代理
有限公司 11203

代理人 刘萍

(51) Int. Cl.

G03B 37/02(2006.01)

G03B 35/02(2006.01)

H04N 5/232(2006.01)

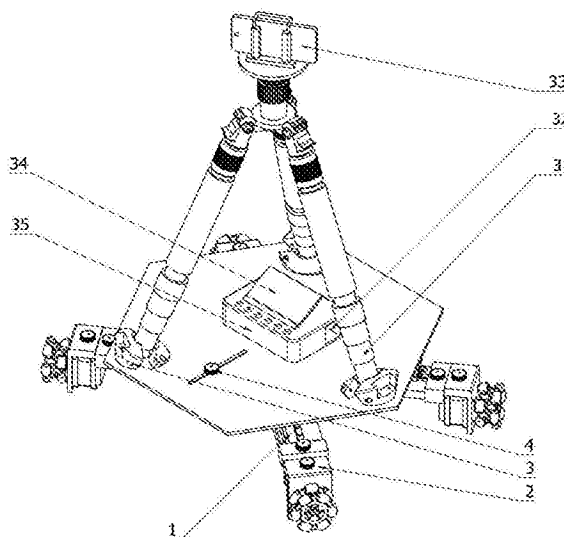
权利要求书2页 说明书6页 附图8页

(54)发明名称

一种实现大范围延时摄影的自动化装置和控制方法

(57)摘要

本发明提供一种实现大范围延时摄影的自动化装置和控制方法,解决传统拍摄手段场地适应性差、路径规划难、成本高、可携带性差等的缺点,大大降低了大范围延时摄影的拍摄难度。所提供的一种实现大范围延时摄影的自动化装置包含:轮间距调整机构(1)、电机快拆切换机构(2)、自适应三脚架固定机构(3)、运动反馈控制系统(35)、控制面板(34)、相机或手机上位机(33)、电池(32),其中运动反馈系统又主要包含MCU(36)、电机驱动器(37)、编码器(38)、加速度陀螺仪姿态传感器(39)。所提供的一种实现大范围延时摄影的自动控制方法包含:摄影装置运行速率与电机脉冲周期的转换、运动控制、拍摄触发控制、路径反馈矫正。



1. 一种实现大范围延时摄影的自动化装置,其特征是:包括轮间距调整机构、电机快拆切换机构、自适应三脚架固定机构、运动反馈控制系统、控制面板、相机或手机上位机、电池,其中运动反馈系统包含编码器、脉冲调制器、加速度陀螺仪姿态传感器、MCU、串口通讯模块、电源管理模块;

轮间距调整机构(1)的全向轮(20)固定于一对支撑架上,其同侧两轮间距取决于一对支撑架的夹角,因此轮间距的调节通过调节一对支撑架的夹角来实现;限位螺栓(5)起到限位固定作用,当其紧固时,支撑架将被锁紧,轮间距固定不变,当其松开时在上底板限位凹槽(4)内前后移动,进而带动限位连接件(6)以及滑块(7)运动,一对支撑架的夹角改变,从而实现对轮间距的调整;滑块(7)上连接有支撑柱(11),支撑柱两端装有钢珠滚轮(10)以减小运动时的摩擦;支撑柱(11)中间部位与限位连接杆(6)通过球轴承连接;上下部位的钢珠滚轮(10)均在滚轮凹槽(12)内运动,起到限位的作用,避免滚轮移动错位;中心转轴(13)通过上球轴承(17)-止推轴承(16)-下球轴承(15)的结构上下连接一对支撑架,既能实现流畅的旋转也能使两块支撑架上下交错;一对支撑架包括上层支撑架(8)以及下层支撑架(9);

电机快拆切换机构(2)将电机(19)和全向轮(20)与电机快拆板(21)组合成一个整体,再与一对支撑架通过快拆板连接件(23)进行连接;电机(19)、全向轮(20)与电机快拆板(21)以及快拆板连接件(23)与一对支撑架均通过手柄螺栓(22)紧固定位;快拆板连接件(23)有两个互相垂直的榫头(26),分别与电机快拆板(21)的榫槽(25)配合;快拆板连接件(23)有两种型号,分别对应上层支撑架(8)以及下层支撑架(9)。

2. 根据权利要求1所述的自动化装置,其特征是:

在有拍摄轨道铺设的场景下,用户通过电机快拆切换机构将电机安装至垂直机位,并通过轮间距调整机构改变一对支撑架之间的夹角从而实现轮间距的调整,进而适应不同尺寸的轨道,或者是型材、栏杆;在多数无拍摄轨道铺设的场景下,用户通过电机快拆切换机构将电机安装至水平机位,再通过运动反馈控制系统,规划拍摄路径与拍摄时长,并在终端即时查看装置的运行情况。

3. 根据权利要求1所述的自动化装置,其特征是:

自适应三脚架固定机构(3)分为两部分,固定部分(30)与上层底板(18)连接,并通过螺栓与活动部分(27)连接,固定部分(30)和活动部分(27)内侧均有与三脚架匹配的倾斜弧面(29);三脚架放置于固定部分(30)与活动部分(27)共同形成的凹槽内,旋转贯穿于固定部分(30)与活动部分(27)两侧螺纹孔内的两根紧固螺栓(28),将三脚架支脚紧贴于倾斜弧面(29)完成夹紧定位。

4. 一种实现大范围延时摄影的自动控制方法,其特征是:

输入延时摄影的路径参数和拍摄参数,并通过串口通讯数据包发送给运动控制系统,运动控制系统将基于运动合成的方法将用户输入的运动路径参数转换为各个时刻的水平分速度与竖直分速度,并进入运动循环检测环节,每次循环内系统会通过MCU内置定时器获取运动持续时间,通过检测编码器的脉冲数获取实际运动距离,通过对加速度陀螺仪传感器的加速度、角加速度值积分获得实际姿态角,运动持续时间用于获取当前的装置的原始分速度,再根据实际运动距离得到偏航距,根据实际姿态角得到偏航角,结合偏航矫正比例系数获得偏航矫正后的分速度值,并通过运行速率与电机脉冲周期的转换公式得到电机脉冲周期,通过电机驱动器完成对电机的控制;完成电机控制后,将触发拍摄检测,由视频时

