



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114253300 A

(43) 申请公布日 2022.03.29

(21) 申请号 202111470681.4

(22) 申请日 2021.12.03

(71) 申请人 国网智能科技股份有限公司
地址 250104 山东省济南市高新孙村片区
飞跃大道以南、26号路以东 (ICT产业
园内) 电力智能机器人生产项目101

(72) 发明人 刘越 刘佺 孙晓斌 李春飞
张飞 黄振宁 刘天立 李敏
赵金龙 张海龙 高绍楠 孙磊
王涛 周长明

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限
公司 37221
代理人 祖之强

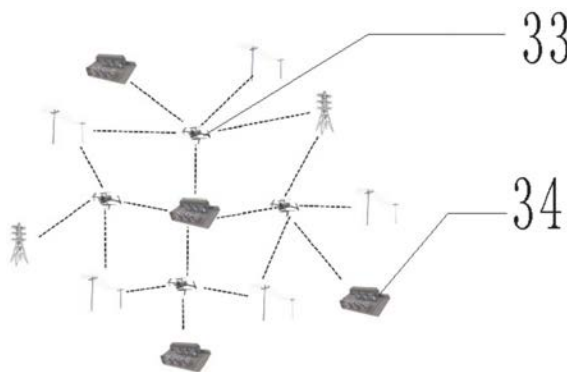
(51) Int. Cl.
G05D 1/12 (2006.01)

权利要求书5页 说明书17页 附图12页

(54) 发明名称
一种网格化机巢的无人机巡检系统及方法

(57) 摘要

本发明提供了一种网格化机巢的无人机巡检系统及方法,包括网格化部署的多个机巢,每个机巢用于容纳至少一台无人机;所述机巢包括与控制终端通信的机巢控制器,机巢控制器与无人机遥控器通信,无人机遥控器与无人机通信;控制终端用于根据无人机的当前续航里程以及巡检目标距离各个机巢的距离,以巡检时间最短为优化目标,生成无人机最优巡检路径并发送给机巢控制器;本发明实现了基于网格化布设的无人机机巢的高效无人机协同巡检,降低了人工成本,满足了对跨领域的多个巡检目标的常态化或应急性巡检需求。



1. 一种网格化机巢的无人机巡检系统,其特征在于:

包括网格化部署的多个机巢,每个机巢用于容纳至少一台无人机;

所述机巢包括与控制终端通信的机巢控制器,机巢控制器与无人机遥控器通信,无人机遥控器与无人机通信;

控制终端用于根据无人机的当前续航里程以及巡检目标距离各个机巢的距离,以巡检时间最短为优化目标,得到各个机巢对应的巡检目标,根据确定的巡检目标生成各个无人机最优巡检路径并发送给机巢控制器。

2. 如权利要求1所述的网格化机巢的无人机巡检系统,其特征在于:

所述机巢包括:

机巢主体,以及设于机巢主体内的承载机构、竖向固定机构和横向固定机构,所述承载机构包括可伸缩的降落平台和第一电机,所述降落平台由第一电机驱动;

所述竖向固定机构包括第一回中杆,所述第一回中杆的一端通过转动轴设于机巢主体的侧壁上,第一回中杆上设有齿轮,降落平台上设有与齿轮啮合的齿条,通过齿轮和齿条的啮合驱动第一回中杆绕转动轴转动;

所述横向固定机构包括转动杆、第二回中杆和第二电机,所述转动杆的两端设于机巢主体的侧壁上,所述第二回中杆设于转动杆上;转动杆由第二电机驱动,以相对机巢主体,沿降落平台移动方向的反方向转动,从而驱动第二回中杆沿降落平台移动方向的垂直方向移动。

3. 如权利要求2所述的网格化机巢的无人机巡检系统,其特征在于:

在齿轮和齿条的啮合下,两侧的第一回中杆绕轴转动,以使第一回中杆的另一端均向中间位置移动或向两侧方向打开。

4. 如权利要求3所述的网格化机巢的无人机巡检系统,其特征在于:

转动杆的两端各设一个第二回中杆,在降落平台被驱动复位时,转动杆正向转动,两端的第二回中杆沿转动杆向中间位置移动,以横向约束固无人机;

通过齿条和齿轮的啮合,带动两侧的第一回中杆向中间位置移动,以竖向约束无人机。

5. 如权利要求3所述的网格化机巢的无人机巡检系统,其特征在于:

转动杆的两端各设一个第二回中杆,在降落平台被推出机巢主体时,转动杆逆向转动,两端的第二回中杆沿转动杆向两侧移动,以解除对无人机的横向约束;

通过齿条和齿轮的啮合,带动两侧的第一回中杆向两侧打开,以解除对无人机的竖向约束。

6. 如权利要求1所述的网格化机巢的无人机巡检系统,其特征在于:

所述机巢包括:

机巢主体,机巢主体内部包括无人机机位、充电模块以及储能模块;

机巢主体设置有安装模块,安装模块采用丝杠式自动锁紧结构对机巢主体进行固定,无人机机位设置有在水平和垂直方向自主减震的无人机固定装置,机巢控制器分别与充电模块及安装模块通信。

7. 如权利要求6所述的网格化机巢的无人机巡检系统,其特征在于:

所述丝杠式自动锁紧结构包括套筒及固定于第二套筒中心位置的双出轴电机,所述双出轴电机转子两端分别连接有丝杠,所述丝杠的另一端与弹簧滑块的一端通过螺纹孔连

接,所述弹簧滑块随丝杠旋转直线运动,并带动与所述弹簧滑块另一端固定连接的伸缩杆的伸缩。

8.如权利要求1所述的网格化机巢的无人机巡检系统,其特征在于:

所述无人机上载有三轴云台、RTK定位模块和前端AI处理模块;

三轴云台上安装相机和摄像机;所述相机为单目可变焦相机;所述摄像机用于获取杆塔的视频信息;其中,相机与摄像机集成在一个镜头。

RTK定位模块,用于定位无人机三维坐标信息;

前端AI处理模块,用于拟合无人机飞控数据,RTK定位模块数据,和变焦相机采集图像,下发飞控命令控制无人机飞行,控制云台调整相机角度和变焦,锁定巡检目标并拍照;当巡检目标不位于相机图像的中央位置时,采用基于视觉移动跟踪方式来控制云台转动,通过巡检目标在图像中的位置确定云台的转动方向。

9.一种网格化机巢的无人机巡检方法,其特征在于:

包括以下过程:

获取巡检目标距离各个机巢的距离;

选择距离巡检目标最近的机巢为最优机巢;

依次进行各个巡检目标的判断,得到各个机巢的对应的巡检目标;

任一机巢的巡检任务规划,包括:

根据机巢范围内的巡检目标距离机巢的距离进行巡检目标编号,距离越远编号越大;

当无人机总续航时间与某一巡检目标单独巡检一次的时间的差值,小于其他巡检目标单独巡检一次的时间的最小值时,将此巡检目标作为单基塔任务;

否则,判断机巢到当前巡检目标的时间、当前巡检目标的巡检时间、当前巡检目标到编号小于当前巡检目标的最近的次级巡检目标的巡检时间、当前巡检目标到次级巡检目标的时间以及次级巡检目标到机巢的时间的加和是否大于无人机总续航时间,如是,则将此巡检目标作为单基塔任务;否则,执行二基杆塔的航线任务,依次进行当前巡检目标和次级巡检目标的巡检。

10.如权利要求9所述的网格化机巢的无人机巡检方法,其特征在于:

进行下一级节点的综合巡检时间判断,当综合巡检时间大于无人机总续航时间时,只执行当前巡检任务,否则,继续进行下一级节点的综合巡检时间判断。

11.一种无人机任务执行环境判断方法,其特征在于:

利用权利要求1-8任一项所述的网格化机巢的无人机巡检系统,包括:

获取机巢内环境信息和感知范围内的机巢外环境信息;

根据无人机位置选定的目标机巢,根据飞行指令确定对应的飞行影响因素,并在其机巢外环境信息中调取对应的飞行环境数据,根据飞行环境数据判断飞行条件,若飞行环境数据不满足飞行条件时,控制无人机返航;

根据返航指令确定对应的降落影响因素,以在目标机巢的机巢外环境信息和机巢内环境信息中调取对应的降落环境数据和返仓环境数据;根据降落环境数据控制无人机的降落方式,根据返仓环境数据调整机巢内环境,直至无人机返回目标机巢内。

目标机巢的选定包括:根据无人机位置,判断无人机所处的机巢感知范围,以落入感知范围的机巢为目标机巢,若两个机巢的感知范围重叠,则根据无人机与机巢的距离,以距离

最近的机巢为目标机巢。

12. 如权利要求11所述的无人机任务执行环境判断方法,其特征在于:

机巢内环境信息包括:机巢内温度、机巢内湿度和机巢内烟雾浓度;

机巢外环境信息包括:风速、风向、机巢外温度、机巢外湿度、雨量、气压、光照强度和能见度。

13. 如权利要求12所述的无人机任务执行环境判断方法,其特征在于:

根据飞行指令确定对应的飞行影响因素的过程中,所述飞行指令包含无人机巡检、机巢开关动作和无人机飞行任务;

无人机巡检对应的飞行影响因素包括:风速、风向、机巢外温度、雨量、气压、光照强度和能见度;

机巢开关动作对应的飞行影响因素包括:雨量和机巢内烟雾浓度;

无人机飞行任务对应的飞行影响因素包括:风速、风向、气压和能见度。

14. 如权利要求12所述的无人机任务执行环境判断方法,其特征在于:

根据返航指令确定对应的降落影响因素的过程中,受所述返航指令影响的指令包含:无人机存储、无人机充电、机巢自检、无人机精降和无人机备降;

无人机存储、无人机充电和机巢自检对应的降落影响因素包括:机巢内温度、机巢内湿度和机巢内烟雾浓度;

无人机精降对应的降落影响因素包括:风速、风向、光照强度和能见度;

无人机备降对应的降落影响因素包括:风速和风向。

15. 如权利要求11所述的无人机任务执行环境判断方法,其特征在于:

若当前飞行指令为无人机巡检指令时,且当前飞行环境数据满足飞行条件,则进行机巢自检,机巢自检通过后,无人机起飞,执行巡检任务;在无人机巡检任务执行过程中,持续检测飞行环境数据是否满足飞行条件。

16. 如权利要求15所述的无人机任务执行环境判断方法,其特征在于:

判断当前降落环境数据是否满足精降条件,如果满足精降,则执行无人机精降,同时判断机巢是否满足无人机的存储和充电,如果机巢内环境异常,则调整机巢内环境;如果不满足精降,则执行无人机备降;如果不满足无人机备降,则无人机强行降落。

17. 一种无人机精准降落控制方法,其特征在于:

利用权利要求1-8任一项所述的网格化机巢的无人机巡检系统,包括:

获取无人机的定位数据;

根据获取的定位数据,判断无人机是否位于预设降落范围内,当无人机位于预设降落范围内时,执行下一步;否则控制无人机移动直至满足位置要求;

当无人机位于距离降落点第一预设距离的位置时,获取无人机下方的图像数据或者视频数据,当根据获取的图像数据或者视频数据识别到精降范围码时,控制无人机下降第二预设距离,执行下一步;否则,控制无人机下降第三预设距离,再次进行精降范围码识别,直至识别到精降范围码;

再次获取无人机下方的图像数据或者视频数据,当根据再次获取的图像数据或者视频数据识别到精降位置码时,控制无人机下降至距离降落点第四预设距离的位置,控制无人机降落。

18. 如权利要求17所述的无人机精准降落控制方法,其特征在于:

根据相机标定得到的相机内参和外参,计算无人机实际到降落点的距离和角度。

19. 如权利要求17所述的无人机精准降落控制方法,其特征在于:

相机标定,包括:

获取相机在不同角度下对棋盘格的拍摄图像;

对图像中的特征点如标定板角点进行检测,得到标定板角点的像素坐标值,根据棋盘格大小和世界坐标系原点,计算得到标定板角点的物理坐标值;

根据得到的物理坐标值,求解内参矩阵与外参矩阵;

根据获取的内参矩阵和外参矩阵,求解畸变参数;

利用L-M算法对畸变参数进行优化。

20. 一种基于视觉移动跟踪的无人机巡检方法,其特征在于:

利用权利要求8所述的网格化机巢的无人机巡检系统,包括:

S1: 依据巡检要求,无人机匀速进入检测点前采用云台上的图像采集模块获取巡检目标的实时广角图像;

S2: 判断巡检目标是否位于拍摄获取的实时图像中,若是,则进入步骤S3;否则,控制云台运动,改变姿态,直到搜寻到实时图像中巡检目标;

S3: 处理模块根据实时图像中巡检目标位置,无人机拍摄位置,云台姿态的信息,采用卡尔曼滤波算法拟合出无人机拍摄位置和云台姿态位置,确定图像采集模块的焦距模式;

S4: 控制无人机匀速飞行至计算得到的拍摄位置,在飞行过程中,处理模块依据无人机匀速飞行三维方向,实时反向调整云台的姿态,以达到图像采集模块实时图像的设定区域锁定巡检目标,并调整图像采集模块的焦距模式;

S5: 无人机到达拍摄位置,确认巡检目标位置在图像采集模块实时图像的设定区域,并锁定检视点进行图像采集;

S6: 处理模块处理采集的图片,控制无人机执行下一个检测点任务,重新执行S1,直到完成所有检测点图像采集任务。

21. 如权利要求20所述基于视觉移动跟踪的无人机巡检方法,其特征在于:

S2中:

判断巡检目标是否位于拍摄获取的实时图像中的具体过程包括:采用Faster-RCNN算法将图片输入CNN,进行特征提取;然后判断图片中是否存在巡检目标。

22. 如权利要求20所述基于视觉移动跟踪的无人机巡检方法,其特征在于:

S3中:

S3.1: 根据图像中检视点目标物体的位置决定云台的转动方向,云台的转动方向为使得杆塔向图像中心偏移的方向;先将云台转动最小单位,获取当前位置处的杆塔图像,并提取其特征;

S3.2: 匹配前后两张图片特征,并计算其匹配点在像素点的偏移量;

S3.3: 根据特征偏移量与云台转动量之间的线性映射关系,得到云台转动量;

S3.4: 按照转动量调整云台姿态。

23. 如权利要求20所述基于视觉移动跟踪的无人机巡检方法,其特征在于:

S4中:

S4.1:根据无人机位置信息和加速度信息计算出当前无人机位置和即将运动三维矢量方向P;

S4.2:调整云台图像采集模块的运行矢量刚好与无人机的运动矢量大小相等,方向相反;

S4.3:计算当前时刻图像采集模块中央目标物在像素上的偏移量,若无偏移量即认为云台图像采集模块移动追踪巡检目标物体是相对静止状态,否则进入下一步;

S4.4:根据图像中央像素特征偏移量与云台转动量之间的线性映射关系,得到云台转动量,然后对云台图像采集模块的位置进行微调,重新将云台图像采集模块中央锁定检视点目标物体。

一种网格化机巢的无人机巡检系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电力巡检技术领域,特别涉及一种网格化机巢的无人机巡检系统及方法。

背景技术

[0002] 本部分的陈述仅仅是提供了与本发明相关的背景技术,并不必然构成现有技术。

[0003] 无人机机巢作为无人机的保障中转站,其作用不言而喻,无人机机巢部署位置对于无人机来说至关重要,直接关系到无人机的飞行巡检半径以及作业效率和成果。

[0004] 发明人发现,现有的电力巡检存在如下问题:

[0005] (1) 无人机机巢的位置设置随意,或者只零星的布置几个无人机机巢,往往无法实现待巡检目标的全覆盖;而且,在巡检过程中往往是依次对每个待巡检目标进行单趟飞行巡检,未涉及对周边近距离航点的覆盖,造成巡检出现航程与电量浪费的情况。

[0006] (2) 现有的无人机巢大量的采用机械臂进行无人机的归中控制和换电控制,导致无人机换电较为繁琐,而且多自由度机械臂或换电机构与无人机的配合也容易导致机械臂或者无人机的故障,从而造成设备损坏,降低整体系统的稳定性。

[0007] (3) 无人机智能机巢能够实现与后台监控中心的互联互通,通过现场监控飞行环境后,大多由后台监控中心的操作人员主观判断现场飞行条件,智能化程度低,主观性强且存在一定的误判可能性;或对飞行条件的判断只做简单拼凑,缺乏多源数据的综合判断,给飞行任务造成一定的安全隐患。

[0008] (4) 无人机在对待降落位置的坐标进行识别时,需要高精密的实时定位,不仅定位组件的成本较高,而且还要实时的获取无人机机场的预设点位的坐标数据,降落控制繁琐;现有技术中存在通过识别降落点的特定图像来实现降落的方案,但是大多只进行单一数据源的识别,降落精度无法得到保障。

[0009] (5) 现有技术中公开了利用双目视觉实现悬停定位测距的方案,依然是控制无人机顺序到达巡检目标制动并悬停,进行定点拍照后再加速前往下一个巡检目标,无人机制动、悬停和加速对电池电量消耗很大,无法实现不悬停自主巡检。

发明内容

[0010] 为了解决现有技术的不足,本发明提供了一种网格化机巢的无人机巡检系统及方法,实现了基于网格化布设的无人机机巢的高效无人机协同巡检,降低了人工成本,满足了对跨领域的多个巡检目标的常态化或应急性巡检需求。

[0011] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0012] 本发明第一方面提供了一种网格化机巢的无人机巡检系统,包括网格化部署的多个机巢,每个机巢用于容纳至少一台无人机;

[0013] 所述机巢包括与控制终端通信的机巢控制器,机巢控制器与无人机遥控器通信,无人机遥控器与无人机通信;

[0014] 控制终端用于根据无人机的当前续航里程以及巡检目标距离各个机巢的距离,以巡检时间最短为优化目标,得到各个机巢对应的巡检目标,根据确定的巡检目标生成各个无人机最优巡检路径并发送给机巢控制器。

[0015] 进一步的,所述机巢包括:

[0016] 机巢主体,以及设于机巢主体内的承载机构、竖向固定机构和横向固定机构;所述承载机构包括可伸缩的降落平台和第一电机,所述降落平台由第一电机驱动;

[0017] 所述竖向固定机构包括第一回中杆,所述第一回中杆的一端通过转动轴设于机巢主体的侧壁上,第一回中杆上设有齿轮,降落平台上设有与齿轮啮合的齿条,通过齿轮和齿条的啮合驱动第一回中杆绕转动轴转动;

[0018] 所述横向固定机构包括转动杆、第二回中杆和第二电机,所述转动杆的两端设于机巢主体的侧壁上,所述第二回中杆设于转动杆上;转动杆由第二电机驱动,以相对机巢主体,沿降落平台移动方向的反方向转动,从而驱动第二回中杆沿降落平台移动方向的垂直方向移动。

[0019] 进一步的,所述机巢,包括:

[0020] 机巢主体,机巢主体内部包括无人机机位、充电模块以及储能模块;

[0021] 机巢主体设置有安装模块,安装模块采用丝杠式自动锁紧结构对机巢主体进行固定,无人机机位设置有在水平和竖直方向自主减震的无人机固定装置,机巢控制器分别与充电模块及安装模块通信。

[0022] 进一步的,所述无人机上载有三轴云台、RTK定位模块和前端AI处理模块;

[0023] 三轴云台上安装相机和摄像机;所述相机为单目可变焦相机;所述摄像机用于获取杆塔的视频信息;其中,相机与摄像机集成在一个镜头。

[0024] RTK定位模块,用于定位无人机三维坐标信息;

[0025] 前端AI处理模块,被配置为:

[0026] 拟合无人机飞控数据、RTK定位模块数据和变焦相机采集图像,下发飞控命令控制无人机飞行,控制云台调整相机角度和变焦,锁定巡检目标并拍照;

[0027] 利用视觉变焦广角相机在接近悬停点的飞行过程中拍摄照片,计算拍摄照片的坐标值(GPS 值)和云台的姿态,通过相机成像原理识别出照片中的巡检目标;

[0028] 依据当前无人机GPS位置和三维速度和云台的姿态的滚转角、俯仰角和偏航角通过卡尔曼滤波算法调整无人机云台的位置,将变焦相机通过变焦锁定到杆塔目标检视点;

[0029] 进行拍照以完成对杆塔目标检视点的信息采集,从而提高巡检目标信息采集的准确性和采集图像的质量。

[0030] 本发明第二方面提供了一种网格化机巢的无人机巡检方法,包括以下过程:

[0031] 获取巡检目标距离各个机巢的距离;

[0032] 选择距离巡检目标最近的机巢为最优机巢;