长和视频帧率可确定所需拍摄的照片总张数即总帧数,结合运动总时长划分出拍摄触发间隔,通过无线通讯模块给相机发送拍摄命令,完成一帧的获取。

5. 根据权利要求3所述的自动控制方法,其特征是:

$$\text{理论运动方位} \begin{bmatrix} \theta \\ L_x \\ L_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{180vt}{R\pi} \\ v t \cos \theta \\ v t \sin \theta \end{bmatrix} \quad \text{实际运动方位} \begin{bmatrix} \theta' \\ L_x' \\ L_y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta' \\ L' \cos \theta \\ L' \sin \theta \end{bmatrix}$$

$$\text{偏航方位} \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta L_x \\ \Delta L_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta' \\ L_x' \\ L_y' \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \theta \\ L_x \\ L_y \end{bmatrix}$$

编码器获得装置运动的实际距离即 L' ,包括 L_x' 和 L_y' ,加速度陀螺仪传感器获得实际方位角即 θ' 。

6. 根据权利要求3所述的自动控制方法,其特征是:偏航方位也对应一个运动合成速度,最终矫正运动速度(v)将等于获得理论方位所需的运动合成速度(v_0)与偏航方位运动合成速度的矢量差(v'),即 $v = v_0 - v'$,考虑到实际矫正效果,一般对 v' 添加一个偏航矫正比例系数 k 即 $v = v_0 - kv'$, k 的标定方法可将装置在 T_0 秒内匀速直线运一系列标准位移,获取系统理论位移数值 L_0 、编码器测量数值 L' ,则 $k = \frac{L' - L}{L_0 - L'} + 1$ 。

7. 根据权利要求3所述的自动控制方法,其特征是:由合成视频时长和帧率得到总共需要获取的帧数,结合运动路径的距离、时间总长,将每一帧一一对应至每一段距离元和时间元上;在执行运动控制的过程中,只有当帧编号与距离元编号、时间元编号相同时才触发相机拍摄,标记该帧为匹配成功的一帧,若出现不一致,则优先响应时间元,获取基于时间的一帧,再运动至指定距离元后,获取基于距离的一帧,标记这两帧为匹配不成功的组合帧;在视频合成阶段,匹配成功的两帧之间播放时间间隔为 $T_N = \frac{1}{F}$,其中: T_N 为标准帧间隔时间, F 为视频帧率;如果为匹配不成功的组合帧之间播放时间间隔将为 $T_E = \frac{\Delta t_s}{FT_s}$;其中: T_E 为匹配不成功的组合帧之间播放时间间隔, Δt_s 为基于时间的一帧与基于距离的一帧之间的时间间隔, F 为视频帧率, T_s 为两时间元之间的时间间隔。

一种实现大范围延时摄影的自动化装置和控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种摄影器材,具体涉及一种实现大范围延时摄影的自动化装置及其对应的自动化控制方法。

背景技术

[0002] 大范围延时摄影是一种同时展示空间距离和时间尺度的影视拍摄手段,但是目前的拍摄方式较为单一:小型拍摄多采用人工辅助拍摄方式,即拍摄者通过一步步移动三脚架以获取一张张照片最后再进行后期合成;大型拍摄往往会采用电影电视摄影摄像移动车,俗称轨道车进行拍摄。轨道车拍摄需要前期铺设轨道,并且对轨道的尺寸结构有非常高的要求,适应性较差,并且轨道的总长有限,如果空间距离很大,铺设轨道耗时耗力,成本较高。

发明内容

[0003] 本发明旨在提供一种实现大范围延时摄影的自动化装置及其与之对应的自动化控制方法,进而可以解决传统拍摄手段场地适应性差、路径规划难、成本高、可携带性差等的缺点,大大降低了大范围延时摄影的拍摄难度,节约了拍摄成本,促进了大范围延时摄影这种拍摄方式的普及。

[0004] 一种实现大范围延时摄影的自动化装置,其特征是:包括轮间距调整机构、电机快拆切换机构、自适应三脚架固定机构、运动反馈控制系统、控制面板、相机或手机上位机、电池,其中运动反馈系统包含编码器、脉冲调制器、加

[0005] 速度陀螺仪姿态传感器、MCU、串口通讯模块、电源管理模块;

[0006] 轮间距调整机构(1)的全向轮(20)固定于一对支撑架上,其同侧两轮间距取决于一对支撑架的夹角,因此轮间距的调节通过调节一对支撑架的夹角来实现;限位螺栓(5)起到限位固定作用,当其紧固时,支撑架将被锁紧,轮间距固定不变,当其松开时在上底板限位凹槽(4)内前后移动,进而带动限位连接件(6)以及滑块(7)运动,一对支撑架的夹角改变,从而实现对轮间距的调整;滑块(7)上连接有支撑柱(11),支撑柱两端装有钢珠滚轮(10)以减小运动时的摩擦;支撑柱(11)中间部位与限位连接杆(6)通过球轴承连接;上下部位的钢珠滚轮(10)均在滚轮凹槽(12)内运动,起到限位的作用,避免滚轮移动错位;中心转轴(13)通过上球轴承(17)-止推轴承(16)-下球轴承(15)的结构上下连接一对支撑架,既能实现流畅的旋转也能使两块支撑架上下交错;一对支撑架包括上层支撑架(8)以及下层支撑架(9);

[0007] 电机快拆切换机构(2)将电机(19)和全向轮(20)与电机快拆板(21)组合成一个整体,再与一对支撑架通过快拆板连接件(23)进行连接;电机(19)、全向轮(20)与电机快拆板(21)以及快拆板连接件(23)与一对支撑架均通过手柄螺栓(22)紧固定位;快拆板连接件(23)有两个互相垂直的榫头(26),分别与电机快拆板(21)的榫槽(25)配合;快拆板连接件(23)有两种型号,分别对应上层支撑架(8)以及下层支撑架(9)。

[0008] 在有拍摄轨道铺设的场景下,用户可以通过电机快拆切换机构(2)将电机快速安装至垂直机位,并通过轮间距调整机构(1)改变一对支撑架(8、9)之间的夹角从而实现轮间距的调整,进而适应不同尺寸的轨道,甚至是简易的型材、栏杆。在多数无拍摄轨道铺设的场景下,用户可以通过电机快拆切换机构(2)将电机快速安装至水平机位,再通过本装置提供的运动反馈控制系统(图8),自由规划拍摄路径与拍摄时长,并可在手机终端即时查看装置的运行情况。为了兼容更多摄像设备,用户可以通过自适应三脚架固定机构(3)固定不同类型的摄影三脚架装置。

[0009] 自适应三脚架固定机构(3)分为两部分,固定部分(30)与上层底板(18)连接,并通过螺栓与活动部分(27)连接,固定部分(30)和活动部分(27)内侧均有与三脚架匹配的倾斜弧面(29);三脚架放置于固定部分(30)与活动部分(27)共同形成的凹槽内,旋转贯穿于固定部分(30)与活动部分(27)两侧螺纹孔内的两根紧固螺栓(28),将三脚架支脚紧贴于倾斜弧面(29)完成夹紧定位。

[0010] 一种实现大范围延时摄影的自动控制方法,其特征是:

[0011] 输入延时摄影的路径参数和拍摄参数,并通过串口通讯数据包发送给运动控制系统,运动控制系统将基于运动合成的方法将用户输入的运动路径参数转换为各个时刻的水平分速度与竖直分速度,并进入运动循环检测环节,每次循环内系统会通过MCU内置定时器获取运动持续时间,通过检测编码器的脉冲数获取实际运动距离,通过对加速度陀螺仪传感器的加速度、角加速度值积分获得实际姿态角,运动持续时间用于获取当前的装置的原始分速度,再根据实际运动距离得到偏航距,根据实际姿态角得到偏航角,结合偏航矫正比例系数获得偏航矫正后的分速度值,并通过运行速率与电机脉冲周期的转换公式得到电机脉冲周期,通过电机驱动器完成对电机的控制;完成电机控制后,将触发拍摄检测,由视频时长和视频帧率可确定所需拍摄的照片总张数即总帧数,结合运动总时长划分出拍摄触发间隔,通过无线通讯模块给相机发送拍摄命令,完成一帧的获取。

[0012] 本发明所提供的一种实现大范围延时摄影的自动控制方法主要包含:摄影装置运行速率与电机脉冲周期的转换、运动控制、拍摄触发控制、路径反馈矫正。用户通过手机上位机(33)或内置控制面板(34)输入延时摄影的路径参数(包含运动种类、运动方位量、运动时间量)、拍摄参数(包含合成视频时长、合成帧率),并通过规定的串口通讯数据包发送给运动控制系统(图8),运动控制系统将基于运动合成的方法将用户输入的运动路径参数转换为各个时刻的水平分速度与竖直分速度,并进入运动循环检测环节,每次循环内系统会通过MCU(36)内置定时器获取运动持续时间,通过检测编码器(38)的脉冲数获取实际运动距离,通过对加速度陀螺仪传感器(39)的加速度、角加速度值积分获得实际姿态角,运动持续时间用于获取当前的装置的原始分速度,再根据实际运动距离得到偏航距,根据实际姿态角得到偏航角,结合偏航矫正比例系数获得偏航矫正后的分速度值,并通过运行速率与电机脉冲周期的转换公式得到电机脉冲周期,通过电机驱动器(37)完成对电机的控制。完成电机控制后,将触发拍摄检测,由视频时长和视频帧率可确定所需拍摄的照片总张数即总帧数,结合运动总时长划分出拍摄触发间隔,若检测符合拍摄条件,通过无线通讯模块(41)给相机发送拍摄命令,完成一帧的获取。

附图说明

- [0013] 图1为大范围延时摄影自动化平台整体结构示意图
- [0014] 图2为轮间距调整机构示意图
- [0015] 图3为轮间距调整机构旋转主轴细节图
- [0016] 图4为轮间距调整机构滚轮支撑细节图
- [0017] 图5为电机快拆切换机构示意图
- [0018] 图6为电机快拆切换机构装配示意图
- [0019] 图7为自适应三脚架固定机构示意图
- [0020] 图8为运动反馈控制系统组成示意图
- [0021] 图9为运动合成示意图
- [0022] 图10为直线运动控制框图
- [0023] 图11为曲线运动控制框图
- [0024] 图12为偏航反馈补偿示意图
- [0025] 图13为时间空间同步拍摄触发控制示意图

具体实施方式

[0026] 本发明所提供的一种实现大范围延时摄影的自动化装置整体机械结构示意图如图1所示,其主要分为轮间距调整机构(1)、电机快拆切换机构(2)、自适应三脚架固定机构(3)三部分组成,以下阐述该装置机械结构的具体安装和使用。

[0027] 轮间距调整机构(1)基于剪叉机构的基本原理进行设计,全向轮(20)固定于支撑架(8、9)上,其同侧两轮间距取决于一对支撑架(8、9)的夹角,因此轮间距的调节可以通过调节一对支撑架(8、9)的夹角来实现。限位螺栓(5)起到限位固定作用,当其紧固时,支撑架(8、9)将被锁紧,轮间距固定不变,当其松开时可以在上底板限位凹槽(4)内前后移动,进而带动限位连接件(6)以及滑块(7)运动,一对支撑架(8、9)的夹角改变,从而实现对轮间距的调整,限位凹槽(4)一侧刻有刻度尺,方便使用者调整具体的轮间距数值。滑块(7)上连接有支撑柱(11),支撑柱两端装有钢珠滚轮(10)以减小运动时的摩擦。支撑柱(11)中间部位与限位连接杆(6)通过球轴承连接。上下部位的钢珠滚轮(10)均在滚轮凹槽(12)内运动,可以起到限位的作用,避免滚轮移动错位。中心转轴(13)通过上球轴承(17)-止推轴承(16)-下球轴承(15)的结构上下连接两块支撑架(8、9),既能实现流畅的旋转也能使两块支撑架(8、9)上下交错,从而提供能大范围的旋转夹角,即更大的轮间距调整值。由于支撑架(8、9)上下交错,因此在安装限位连接件(6)时需注意一根安装于滑块(7)下侧卡槽一根安装于滑块(7)上侧卡槽(图4)。双限位连接件(6)可以提供更高的机械强度。当支撑架(8、9)长度超过300mm后建议在中心转轴(13)底部加装一个万向钢珠滚轮(14)以减小支撑架(8、9)的中点挠度,提高机械强度。(图3)

[0028] 电机快拆切换机构(2)基于模块化设计思路,将电机(19)和全向轮(20)与电机快拆板(21)组合成一个整体,再与支撑架(8、9)通过快拆板连接件(23)进行连接。电机(19)、全向轮(20)与电机快拆板(21)以及快拆板连接件(23)与支撑架(8、9)均通过手柄螺栓(22)紧固定位。快拆板连接件(23)有两个互相垂直的榫头(26),分别可以与电机快拆板(21)的榫槽(25)配合,进而对应两种不同的电机安装方式,适用于两种平台运行模式。(图6)榫头(26)与榫槽(25)均设置有限位孔(24),其孔位设置需要根据使用电机(19)的长度进行确