[0033] 依次进行各个巡检目标的判断,得到各个机巢的对应的巡检目标;

[0034] 任一机巢的巡检任务规划,包括:

[0035] 根据机巢范围内的巡检目标距离机巢的距离进行巡检目标编号,距离越远编号越大;

[0036] 当无人机总续航时间与某一巡检目标单独巡检一次的时间的差值小于其他巡检

目标单独巡检一次的时间的最小值时,将此巡检目标作为单基塔任务;

[0037] 否则,判断机巢到当前巡检目标的时间、当前巡检目标的巡检时间、当前巡检目标到编号小于当前巡检目标的最近的次级巡检目标的巡检时间、当前巡检目标到次级巡检目标的时间以及次级巡检目标到机巢的时间的加和是否大于无人机总续航时间,如是,则将此巡检目标作为单基塔任务;否则,执行二基杆塔的航线任务,依次进行当前巡检目标和次级巡检目标的巡检。

[0038] 本发明第三方面提供了一种无人机任务执行环境判断方法,利用上述的网格化机巢的无人机巡检系统,包括:

[0039] 获取机巢内环境信息和感知范围内的机巢外环境信息;

[0040] 根据无人机位置选定的目标机巢,根据飞行指令确定对应的飞行影响因素,并在其机巢外环境信息中调取对应的飞行环境数据;根据飞行环境数据判断飞行条件,若飞行环境数据不满足飞行条件时,控制无人机返航;

[0041] 根据返航指令确定对应的降落影响因素,以在目标机巢的机巢外环境信息和机巢内环境信息中调取对应的降落环境数据和返仓环境数据;根据降落环境数据控制无人机的降落方式,根据返仓环境数据调整机巢内环境,直至无人机返回目标机巢内。

[0042] 目标机巢的选定包括:根据无人机位置,判断无人机所处的机巢感知范围,以落入感知范围的机巢为目标机巢;若两个机巢的感知范围重叠,则根据无人机与机巢的距离,以距离最近的机巢为目标机巢。

[0043] 本发明第四方面提供了一种无人机精准降落控制方法,利用上述的网格化机巢的无人机巡检系统,包括:

[0044] 获取无人机的定位数据;

[0045] 根据获取的定位数据,判断无人机是否位于预设降落范围内,当无人机位于预设降落范围内时,执行下一步;否则控制无人机移动直至满足位置要求;

[0046] 当无人机位于距离降落点第一预设距离的位置时,获取无人机下方的图像数据或者视频数据,当根据获取的图像数据或者视频数据识别到精降范围码时,控制无人机下降第二预设距离,执行下一步;否则,控制无人机下降第三预设距离,再次进行精降范围码识别,直至识别到精降范围码;

[0047] 再次获取无人机下方的图像数据或者视频数据,当根据再次获取的图像数据或者视频数据识别到精降位置码时,控制无人机下降至距离降落点第四预设距离的位置,控制无人机降落。

[0048] 本发明第五方面提供了一种基于视觉移动跟踪的无人机巡检方法,利用上述的网格化机巢的无人机巡检系统,包括:

[0049] S1:依据巡检要求,无人机匀速进入检测点前采用云台上的图像采集模块获取巡检目标实时广角图像;

[0050] S2:判断巡检目标是否位于拍摄获取的实时图像中,若是,则进入步骤S3;否则,控制云台运动,改变姿态,直到搜寻到实时图像中巡检目标;

[0051] S3:处理模块根据实时图像中巡检目标位置,无人机拍摄位置,云台姿态的信息,采用卡尔曼滤波算法拟合出无人机拍摄位置和云台姿态位置,确定图像采集模块的焦距模式;

[0052] S4:控制无人机匀速飞行至计算得到的拍摄位置,在飞行过程中,处理模块依据无人机匀速飞行三维方向,实时反向调整云台的姿态,以达到图像采集模块实时图像的设定区域锁定巡检目标,并调整图像采集模块的焦距模式;

[0053] S5:无人机到达拍摄位置,确认巡检目标位置在图像采集模块实时图像的设定区域,并锁定检视点进行图像采集;

[0054] S6:处理模块处理采集的图片,控制无人机执行下一个检测点任务,重新执行S1,直到完成所有检测点图像采集任务。

[0055] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0056] 1、本发明创新性的设计了一种网格化机巢的无人机巡检系统,提出了一种网格化机巢的无人机巡检方法,根据无人机的当前续航里程以及巡检目标距离各个机巢的距离,以巡检时间最短为优化目标,得到各个机巢对应的多类巡检目标,根据确定的巡检目标生成各个无人机最优巡检路径,解决了单基塔任务和多基塔任务的协同巡检优化问题,实现了以最少巡检时间为目标的巡检路径优化,实现了针对各领域巡检目标的基于网格化的无人机机巢的高效无人机协同巡检,降低了人工成本,满足了对各领域多个巡检目标的常态化或应急性巡检需求。

[0057] 2、本发明创新性的提出了一种无人机机巢,设计了对无人机横向约束和纵向约束的双约束技术,提出了回中杆组固定机构与齿轮齿条机构相配合的方法进行无人机回中,解决了无人机机巢单一场景的局限性以及无人机停放稳定性的问题;提高了无人机在不同巡检环境下降落的稳定性,且无人机机巢作为通用型机巢,支持远程遥控作业,显著提升了巡检作业效率,实现了应用场景多样化,实现了无人机在更大范围内的覆盖。

[0058] 3、本发明创新性的提出了一种无人机任务执行环境判断方法,针对不同飞行任务或返航任务结合不同任务环境条件,分别判断是否适宜执行任务,满足机巢飞行条件判断逻辑的需求,在复杂飞行情况,通过机巢自判断的方式实现判断结论冗余,提高了判断准确率,解决了现有飞行环境监控技术的判断条件单一、主观性干扰及智能化程度低的局限性,无需进行人工干预,实现了不同任务下飞行条件的自主预判,显著提高无人机巡检效率和机巢系统的安全性。

[0059] 4、本发明创新性的提出了一种无人机精准降落控制方法,根据无人机的定位数据实现了无人机与待降落位置的初步标定,融合了实时差分定位数据、精降范围码和精降位置码,通过不断的图像识别和距离靠近,解决了无人机精降控制难的问题,实现了无人机降落的精准梯次控制,提高了无人机降落控制的精度。

[0060] 5、本发明创新性的提出了一种基于视觉移动跟踪的无人机巡检方法,在无人机的进入巡检目标和离开巡检目标之间飞行过程中,无人机始终按照设定航迹飞行,通过卡尔曼滤波算法拟合当前位置和速度数据实时调整云台姿态和相机变焦实现相机对巡检目标的移动追踪和锁定拍摄,实现了在无人机不悬停巡检过程中对巡检目标图像的自动采集,大大的降低了巡检人员的劳动强度,而且本发明采用反向移动追踪方法通过动态调整无人机和云台相机姿态实现与巡检目标物的相对静止;大大节省了无人机电量和单次飞行的工作量;本发明的巡检目标物的获取是基于单目相机完成,结构简单,成本较低。

[0061] 本发明附加方面的优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

附图说明

[0062] 构成本发明的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。

[0063] 图1为本发明实施例1提供的网格化机巢的无人机巡检系统示意图。

[0064] 图2为本发明实施例1提供的无人机机巢示意图。

[0065] 图3为本发明实施例1提供的无人机机巢主体示意图。

[0066] 图4为本发明实施例1提供的第一回中杆底部齿轮驱动示意图。

[0067] 图5为本发明实施例1提供的第一回中杆和第二回中杆的复位示意图。

[0068] 图6(a)-6(b)为本发明实施例1提供的无人机回中示意图。

[0069] 图7(a)-7(b)为本发明实施例1提供的无人机降落示意图。

[0070] 图8为本发明实施例1提供的无人机机巢安装示意图。

[0071] 图9(a)为本发明实施例2提供的移动无人机机巢内部结构示意图。

[0072] 图9(b)为本发明实施例2提供的移动无人机机巢舱门结构示意图。

[0073] 图10为本发明实施例2提供的充电模块结构示意图。

[0074] 图11为本发明实施例2提供的无人机机位固定装置结构示意图。

[0075] 图12为本发明实施例2提供的无人机机位固定装置的局部结构示意图。

[0076] 图13(a)和图13(b)为本发明实施例2提供的安装模块结构示意图。

[0077] 图14为本发明实施例2提供的安装模块局部结构示意图。

[0078] 图15为本发明实施例3提供的航线规划流程示意图。

[0079] 图16为本发明实施例3提供的任务规划示意图一。

[0080] 图17为本发明实施例3提供的任务规划示意图二。

[0081] 图18为本发明实施例4提供的任务指令与对应的环境因素划分示意图。

[0082] 图19为本发明实施例4提供的无人机存储任务的执行环境判断示意图。

[0083] 图20为本发明实施例5提供的无人机精准降落控制方法的流程示意图。

[0084] 图21为本发明实施例6提供的无人机自主巡检方法流程示意图。

[0085] 其中,1、杆塔,2、机巢底撑,3、机巢,4、降落平台,5、顶盖,6、机巢主体,7、转动杆,8、第二电机,9、第一电机,10、第二回中杆,11、充电杆,12、充电端口,13、第一回中杆,14、齿条,15、固定座;16、充电模块;17、无人机机位;18、储能模块;19、显示模块;20、充电口;21、BMS控制板;22、散热扇;23、通信接口;24、充电指示灯;25、第一夹持件;26、弹性件;27、第二夹持件;27-1、握把;27-2、第一套筒;27-3、第一伸缩杆;27-4、固定端;27-5、第一弹簧;28、第二套筒;29、双出轴电机;30、第二伸缩杆;31、弹簧滑块;31-1、第一滑块;31-2、第二弹簧;31-3、第二滑块;32、丝杠;33、无人机;34、机巢。

具体实施方式

[0086] 下面结合附图与实施例对本发明作进一步说明。

[0087] 应该指出,以下详细说明都是示例性的,旨在对本发明提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本发明所属技术领域的普通技术人员通常理解的含义。

[0088] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根

据本发明的示例性实施方式。如在这里所使用的，除非上下文另外明确指出，否则单数形式也意图包括复数形式，此外，还应当理解的是，当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时，其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0089] 在不冲突的情况下，本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0090] 实施例1：