定。电机水平安装时,平台需要保持四轮处于同一水平面上,因此需要注意快拆板连接件(23)有两种型号,分别对应上层支撑架(8)以及下层支撑架(9)。电机垂直安装时,同侧两轮处于不同的高度层,从而提高了平台在轨道运行的稳定性。

[0029] 自适应三脚架固定机构(3)结合楔形夹紧以及螺旋夹紧的特点进行设计,固定机构分为两部分,固定部分(30)与上层底板(18)连接,并通过螺栓与活动部分(27)连接,固定部分(30)和活动部分(27)内侧均有与三脚架匹配的倾斜弧面(29),倾斜弧面(29)的三维设计参数可通过三脚架支脚(31)的轴截面与竖直面的夹角确定。三脚架放置于固定部分(30)与活动部分(27)共同形成的凹槽内,旋转贯穿于固定部分(30)与活动部分(27)两侧螺纹孔内的两根紧固螺栓(28),将三脚架支脚紧贴于倾斜弧面(29)完成夹紧定位。

[0030] 运动反馈控制系统是实现大范围延时摄影自动控制方法的主体部分,以下将二者结合共同阐述具体内容。

[0031] 首先,用户需要通过手机上位机(33)或装置的控制面板(34)输入延时摄影的路径参数以及拍摄参数(拍摄参数一般定义为全局参数,但由于拍摄路径往往是由多段路径组成,因此路径参数一般定义为一个多维数组。路径参数包含运动类型、运动方位量、运动时间量,其中运动类型指是运动是直线还是曲线,在上位机中可通过线条拟合的方式将用户绘制的路径转换为可以被表达的多段直线或曲线,运动方位量在直线运动中是指运动距离、运动方位角,在曲线运动中是指运动弧长、起始运动角、终止运动角、曲率半径,运动时间量指完成每段路径所需要的实际运行时间。拍摄参数包含合成视频时长以及合成帧率,由时长乘以帧率可以得到所需的获取的照片张数,再结合每段运动的运行时间,得到触发相机拍摄的时间间隔。

[0032] 摄影装置运行速率与步进电机脉冲周期转换公式用于联系装置运动状态与电机输入信号,其具体形式如下:

$$[0033] \quad T = 10^6 \cdot \frac{\alpha \cdot \pi \cdot R}{180v}$$

[0034] 其中:

[0035] R为全向轮半径,单位为mm;

[0036] α 为细分角,单位为 $^\circ$,1/16细分 $\alpha=0.1125$;

[0037] v为转速,单位与R保持一致,为mm/s;

[0038] T为全周期,即一次完整高低电平脉冲的周期,单位为 μs

[0039] 运动控制包含直线运动控制、曲线运动控制。运动控制均基于四个全向轮的运动合成,如图9所示,其基本思路就是获取每个姿态点的合速度与姿态角,再利用姿态角分解合速度到水平方向与竖直方向,然后分别将水平分速度与竖直分速度赋予相应水平与竖直位置的步进电机即可实现各种运动路径。直线运动控制框图如图10所示,曲线运动控制框图如图11所示。

[0040] 为了确保运动过程的精确性以及拍摄过程的连续性,除了上述基于运动合成的运动控制外,还需以下反馈控制的方法矫正系统误差,控制拍摄的触发。

[0041] 延时运动过程均设定为匀速运动,其理论运动方位可以用下列矩阵表达:

$$[0042] \quad \begin{bmatrix} \theta \\ L_x \\ L_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{180vt}{R\pi} \\ v t \cos \theta \\ v t \sin \theta \end{bmatrix}$$

[0043] 其中:

[0044] θ 为装置姿态角,单位为 $^\circ$;

[0045] L_x 为装置水平位移,单位为mm;

[0046] L_y 为装置竖直位移,单位为mm;

[0047] v 为装置线速度,单位为mm/s;

[0048] t 为装置运动持续时间,单位为s;

[0049] R 为装置运动轨迹曲率半径,单位为mm。

[0050] 运动反馈系统提供的编码器可以获得装置运动的距离即 L' ,加速度陀螺仪传感器可以获得方位角即 θ' ,由此可以获得实际的运动方位,由下列矩阵表达:

$$[0051] \quad \begin{bmatrix} \theta' \\ L_x' \\ L_y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta' \\ L' \cos \theta \\ L' \sin \theta \end{bmatrix}$$

[0052] 其中:

[0053] θ' 为实际方位角,单位为 $^\circ$;

[0054] L_x' 为实际水平位移,单位为mm;

[0055] L_y' 为实际竖直位移,单位为mm。

[0056] 将实际运动方位减去理论运动方位可以得到偏航方位,由下列矩阵表达:

$$[0057] \quad \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta L_x \\ \Delta L_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta' \\ L_x' \\ L_y' \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \theta \\ L_x \\ L_y \end{bmatrix}$$

[0058] 其中:

[0059] $\Delta \theta$ 为偏航角,单位为 $^\circ$;

[0060] ΔL_x 为偏航水平位移,单位为mm;

[0061] ΔL_y 为偏航竖直位移,单位为mm。

[0062] 如图12所示,类似于获得理论方位所需的运动合成速度,偏航方位也对应一个运动合成速度,最终矫正运动速度(v)将等于获得理论方位所需的运动合成速度(v_0)与偏航方位运动合成速度的矢量差(v'),即

$$[0063] \quad v = v_0 - v'$$

[0064] 考虑到实际矫正效果,一般对 v' 添加一个偏航矫正比例系数 k ,即

$$[0065] \quad v = v_0 - kv'$$

[0066] k 一般取经验值1.0-1.5, k 的标定方法可将装置在 T_0 秒内匀速直线运动 $L=0.1m, 0.5m, 1m, 5m, 10m, \dots$ 等一系列标准位移,获取系统理论位移数值 L_0 、编码器测量数值 L' ,则:

$$[0067] \quad k = \frac{L' - L}{L_0 - L'} + 1$$

[0068] 获得矫正运动速度后,则用此速度输入运动控制系统以获得较为准确的运动路径。

[0069] 延时摄影相机拍摄触发系统一般基于时间间隔进行触发,但是大范围延时摄影需要对时间和空间进行同步触发。由合成视频时长和帧率可以得到总共需要获取的帧数,结合运动路径的距离、时间总长,可以将每一帧一一对应至每一段距离元和时间元上,如图13所示,在执行运动控制过程中,只有当帧编号与距离元编号、时间元编号相同时才触发相机拍摄,标记该帧为匹配成功的一帧。若出现不一致,则优先响应时间元,获取基于时间的一帧,再快速运动至指定距离元后,获取基于距离的一帧,标记这两帧为匹配不成功的组合帧。在视频合成阶段,匹配成功的两帧之间播放时间间隔为

$$[0070] \quad T_N = \frac{1}{F}$$

[0071] 其中:

[0072] T_N 为标准帧间隔时间,单位为s;

[0073] F 为视频帧率,单位为fps。

[0074] 如果为匹配不成功的组合帧之间播放时间间隔将为

$$[0075] \quad T_E = \frac{\Delta t_s}{F T_s}$$

[0076] 其中:

[0077] T_E 为匹配不成功的组合帧之间播放时间间隔,单位为s;

[0078] Δt_s 为基于时间的一帧与基于距离的一帧之间的时间间隔,单位为s;

[0079] F 为视频帧率,单位为fps;

[0080] T_s 为两时间元之间的时间间隔,单位为s。

[0081] 以下以图13所示情况举例分析:假设视频帧率25帧/s,时间元按1s采样(即 $T_s=1s$),距离元按1cm采样,编号为1和2的时间元和距离元为匹配成功的两帧,其视频合成时第1帧与第2帧的时间间隔为 $T_N = \frac{1}{25} s$,而在第3帧处出现时间元(编号为3)与距离元(编号为2)不匹配情况,获取基于时间的第3帧后系统花费 $\Delta t_s=0.2s$ 移动至3号距离元获取基于距离的第4帧,第3帧与第4帧共同组成匹配不成功的组合帧,因此第3帧与第4帧的时间间隔为 $T_E = \frac{0.2}{25 \times 1} s$,第4帧与第5帧的时间间隔为 $\frac{1}{25} - \frac{0.2}{25 \times 1} s$

[0082] 通过该算法将两帧按时间比例共同合成,可以减少时间、空间不同步对大范围延时摄影的影响。

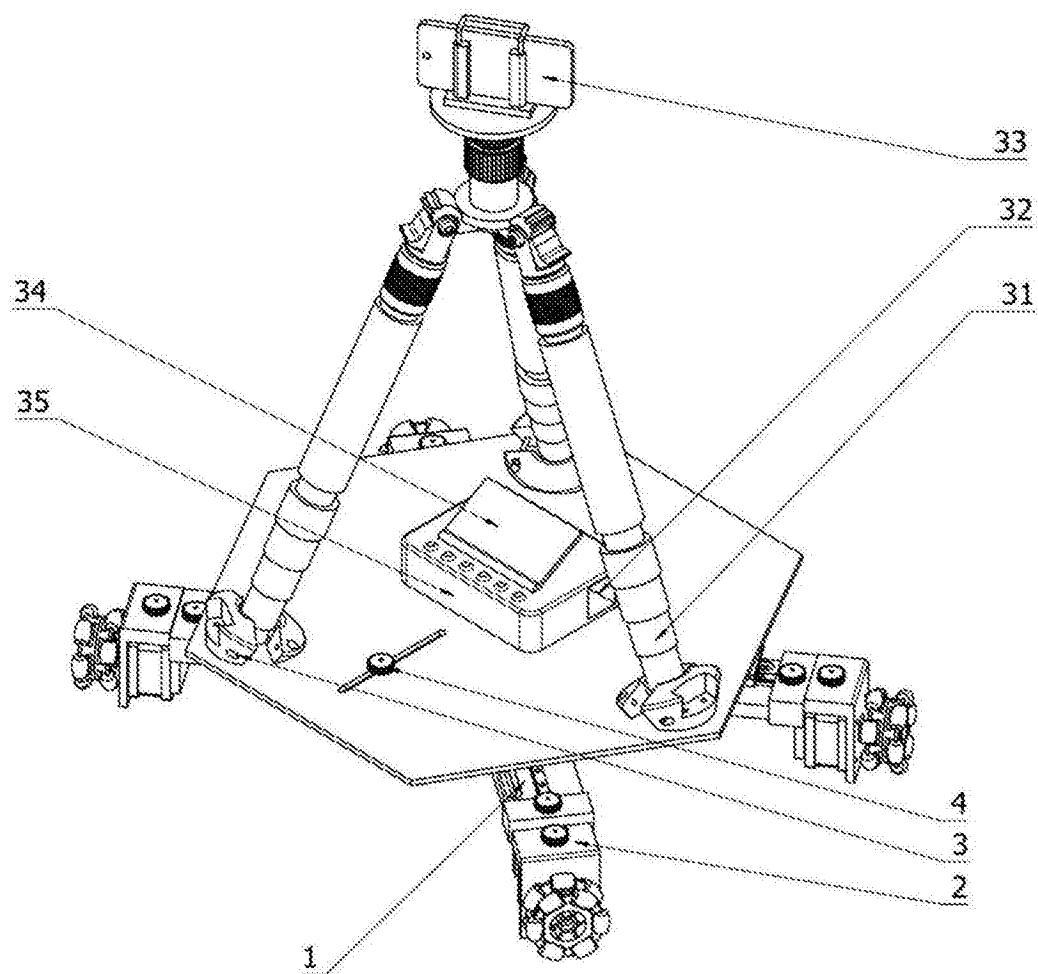


图1

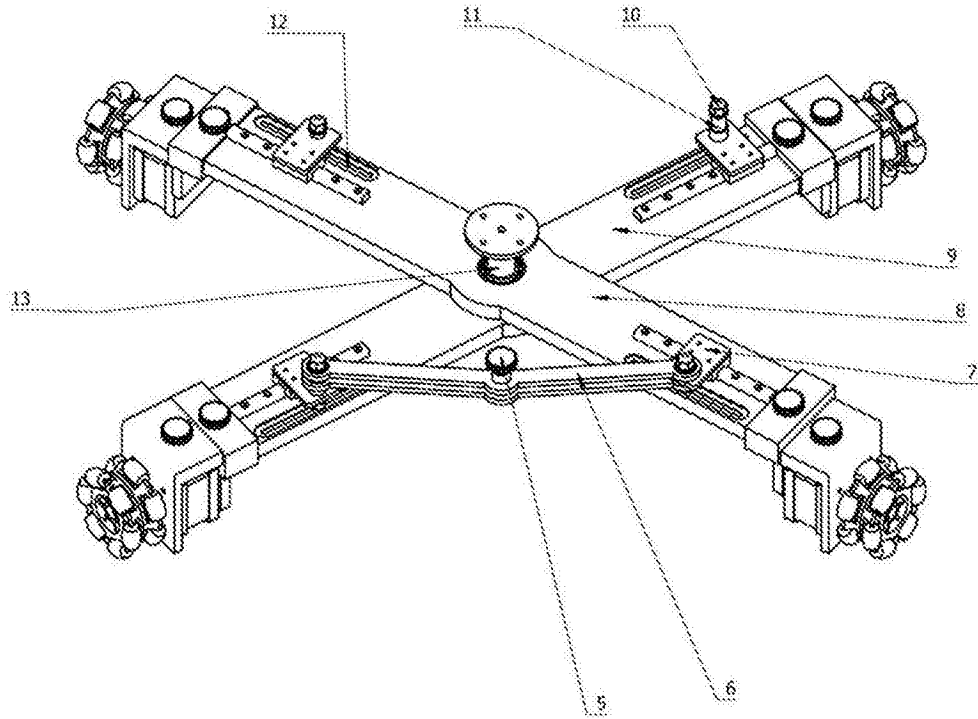


图2

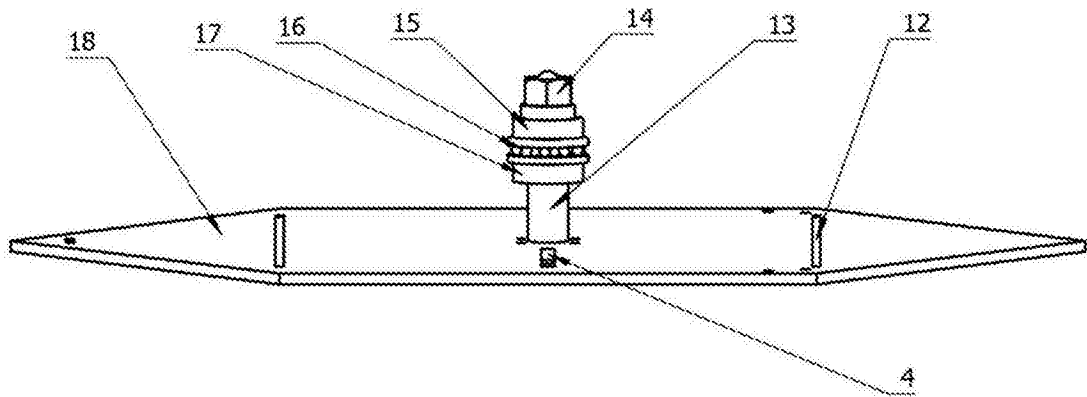


图3

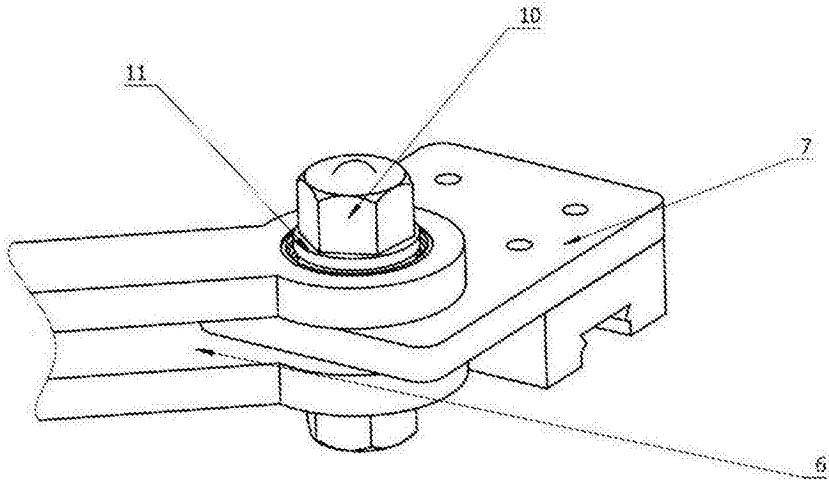