[0091] 本发明实施例1提供了一种网格化机巢的无人机巡检系统，如图1所示，包括网格化部署的多个机巢34，每个机巢用于容纳至少一台无人机33；

[0092] 所述机巢包括与控制终端通信的机巢控制器，机巢控制器与无人机遥控器通信，无人机遥控器与无人机通信；

[0093] 控制终端用于根据无人机的当前续航里程以及巡检目标距离各个机巢的距离，以巡检时间最短为优化目标，得到各个机巢对应的巡检目标，根据确定的巡检目标生成各个无人机最优巡检路径并发送给机巢控制器。

[0094] 本实施例中，选取变电站作为无人机机巢主要部署点，无人机首先可以就近对变电站设备进行巡检；变电站周边是电力线路的主要交汇处，也是需要重点巡视的区域，无人机在变电站周边巡检可以最大限度的巡检电力线路；无人机机巢部署在变电站内，也可以作为变电站检修的一部分，方便运维。

[0095] 可以理解的，在其他一些实施方式中，无人机机巢也可以适当的部署在5G基站或者山顶光伏等地，也可以以其他领域的目标为巡检目标，如通信领域、消防领域等等，只要有电就可以部署无人机机巢。

[0096] 如图2和图3所示，本实施例所述的无人机机巢为一种小型化无人机机巢，包括：机巢主体，以及设于机巢主体内的承载机构、竖向固定机构和横向固定机构；所述承载机构包括可伸缩的降落平台和第一电机，所述降落平台由第一电机驱动；

[0097] 所述竖向固定机构包括第一回中杆，所述第一回中杆的一端通过转动轴设于机巢主体的侧壁上，第一回中杆上设有齿轮，降落平台上设有与齿轮啮合的齿条，通过齿轮和齿条的啮合驱动第一回中杆绕转动轴转动；

[0098] 所述横向固定机构包括转动杆、第二回中杆和第二电机，所述转动杆的两端设于机巢主体的侧壁上，所述第二回中杆设于转动杆上；转动杆由第二电机驱动，以相对机巢主体，沿降落平台移动方向的反方向转动，从而驱动第二回中杆沿降落平台移动方向的垂直方向移动。

[0099] 在本实施例中，所述机巢主体6为矩形框架结构，所述机巢主体6的顶端设有顶盖5，所述顶盖5上设有太阳能光伏板，通过太阳能光伏板吸收光能，并将光能转化为电能储存，以作为机巢的电量支撑。

[0100] 优选地，所述顶盖5为斜坡式设计，以防止机巢顶部积水。

[0101] 在本实施例中，所述机巢主体6内设有可伸缩的降落平台4，在无人机降落时，降落平台4在机巢主体6内部被推出以承载无人机，无人机降落后，降落平台4回收至机巢主体6内；在无人机执行巡检任务时，降落平台4在机巢主体6内部被推出，无人机起飞，随后降落平台4被回收至机巢主体6内。

[0102] 在本实施例中，所述机巢主体6三面封闭，前向面与降落平台4形成封闭面，保证机巢整体的防护性能。

[0103] 在本实施例中,所述第一电机9通过杆与降落平台4连接,以驱动降落平台4推出机巢主体6外,或回收至机巢主体6内。

[0104] 优选地,第一电机9设为2个。

[0105] 在本实施例中,如图3所示,在所述机巢主体6的两端设有滑轨,所述转动杆7两端通过滚动滑轮设于机巢主体6的滑轨上,由第二电机8控制转动杆7转动;所述转动杆7的转动方向与降落平台4的移动方向相反。

[0106] 所述第二回中杆10的端部设有滑槽,在转动杆7的两端各设一个第二回中杆10,所述第二回中杆10通过滑槽设于转动杆7上,随转动杆7的转动,沿转动杆7方向做单向运动,即沿与转动杆7转动方向的垂直方向做横向运动。

[0107] 所述转动杆7上设有螺纹,第二回中杆10通过滑槽随转动杆7的转动沿螺纹单向移动。

[0108] 优选地,所述转动杆7采用丝杠。

[0109] 所述转动杆7在第二电机8的驱动下在滑轨上转动,根据转动杆7的转动方向控制第二回中杆10的运动方向;

[0110] 优选地,在转动杆7正向转动时,两侧的第二回中杆10做回中运动,即向中间位置移动;在转动杆7逆向转动时,两侧的第二回中杆10向反方向移动,即往两侧打开;通过转动杆7在滑轨的转动配合第二回中杆10通过滑槽的移动,平衡第二回中杆10随转动杆7进行往复运动的作用力,保证第二回中杆10是单向自由度的位移。

[0111] 优选地,在降落平台4推出时,转动杆7逆向转动时,两侧的第二回中杆10向反方向移动,即往两侧打开;此时,也用于第二回中杆10打开后,降落平台4上的无人机能够飞出;

[0112] 在降落平台回收复位时,转动杆7正向转动时,两侧的第二回中杆10做回中运动,即向中间位置移动;此时,也用于无人机在降落平台上的横向复位,横向约束固定无人机。

[0113] 在本实施例中,在机巢主体6相对的两个侧壁上均设有第一回中杆13,在齿轮和齿条的啮合下,两侧的第一回中杆13绕轴转动,以使第一回中杆13的另一端均向中间位置移动或向两侧方向打开。

[0114] 在本实施例中,如图4所示,所述第一回中杆13上设有齿轮,降落平台4上通过螺丝连接齿条14,齿条14与齿轮啮合;在降落平台推出和回退时,齿轮转动,通过齿轮齿条的啮合,带动第一回中杆13绕轴转动;第一回中杆13绕轴转动时,通过齿轮齿条传动将移动动力转换为转动动力力矩。

[0115] 优选地,第一回中杆13用于对无人机的竖向复位,第一回中杆13通过转动轴做绕轴心的圆周转动,经转动另一端绕轴心向中间位置转动,以固定无人机。

[0116] 在本实施例中,通过第二回中杆10与第一回中杆13共同推动完成对无人机的复位,如图5所示,无人机复位分为两个部分,一部分通过第二回中杆10的推动横向复位,一部分通过第一回中杆13的转动完成竖向复位。

[0117] 优选地,在无人机起飞前,第一电机9推动降落平台4,以将机巢主体6的前侧打开,在打开的过程中,打开第二回中杆10,通过转动杆7的逆向转动,两侧的第二回中杆10向反方向移动,即往两侧打开,解除对无人机的横向固定;同时与降落平台4相连接的齿条与降落平台4同步前推,通过降落平台4中齿条14和第一回中杆13中齿轮的啮合,带动第一回中杆13的转动,两侧的第一回中杆13通过绕轴转动,也向两侧打开,解除对无人机的竖向固

定,从而使得无人机根据规划航线自主起飞,进行巡检作业。

[0118] 无人机完成巡检任务以后,通过视觉辅助进行精准降落到降落平台4上,然后第一电机9带动降落平台4进行关舱动作,关闭舱门的过程中,通过转动杆7的正向转动,两侧的第二回中杆10做回中运动,即向中间位置移动,以完成对无人机的横向复位;同时通过齿条14和齿轮的啮合,带动第一回中杆13转动,两侧的第一回中杆13通过绕轴转动,向中间移动,以固定无人机,完成无人机的竖向复位。如图6(a)-6(b)和图7(a)-7(b)所示为无人机回中与降落示意图。

[0119] 在本实施例中,在机巢主体6的两端还设有充电杆11,所述充电杆上设有若干充电端口12,无人机复位后,无人机底部的充电触板接触充电端口12,通过机巢控制指令进行充电。

[0120] 当无人机执行巡检任务时,首先检测电池剩余电量,当电量不足时,通过充电端口12为无人机电动力电池充电;当无人机电量充足时,推出降落平台4,以使无人机起飞。

[0121] 在更多实施例中,上述无人机机巢作为一种通用型无人机机巢,可应用于杆塔上,其安装过程如图8所示,机巢3通过机巢底撑2安装在杆塔1上,机巢3通过螺丝与机巢底撑连接,机巢底撑2通过螺栓固定安装于杆塔1上。在不同地形下均可依托杆塔设置,能够实现场景多样化。

[0122] 在更多实施例中,上述无人机机巢可搭配车载无人机使用,将无人机机巢通过机巢底撑安装于车顶。

[0123] 实施例2:

[0124] 本发明实施例2提供了一种网格化机巢的无人机巡检系统,包括网格化部署的多个机巢,每个机巢用于容纳至少一台无人机;

[0125] 所述机巢包括与控制终端通信的机巢控制器,机巢控制器与无人机遥控器通信,无人机遥控器与无人机通信;

[0126] 控制终端用于根据无人机的当前续航里程以及巡检目标距离各个机巢的距离,以巡检时间最短为优化目标,得到各个机巢对应的巡检目标,根据确定的巡检目标生成各个无人机最优巡检路径并发送给机巢控制器。

[0127] 如图9(a)和图9(b)所示,本实施例所述的机巢为移动无人机机巢,包括主控器及机巢主体,所述机巢主体内部包括充电模块16、无人机机位17、储能模块18以及显示模块19;其中,所述机巢主体设置有安装模块,所述安装模块采用丝杠式自动锁紧结构对机巢主体进行固定;所述无人机机位设置有在水平和垂直方向自主减震的无人机固定装置,所述主控器分别与所述充电模块及安装模块连接。

[0128] 具体的:

[0129] 如图10所示,所述充电模块包括若干充电口20、BMS(BATTERY MANAGEMENT SYSTEM)控制板21、充电散热扇22、通信接口23以及充电指示灯24;

[0130] 所述机巢主体的无人机机位可以放置市面主流RTK(Real-time kinematic)无人机,由于本发明的应用场景对应于移动无人机机巢,其经常面临在不同地形环境下随车移动,故在所述无人机机位处设置有固定装置,用于无人机的固定。其中,如图11所示,所述固定装置包括第一夹持件25和第二夹持件27,所述第一夹持件和第二夹持件通过弹性件26连接,形成夹持结构(类似夹子结构)。

[0131] 其中,所述第一夹持件25固定于无人机机位表面,如图12所示,所述第二夹持件包括握把27-1,第一套筒27-2、第一弹簧27-5、位于套筒两端的两个伸缩杆27-3以及与固定端,所述第一弹簧位于套筒的中部,所述第一弹簧的两端分别与两个伸缩杆的一端固定连接,通过所述第一弹簧对两个伸缩杆施加向套筒中心方向的拉力,通过所述固定端实现对无人机水平方向的固定,同时,所述固定端基于所述固定装置形成的夹持结构对无人机实现垂直方向的固定。基于固定装置在水平方向的弹簧以及垂直方向上的弹性件,所述固定装置一方面可以做到较好的固定,另一方面,在受到颠簸等情况后所述弹簧和弹性件作为阻尼吸收无人机水平方向和垂直方向的力,实现减振保护,进一步的保证了无人机的安全。

[0132] 所述机巢主体设置有用安装所述无人机机巢的安装模块,其中,所述安装模块贯穿所述机巢主体,并于所述机巢主体固定连接,如图13(a)-图14所示,所述安装模块采用丝杠式自动锁紧结构对机巢主体进行固定;所述丝杠式自动锁紧结构包括第二套筒28及固定于套筒中心位置的双出轴电机29,所述双出轴电机转子两端分别与丝杠32的一段固定连接,所述丝杠32的另一端与弹簧滑块31的一端通过螺纹孔连接,所述弹簧滑块31随丝杠旋转水平直线运动,并带动与所述弹簧滑块另一端固定连接的所述第二伸缩杆30的伸缩。其中,所述弹簧滑块31包括第一滑块31-1和第二滑块31-3,所述第一滑块31-1与第二滑块31-3通过第二弹簧31-2连接。所述弹簧滑块31的第一滑块31-1设置有与所述丝杠32匹配的螺纹孔,所述第二滑块31-3与所述第一滑块31-1相对应的位置设置有圆孔,所述圆孔的孔径大于丝杠的外径,同时,与所述第二滑块固定连接的固定杆一端也开设有预设长度的孔隙,其孔隙的孔径大小也大于丝杠的外径。

[0133] 为了便于所述弹簧滑块31及第二伸缩杆30在所述套筒中可进行水平方向的伸缩。

[0134] 为了保证安装过程的自动化,在所述第一滑块31-1设置有压力传感器,所述压力传感器与所述主控器连接;同时,所述主控器与所述双出轴电机连接,并基于获取的压力传感器的压力值与预设阈值的比较结果控制双出轴电机的运行。

[0135] 具体的,所述安装模块的工作机理具体如下:

[0136] 所述双出轴电机作为动力核心带动丝杠转动,丝杠转动会使动力块沿水平方向进行位移,动力块通过弹簧传导推力使固定端逐渐与货箱(本实施例中指皮卡的车厢)接触,动力块上装有压力传感器,当传感器接收到车厢反作用力达到预定值后形成反馈,双出轴电机停止转动并自动锁紧。当车辆收到颠簸的时候,弹簧作为阻尼器会吸收振动,维持移动机巢的自稳定状态。

[0137] 无人机根据巡检任务进行作业,机巢内配备有无人机的自主巡检软件,根据提前做好好的航迹规划方案进行精细化巡检作业,作业人员根据机巢屏幕指示状态确定无人机当前状态及具体工作模式,无人机作业完成后由工作人员手动进行无人机电池更换,充分发挥作业人员主观能动性。

[0138] 所述主控器还连接有显示模块,用于显示充电模块充电口内电池的状态,以及通过所述显示模块进行命令的下发。其中,所述命令的下发包括安装命令(即将无人机机巢安装于车辆内)以及向无人机下发作业任务。

[0139] 所述储能模块18作为机巢的移动作业供能模块,配备专门充电枪对其进行充电,在所述移动无人机机巢跟随车辆到现场进行巡检作业过程中,储能模块支撑机巢内各种供电,包含充电模块、显示模块及主控模块等。

[0140] 如图14所示,皮卡内装入本发明所述的移动无人机机巢后,人员通过显示模块操作安装模块,使其自动与皮卡车锁紧;无人机在进行巡检作业时,车辆携带移动机巢到达工作现场附近,打开机巢后,人员开启飞机固定装置,将无人机取出,选取充电模块推荐的电池进行安装,通过机巢内自主飞行软件选取适合的巡检路线,无人机自主完成巡检作业,完成任务后工作人员进行电池更换,将飞机放回机巢内。

[0141] 实施例3:

[0142] 如图15所示,本发明实施例3提供了一种网格化机巢的无人机巡检方法,具体的包括:

[0143] 假定无人机飞行速度为 V ,机巢的位置为三维坐标 $(0,0,0)$,本实施例以杆塔为巡检目标进行举例。

[0144] 若干杆塔位置坐标依次为 $(X_1, Y_1, Z_1), (X_2, Y_2, Z_2), \dots, (X_n, Y_n, Z_n)$,以机巢位置为球体或者平面中心,向三个方向 X, Y, Z 轴延展,假定杆塔 N 的坐标 (X_n, Y_n, Z_n) ,两点之间,直线最短,故无人机从机巢飞向杆塔 N 的直线距离为 $S_n = \sqrt{X_n^2 + Y_n^2 + Z_n^2}$ 。

[0145] 单个杆塔的巡视复杂度根据塔类型(耐张塔,直线塔,转角塔等)确定,根据杆塔三维点云模型,可以确定其巡检复杂度,这里用时间 T_n 表示杆塔 N 的复杂度,其物理意义为无人机巡检该电力杆塔所消耗的时间。

[0146] 举例说明如下:单独一基电力杆塔 N ,完成一次巡检需要的时间 $T = S_n/V + T_n + S_n/V$,这里包括三部分:无人机从机巢去杆塔 N 的耗时 S_n/V ,巡检杆塔 N 目标对象的耗时 T_n 以及巡检完成无人机返回机巢的耗时 S_n/V 。

[0147] 这里需要考虑的是,如果巡检杆塔 N 之后,无人机的续航时间还充足,可以考虑单次飞行任务巡检两基甚至多基杆塔,这样做的目的是减少无人机返回机巢次数,也就减少了无人机在机巢覆盖范围内巡检的次数,达到最优路径和最短时间的目标。

[0148] 本实施例中,已知杆塔 $1, 2, 3, \dots, n$ 的复杂度 T 及其三维坐标 (X_n, Y_n, Z_n) ,将距离机巢原点由近及远的杆塔编号为 $1, 2, 3, \dots, n$,为后续的规划方法提供依据,无人机的巡航能力为 T ,无人机巡检速度为 V ,机巢位置的坐标为 $(0,0,0)$ 。

[0149] 航线自主规划的方法及步骤如下:航线规划的基本原则是先规划距离机巢原点较远的杆塔,即 $S_n = \sqrt{X_n^2 + Y_n^2 + Z_n^2}$ 最大的开始,依次减少进行判断。

[0150] 首先,规划确认只能巡检一基塔的任务,此任务满足条件是筛查出机巢覆盖范围内,距离机巢原点远,并且自身杆塔复杂度高的杆塔,作为单基塔任务来执行,用公式表示为:

$$[0151] \quad T - 2 * \frac{S_n}{V} - T_n < \text{Min}(T_1, T_2, \dots, T_{n-1})$$

[0152] 其中, $S_n = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$,这里杆塔 N 的复杂度记作 T_n ,单位为秒,杆塔 N 的三维坐标记作 (X_n, Y_n, Z_n) ,单位为米,还有无人机的巡航能力记作 T ,单位为秒,无人机巡检速度 V ,单位为米每秒,还有机巢位置 $(0,0,0)$,单位为米。

[0153] 上述公式的判定原则是:无人机单独巡视完某基杆塔后,剩余的续航能力小于机巢覆盖范围内所有其他杆塔的复杂度 T ,即本基杆塔只能通过单次巡检任务完成,这些杆塔被认为是机巢覆盖范围最远的航线任务。

[0154] 其次,有些杆塔的任务是 $T - 2 * \frac{S_n}{V} - T_n > \text{Min}(T_1, T_2, \dots, T_{n-1})$,但是其周边的杆塔 T_{n-1}

又不足以利用巡检杆塔 T_n 后的剩余续航能力去完成单次巡检,用公式表达为:

[0155] $\text{Min}(T_1, T_2, \dots, T_{n-1}) < T - 2 * \frac{S_n}{V} - T_n$, 且:

$$[0156] \quad \frac{S_n}{V} + T_n + (T_{n-1}) + \frac{\sqrt{(X_{n-1} - X_n)^2 + (Y_{n-1} - Y_n)^2 + (Z_{n-1} - Z_n)^2}}{V} + \frac{\sqrt{(X_{n-1})^2 + (Y_{n-1})^2 + (Z_{n-1})^2}}{V} > T$$

[0157] 其中, T_{n-1} 为距离 T_n 直线距离较近的周边的杆塔,因其编号为 $n-1$,故其更加靠近机巢原点;至此,所有单基塔任务的航线已经规划完毕。

[0158] 接下来是包含两基杆塔的航线任务,判定原则是无人机单独巡视完某基杆塔后,剩余的续航能力仅够该杆塔附近的一基杆塔继续巡检,则无人机直线飞向附近该杆塔继续巡视,然后直线返回机巢,其航线路径构成一个三角形。

[0159] 需要特别指出的是,航线规划的顺序是由远及近,即编号从大到小,某一杆塔巡检完毕后,还有续航能力,搜索附近杆塔时只能搜索比当前杆塔编号小的杆塔号,保证了方法的清晰性。

[0160] 公式表示如下:

$$[0161] \quad \frac{S_n}{V} + T_n + (T_{n-1}) + \frac{\sqrt{(X_{n-1} - X_n)^2 + (Y_{n-1} - Y_n)^2 + (Z_{n-1} - Z_n)^2}}{V} + \frac{\sqrt{(X_{n-1})^2 + (Y_{n-1})^2 + (Z_{n-1})^2}}{V} < T$$

[0162] 接下来是包含三基杆塔的航线任务。该航线任务构成四边形,此时需要搜索附近杆塔的单向性,比如图16左边中的杆塔3-2-1即为顺时针搜索方式,这样可以避免航线的交叠,优化了航线路径,因为杆塔3距离机巢原点较杆塔1远,航线规划是从杆塔3开始计算的,实际上当航线任务确定后,可以逆序巡检,比如杆塔3-2-1或者1-2-3巡检顺序均可行,因为巡检路径距离是等长的,这里之所以规划的航线是3-2-1,遵循了杆塔由远及近的规划原则,该原则较反向的由近及远的规划方式计算出来的路径更短。