图4

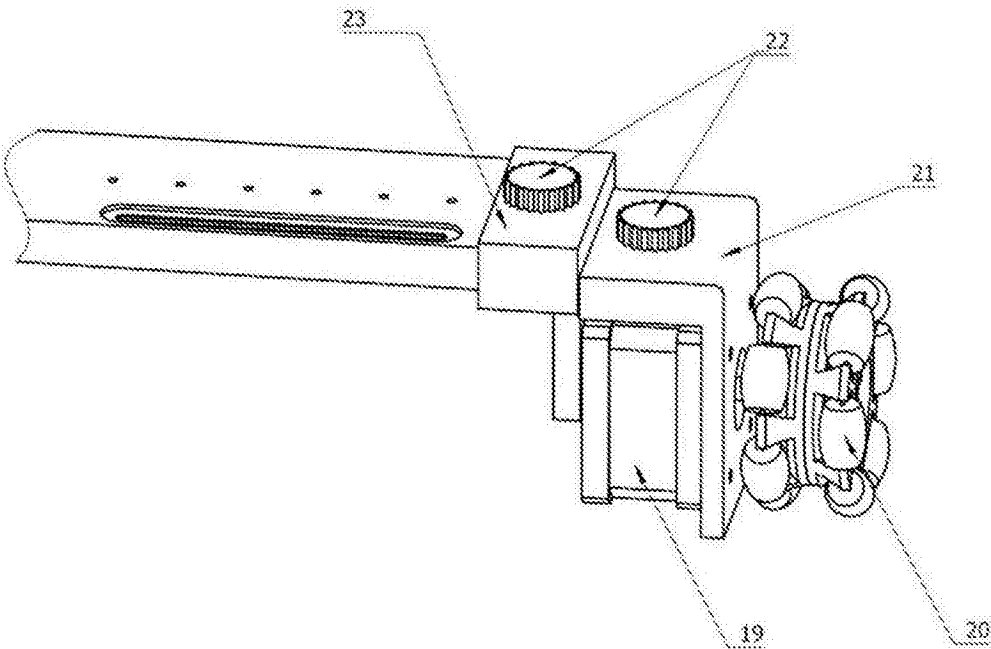


图5

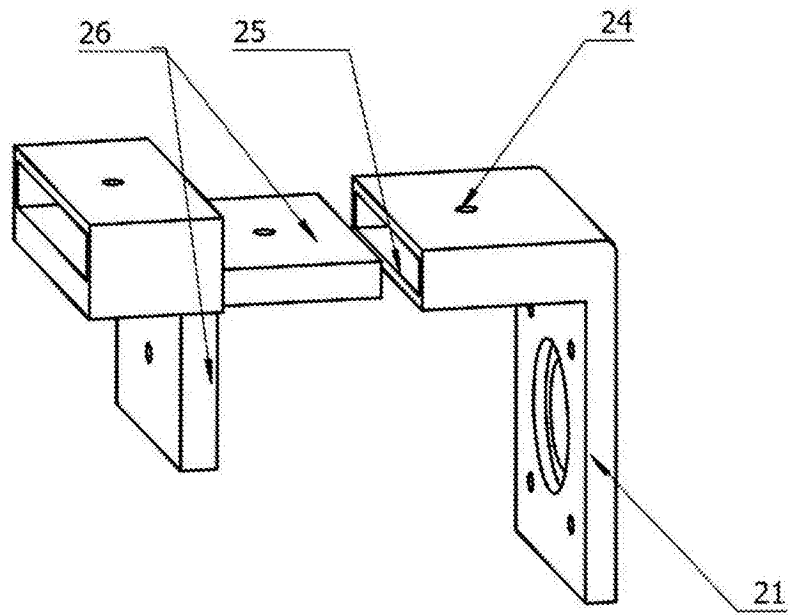


图6

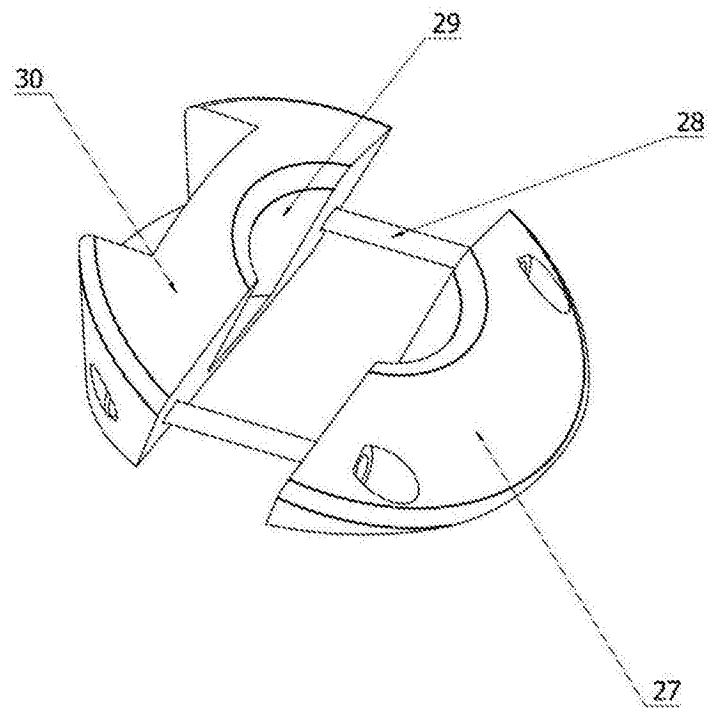


图7

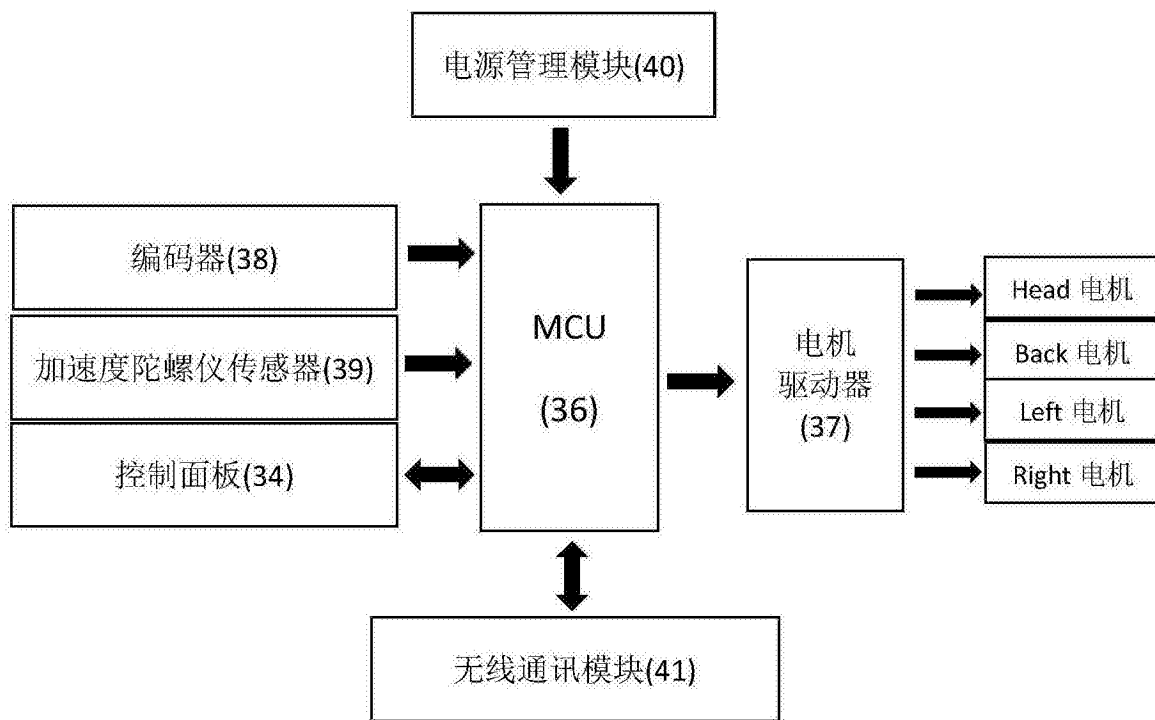


图8