[0163] 依次类推,可以逐步规划出包含四基或者五基等的航线任务。例如四基航线规划出来的是不规则五边形,五条边长加起来就是航线总长度。随着航线规划越来越多,意味着距离机巢原点较远的杆塔已经被规划到航线,距离机巢原点越近的杆塔,其搜索附近杆塔的范围会越来越大,这是因为距离机巢原点越近的杆塔的剩余续航能力会越来越大。

[0164] 如图16所示,两个图差别是杆塔6,1,2,3的航线规划,左图杆塔6先进行规划,根据续航能力搜寻附近范围杆塔,如果搜寻范围不包含杆塔1,则如左图所示,杆塔6只能被规划为单基航线任务,而如右图所示,如果杆塔6的规划范围内包含杆塔1,再通过计算杆塔6,杆塔1和机巢原点构成的三角形航线满足无人机续航能力,则将杆塔6和杆塔1规划成双基航线。

[0165] 本实施例中,网格化体现在对一片遍布电力杆塔的区域基于变电站部署多台机巢,像网格一样在该区域内交错部署,对于两个机巢覆盖范围,如果该区域内有电力杆塔需要巡检,其最优路径生成方法是:

[0166] 首先,判断该电力杆塔距离哪一个无人机机巢较近,因为距离近的巡检路径更短,一个杆塔只需要一台无人机机巢巡检任务中包含一次即可;

[0167] 其次,按照上述的单个机巢的航线规划方法先对该机巢覆盖范围内的电力杆塔从

距离由近及远编号从小到大,航线规划起始杆塔则从编号最大即距离无人机机巢最远的杆塔开始,由远及近的判断该杆塔是单基航线任务还是多基航线任务即可。

[0168] 如果遇到一个电力杆塔被两台无人机机巢或者多台无人机机巢都包含和覆盖,判断该杆塔归属哪台无人机机巢的航线任务即可。

[0169] 可以理解的,在变电站里部署的机巢不仅仅局限于一台,例如为了提高巡检效率,一个变电站可以部署多台机巢,分别完成不同方向或者不同电压等级等不同要求的线路巡检,这样的变电站内的网格化部署更增加了机巢网格化的意义和可实施性。

[0170] 当所有无人机机巢及其对应的杆塔绑定,并且航线任务规划完成后,每个杆塔只存在于某一个无人机机巢的某一个航线任务中,保证了无重复巡检路径,后台控制终端根据无人机机巢的SN 码,下发只有该机巢所拥有的航线,保证每一条航线与无人机机巢的一一对应关系。

[0171] 实施例4:

[0172] 本发明实施例4提供了一种无人机任务执行环境判断方法,利用实施例1或实施例2所述的网格化机巢的无人机巡检系统,所述方法包括:

[0173] 获取机巢内环境信息和感知范围内的机巢外环境信息;

[0174] 根据无人机位置选定的目标机巢,根据飞行指令确定对应的飞行影响因素,并在其机巢外环境信息中调取对应的飞行环境数据;根据飞行环境数据判断飞行条件,若飞行环境数据不满足飞行条件时,控制无人机返航;

[0175] 根据返航指令确定对应的降落影响因素,以在目标机巢的机巢外环境信息和机巢内环境信息中调取对应的降落环境数据和返仓环境数据;根据降落环境数据控制无人机的降落方式,根据返仓环境数据调整机巢内环境,直至无人机返回目标机巢内。

[0176] 在本实施例中,所述机巢内环境信息包括:机巢内温度、机巢内湿度和机巢内烟雾浓度;

[0177] 所述机巢内环境信息采用温度传感器、湿度传感器和烟雾传感器进行采集;

[0178] 其中,温度传感器用于采集机巢内环境温度,当温度低于设定温度范围下限时,通过控制空调加热功能使机巢室内温度达到正常工作范围,当温度高于设定温度范围上限时,开启空调降温功能,使机巢内部环境温度达到正常工作范围;湿度传感器用于检测机巢内环境湿度,当机巢内湿度高于设定阈值时,开启空调抽湿功能;烟雾传感器用于检测机巢内烟雾浓度。

[0179] 在本实施例中,所述机巢外环境信息包括:风速、风向、机巢外温度、机巢外湿度、雨量、气压、光照强度和能见度;

[0180] 所述机巢外环境信息采用风速传感器、风向传感器、温度传感器、湿度传感器、雨量计、气压计、光敏传感器和能见度传感器进行采集;

[0181] 其中,风速传感器用于机巢所在位置的风速测量;风向传感器用于风向测量;温度传感器用于环境温度测量;湿度传感器用于环境湿度测量;雨量计用于降雨情况下雨量测量,可用于区分小雨、中雨、大雨等;气压计用于测量本地气压;光敏传感器用于测量当前光照强度;能见度传感器可对大气能见度进行连续输出。

[0182] 在本实施例中,上述若干个传感器将采集的数据通过无线通信进行传输。

[0183] 作为可选择的实施方式,无线通信可采用UWB无线通信技术,具备低功耗、数据传

输速率高、抗干扰能力强、穿透能力强等特点。

[0184] 可以理解的,采用UWB无线通信只是本实施例给出一种可实现的实施方式,但并不限于该种无线通信方式,在更多实施例中,也可根据现场实际情况采用其他无线通信方式,如4G、5G 等。

[0185] 可以理解的,本实施例只是列举了集中现场常用的数据类型及传感器类型,在更多实施例中,可以根据实际情况增加传感器类型或删除传感器类型。

[0186] 在本实施例中,通过各类传感器对机巢内、外环境数据进行采集,并对采集的传感数据进行预处理,所述预处理包括:通过滑动平均低通滤波器对传感器数据进行预处理,滤除跳变或异常环境信息,获得预处理后相对平稳的环境信息;

[0187] 作为可选择的实施方式,所述滑动平均低通滤波器模型为取N点滑动平均滤波器的输出: $y(n) = [x(n-N+1) + x(n-N+2) \dots + x(n)] / N$ 。

[0188] 在本实施例中,根据任务指令对影响因素进行划分,以针对不同任务指令结合所需影响因素进行飞行条件的判断;

[0189] 如图18所示,具体地,任务指令包含无人机存储、无人机充电、无人机巡检、机巢自检、机巢开关动作、机巢开启状态、无人机飞行任务、无人机精降、无人机备降等;

[0190] 具体地,无人机存储、无人机充电以及机巢自检的主要影响因素为机巢内环境信息,包括机巢内温度、机巢内湿度和机巢内烟雾浓度;

[0191] 无人机巡检的主要影响因素包括:风速、风向、机巢外温度、雨量、气压计、光照强度、能见度;

[0192] 机巢开关动作的主要影响因素为雨量情况、机巢内烟雾浓度;

[0193] 无人机飞行任务中的主要影响因素为风速、风向、气压计、能见度;

[0194] 无人机精降的主要影响因素为风速、风向、光照强度、能见度;

[0195] 无人机备降的主要影响因素为风速、风向。

[0196] 作为可选择的实施方式,以无人机存储任务为例,结合该任务条件下的环境影响因素,通过阈值判断法进行任务适合条件判断,如图19所示:

[0197] 获取机巢内温度、机巢内湿度和机巢内烟雾浓度;

[0198] 预设温度阈值、湿度阈值和烟雾阈值;

[0199] 判断机巢内温度是否满足温度阈值条件,若不满足,则机巢内温度异常;

[0200] 若满足,则判断机巢内湿度是否满足湿度阈值条件,若不满足,则机巢内湿度异常;

[0201] 若满足,则通过烟雾阈值判断机巢内是否有烟雾,若有,则机巢内烟雾异常,若无,则机巢内部环境正常,无人机可正常返仓。

[0202] 作为可选择的实施方式,当前判断结果和异常因素打包成报文信息进行推送,对应任务的输出采用U8类型的数据表示当前判断结果及异常因素,其中,01为任务编号,后面的8位数据用于表示判断结果,判断结论处为综合环境判断结果0为异常,1为适宜;后面依次为传感器判断结论,0为当前环境项异常,否则环境适合,当环境判断结果为1时,传感器判断结果均为1,否则通过传感器所在位置的寄存器数据判读出当前哪个环境不满足当前任务需求,依次类推形成不同任务下的报文信息,可根据当前任务状态直接调用判断结果,并做出是否执行任务的决策。

- [0203] 作为可选择的实施方式,报文信息以不低于设定速率对外进行发送。
- [0204] 作为可选择的实施方式,上述方法可应用于单机巢以及在单机巢感知范围执行飞行任务的无人机,具体包括:
- [0205] 获取单机巢的内环境信息和单机巢感知范围内的机巢外环境信息;
- [0206] 根据飞行指令确定对应的飞行影响因素,以在单机巢的外环境信息中调取对应的飞行环境数据;根据飞行环境数据判断飞行条件,若飞行环境数据不满足飞行条件时,控制无人机返航;
- [0207] 根据返航指令确定对应的降落影响因素,以在单机巢的外环境信息和内环境信息中调取对应的降落环境数据和返仓环境数据;根据降落环境数据控制无人机的降落方式,根据返仓环境数据调整机巢内环境,直至无人机返回机巢内。
- [0208] 在该实施方式中,采用一巢一机的方式,无人机的飞行任务均处于机巢的感知范围内,所以机巢能够实时采集无人机在飞行任务过程中,以及返航的环境信息,从而进行条件判断。
- [0209] 作为可选择的实施方式,若无人机飞出了机巢的感知范围,则采用网格化部署的多个机巢以及在机巢感知范围执行飞行任务的无人机的方法,具体方法包括:
- [0210] 获取机巢内环境信息和感知范围内的机巢外环境信息;
- [0211] 根据无人机位置选定的目标机巢,根据飞行指令确定对应的飞行影响因素,并在其机巢外环境信息中调取对应的飞行环境数据;根据飞行环境数据判断飞行条件,若飞行环境数据不满足飞行条件时,控制无人机返航;
- [0212] 根据返航指令确定对应的降落影响因素,以在目标机巢的机巢外环境信息和机巢内环境信息中调取对应的降落环境数据和返仓环境数据;根据降落环境数据控制无人机的降落方式,根据返仓环境数据调整机巢内环境,直至无人机返回目标机巢内。
- [0213] 在该实施例中,机巢间的距离不超出其感知距离,即若无人机飞出了其中一个机巢的感知范围,则会落入另一个机巢的感知范围内,所以根据无人机位置,判断无人机是否落入机巢的感知范围内,以落入感知范围的机巢为目标机巢,由目标机巢采集无人机在飞行任务过程中以及返航的环境信息;
- [0214] 若两个机巢的感知范围重叠,则根据无人机与机巢的距离,以距离最近的机巢为目标机巢。
- [0215] 在本实施例中,上述方法的无人机飞行条件判断流程,具体包括:
- [0216] 接收传感器信息及任务指令;
- [0217] 根据任务指令,判断任务类别,进行任务分解;
- [0218] 若是巡检指令,判断当前机巢外环境是否适宜巡检任务;如果不允许,则终止任务,并上传任务终止原因;
- [0219] 若适宜执行任务,则进行机巢自检;
- [0220] 机巢自检通过后,无人机起飞,执行巡检任务;
- [0221] 在巡检任务执行过程中,判断外环境是否出现巡检不利条件;
- [0222] 如果外环境不适宜飞行或无人机接收到返航指令,则无人机返航,并判断当前环境是否满足精降条件;
- [0223] 如果满足精降,则执行无人机精降,同时判断机巢是否满足无人机的存储和充电,

如果机巢内环境异常,调整机巢内环境,直至无人机能够实现充电和存储;

[0224] 如果不满足精降,则执行无人机备降;

[0225] 如果不满足无人机备降,则无人机强行降落,且上传迫降状态和不利因素。

[0226] 在本实施例中,调整机巢内环境的过程包括:

[0227] 若机巢内温度低于设定温度范围下限时,通过控制空调加热功能使机巢内温度达到正常工作范围;

[0228] 当机巢内温度高于设定温度范围上限时,开启空调降温功能,使机巢内部环境温度达到正常工作范围;

[0229] 当机巢内湿度高于设定阈值时,开启空调抽湿功能;

[0230] 若机巢内烟雾异常,则执行无人机备降。

[0231] 实施例5:

[0232] 如图20所示,本发明实施例5提供了一种无人机精准降落控制方法,利用实施例1或实施例2所述的网格化机巢的无人机巡检系统,包括以下过程:

[0233] 获取无人机的定位数据;

[0234] 根据获取的定位数据,判断无人机是否位于预设降落范围内,当无人机位于预设降落范围内时,执行下一步;否则控制无人机移动直至满足位置要求;

[0235] 当无人机位于距离降落点第一预设距离的位置时,获取无人机下方的图像数据或者视频数据,当根据获取的图像数据或者视频数据识别到精降范围码时,控制无人机下降第二预设距离,执行下一步;否则,控制无人机下降第三预设距离,再次进行精降范围码识别,直至识别到精降范围码;

[0236] 再次获取无人机下方的图像数据或者视频数据,当根据再次获取的图像数据或者视频数据识别到精降位置码时,控制无人机下降至距离降落点第四预设距离的位置,控制无人机降落。

[0237] 本实施例中,精降范围码和精降位置码是挨着的一大一小,大的叫精降范围码,在高空时使用,主要是用来确定无人机降落的大致位置,不断降落,调整位姿。小的叫精降位置码,到低空时,无人机开始识别,不断的调整位姿最后降落在这个小的无人机精降位置码。

[0238] 本实施例所述的方法,首先利用无人机RTK技术使无人机执行完任务可以快速准确的回到降落点上方,RTK技术可以使无人机飞行的误差达到厘米级,这样使无人机可以快速的回到降落点,不需要更新多次坐标;到达降落范围开启摄像搜索降落范围码,接收图像完成并在0.7s内识别完成返回无人机调整身姿,降落到20厘米高度实现盲降,实现无人机巡检任务完全自动化。

[0239] 实施例6:

[0240] 本发明实施例6提供了一种基于视觉移动跟踪的无人机巡检方法,利用实施例1或实施例2所述的网格化机巢的无人机巡检系统,其中:

[0241] 无人机上载有三轴云台、RTK定位模块和前端AI处理模块,三轴云台上安装相机和摄像机;所述相机为单目可变焦相机;所述摄像机用于获取杆塔的视频信息;其中,相机与摄像机集成在一个镜头。

[0242] RTK定位模块,用于定位无人机三维坐标信息;

[0243] 前端AI处理模块,用于拟合无人机飞控数据、RTK定位模块数据和变焦相机采集图像,下发飞控命令控制无人机飞行,控制云台调整相机角度和变焦,锁定巡检目标并拍照;利用视觉变焦广角相机在接近悬停点的飞行过程中拍摄照片,计算拍摄照片的坐标值(GPS值)和云台的姿态,通过相机成像原理识别出照片中的巡检目标;依据当前无人机GPS位置和三维速度和云台的姿态的滚转角、俯仰角和偏航角通过卡尔曼滤波算法调整无人机云台的位置,将变焦相机通过变焦锁定到杆塔目标检视点;最后进行拍照以完成对杆塔目标检视点的信息采集,从而提高巡检目标信息采集的准确性和采集图像的质量。

[0244] 在无人机的进入巡检目标和离开巡检目标之间飞行过程中,无人机始终按照设定航迹飞行,通过卡尔曼滤波算法拟合当前位置和速度数据实时调整云台姿态和相机变焦实现相机对巡检目标的移动追踪和锁定拍摄。

[0245] 在采用基于视觉移动跟踪方式来控制云台转动时,云台有 m 个自由度,云台转动的角速度为 $w = [w_1, \dots, w_m]$,末端的线速度为 $v = [v_1, \dots, v_m]$,两者具有如下关系:

$$[0246] \quad v = J_v \times w$$

$$[0247] \quad \text{其中, } J_v = \begin{bmatrix} \frac{\partial v_1}{\partial w_1} & \dots & \frac{\partial v_1}{\partial w_m} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \frac{\partial v_m}{\partial w_1} & \dots & \frac{\partial v_m}{\partial w_m} \end{bmatrix}$$

[0248] 计算大地坐标系转换到相机坐标系的旋转矩阵 R_{cw} :

$$[0249] \quad R_{cw} = R_{cwx}(\phi) \times R_{cwy}(\theta) \times R_{cwz}(\psi)$$

$$= \begin{bmatrix} \cos \theta \cos \psi & \cos \theta \sin \psi & -\sin \theta \\ \cos \psi \sin \theta \sin \phi - \cos \phi \sin \psi & \cos \phi \cos \psi + \sin \theta \sin \psi \sin \phi & \cos \theta \sin \phi \\ \sin \psi \sin \phi + \sin \theta \cos \psi \cos \phi & \sin \theta \sin \psi \cos \phi - \cos \psi \sin \phi & \cos \theta \cos \phi \end{bmatrix}$$

[0250] 其中,下标cw代表大地坐标系转换到相机坐标系的简称, $R_{cwx}(\phi)$ 、 $R_{cwy}(\theta)$ 、 $R_{cwz}(\psi)$ 代表从相机坐标系到大地坐标系需要绕着x、y、z轴旋转的矩阵, ϕ 、 θ 、 $\psi \in \left(-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right)$ 分别为

相机云台姿态的翻滚角、俯仰角和偏航角,根据相机的初始朝向,还需左乘一个初始旋转 R_{cw0} ,此时:

$$[0251] \quad R_{cw} = R_{cw0} \times (R_{cwx}(\phi) \times R_{cwy}(\theta) \times R_{cwz}(\psi))$$

$$[0252] \quad \text{式中, } R_{cw0} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix};$$

[0253] 如图21所示,具体步骤包括:

[0254] S1:依据巡检要求,无人机匀速进入悬停点前采用云台上的单目变焦(长焦模式)相机获取巡检目标实时广角图像,并进入下一步;

[0255] S2:判断巡检目标是否位于拍摄获取的实时图像中,若是,则进入S4;否则,“0”形控制云台姿态搜寻实时图像中巡检目标,搜寻到后进入下一步;

[0256] S3:前端AI处理模块根据实时图像中巡检目标位置,无人机拍摄位置,三轴云台姿态等信息采用卡尔曼滤波算法拟合出需要调整的无人机位置和云台姿态位置以及相机焦距模式,转入执行 S2;

[0257] S4:无人机匀速到达悬停点前过程中,调整云台上的单目变焦(近焦模式)相机,前端AI 处理模块依据无人机匀速飞行三维方向,实时反向调整三轴云台的姿态,以达到单目变焦相机实时图像的中央位置锁定巡检目标,并进入下一步;

[0258] S5:无人机到达悬停点位置,即巡检目标正前方正面方向,确认单目变焦相机实时图像的中央位置锁定检视点并拍照,并进入下一步;

[0259] S6:相机拍摄完成,前端AI处理模块处理照片,控制无人机执行下一个悬停点任务,重新执行S1,直到完成所有悬停点拍摄并安全返航;

[0260] 进一步地,所述S2的具体过程为:

[0261] 采用Faster-RCNN算法将图片输入CNN,进行特征提取;然后判断图片中是否存在巡检目标。

[0262] 进一步地,所述S3的具体过程为:

[0263] 该步骤是假设通过S2已经识别到图像中存在巡检目标物体;

[0264] S3.1:根据图像中检视点目标物体的位置决定云台的转动方向,云台的转动方向为使得杆塔向图像中心偏移的方向;先将云台转动最小单位,获取当前位置处的杆塔图像,并提取其特征;

[0265] S3.2:匹配前后两张图片特征,并计算其匹配点在像素点的偏移量;

[0266] S3.3:根据特征偏移量与云台转动量之间的线性映射关系,得到云台转动量。

[0267] S3.4:按照转动量调整云台姿态,重新执行S2。

[0268] 进一步地,所述S4的具体过程为:

[0269] 假设初始状态即步骤3中所述,已经将巡检目标位于相机图像中央位置;

[0270] S4.1:通过无人机上RTK和加速度计计算出当前无人机位置和即将运动三维矢量方向P;

[0271] S4.2:调整云台相机的运行矢量刚好与无人机的运动矢量大小相等,方向相反;

[0272] S4.3:按照S4.2所述方法,计算当前时刻相机中央目标物在像素上的偏移量,如果无偏移量即认为云台相机移动追踪巡检目标物体是相对静止状态,否则进入下一步;

[0273] S4.4:根据图像中央像素特征偏移量与云台转动量之间的线性映射关系,得到云台转动量,然后对云台相机进行微调,重新将云台相机中央锁定检视点目标物体。

[0274] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,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。