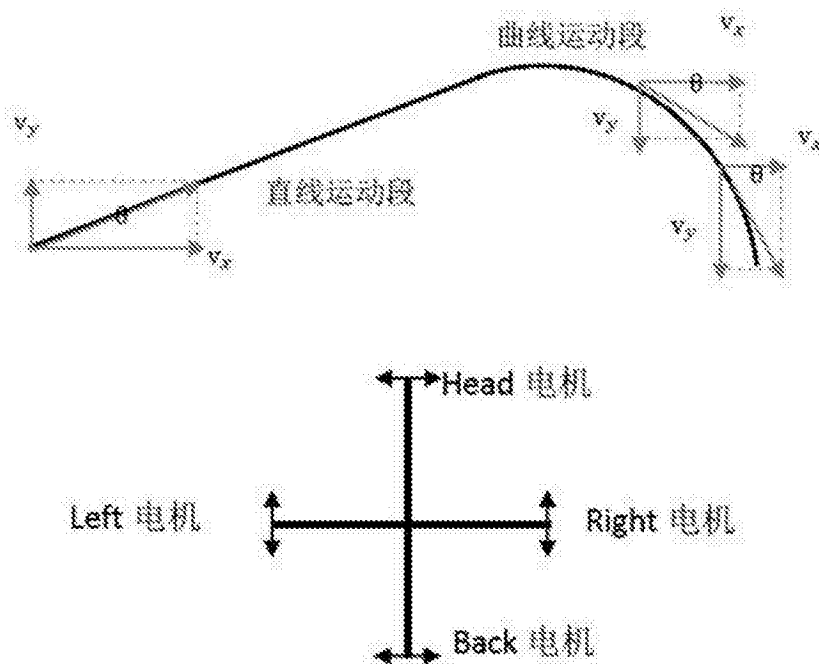


图9

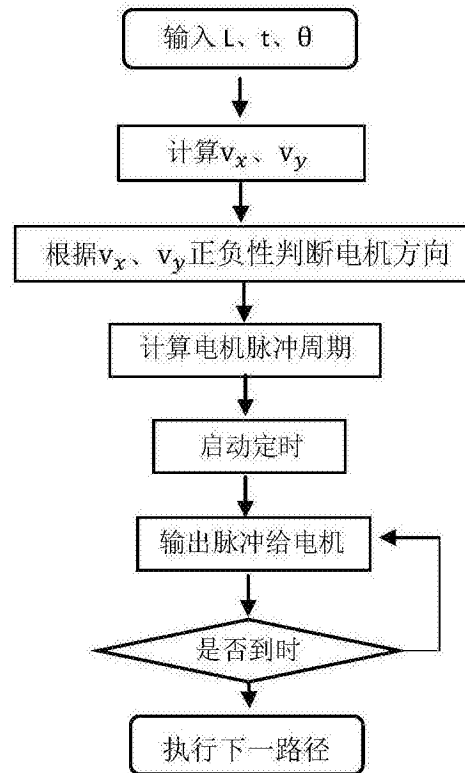


图10

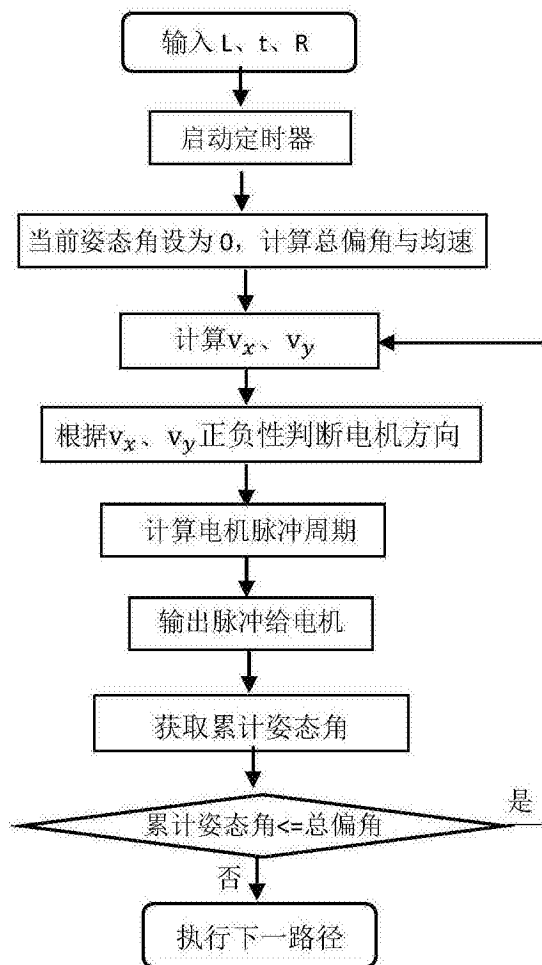


图11

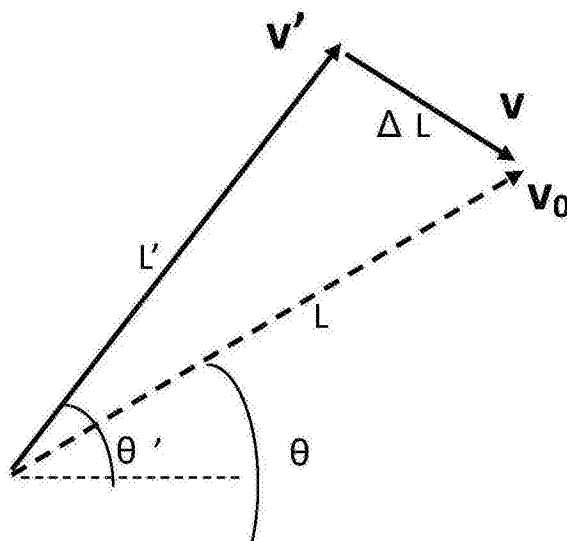


图12

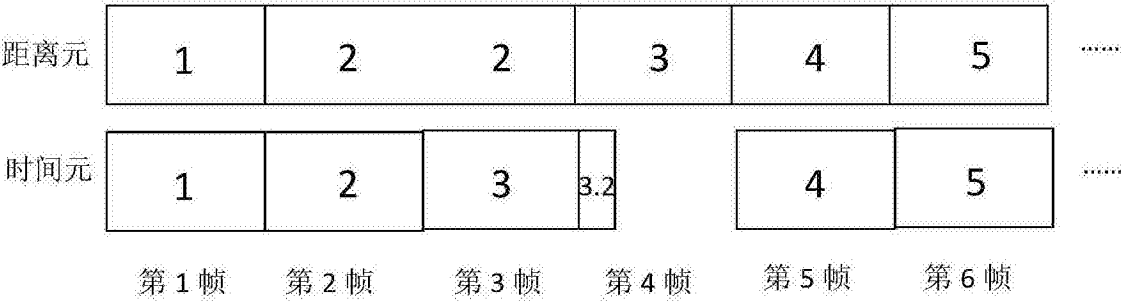


图13