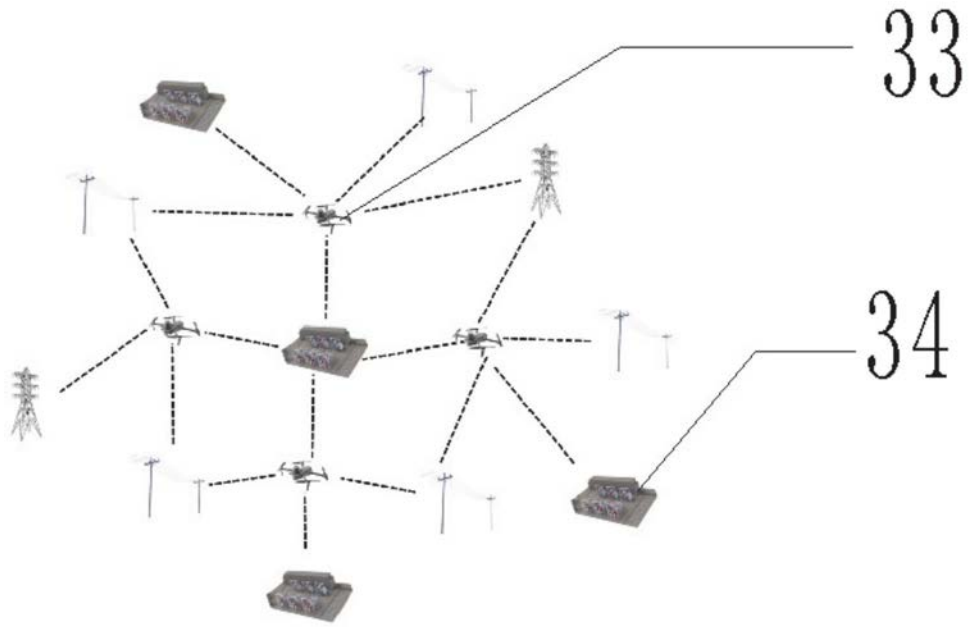


图1

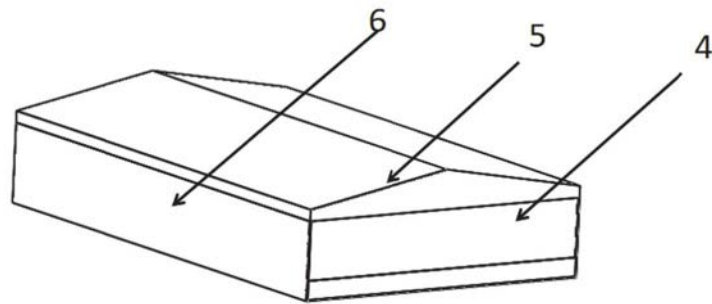


图2

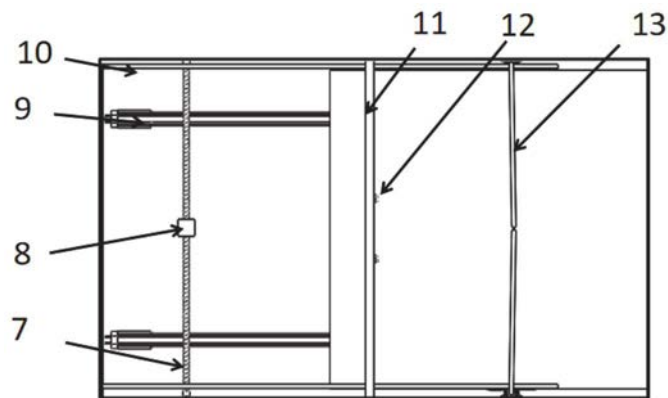


图3

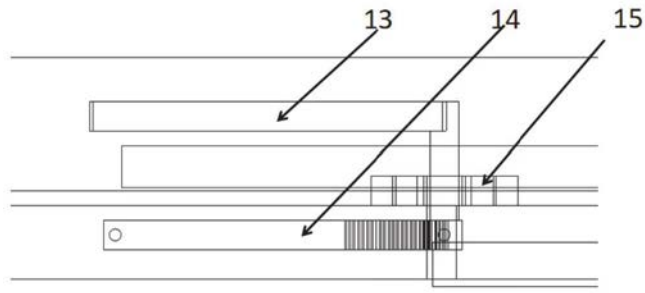


图4

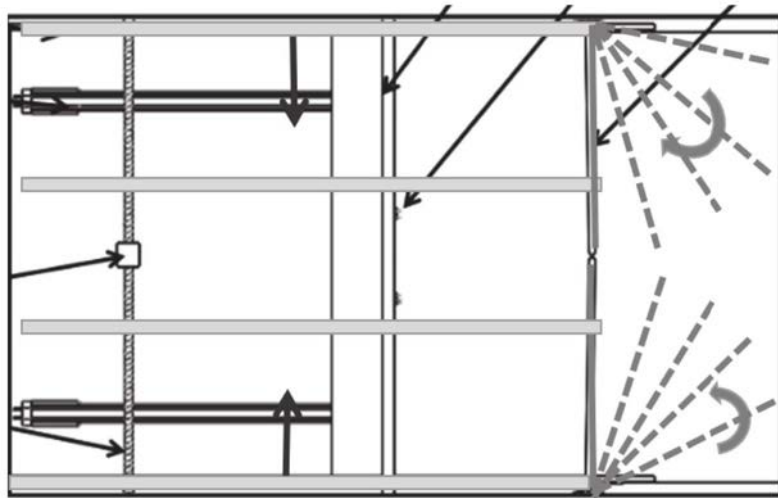


图5

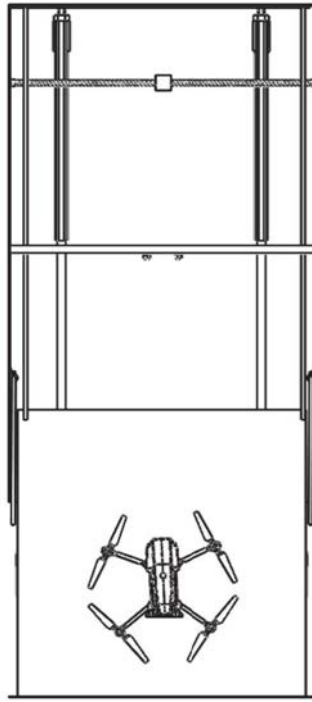


图6 (a)

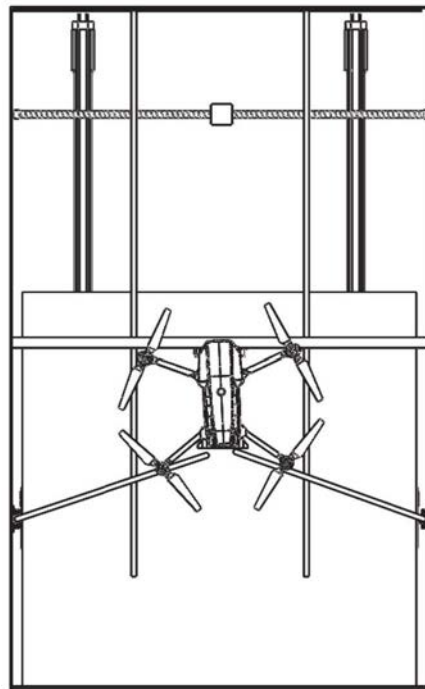


图6 (b)

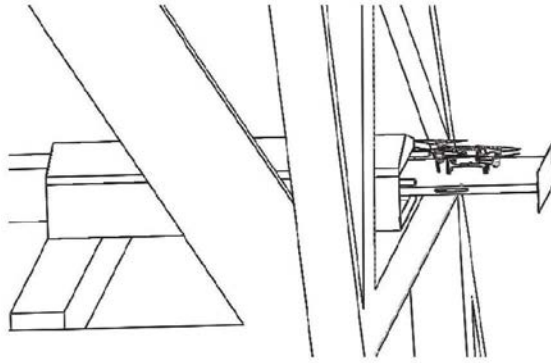


图7 (a)

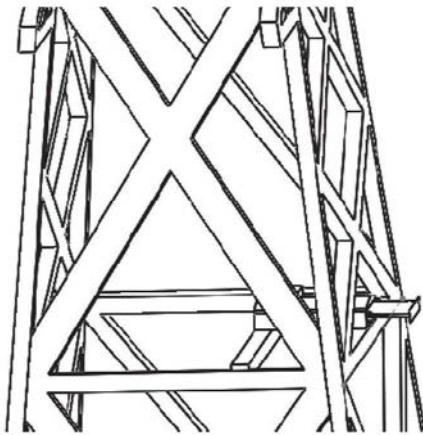


图7 (b)

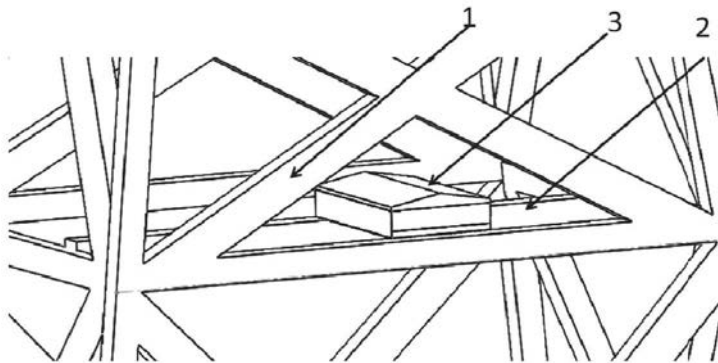


图8

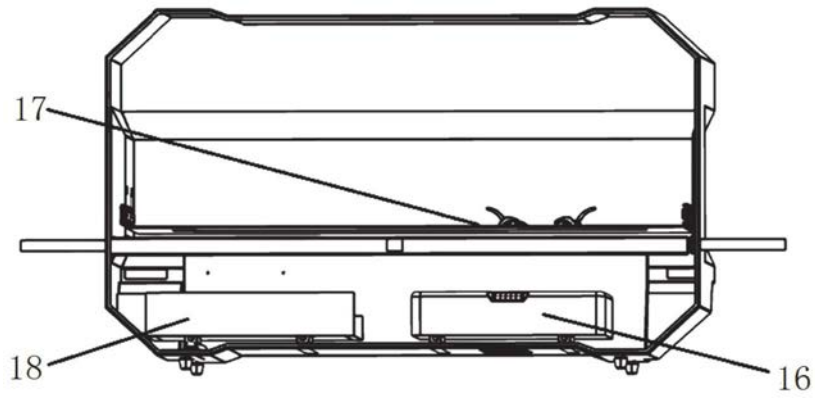


图9(a)

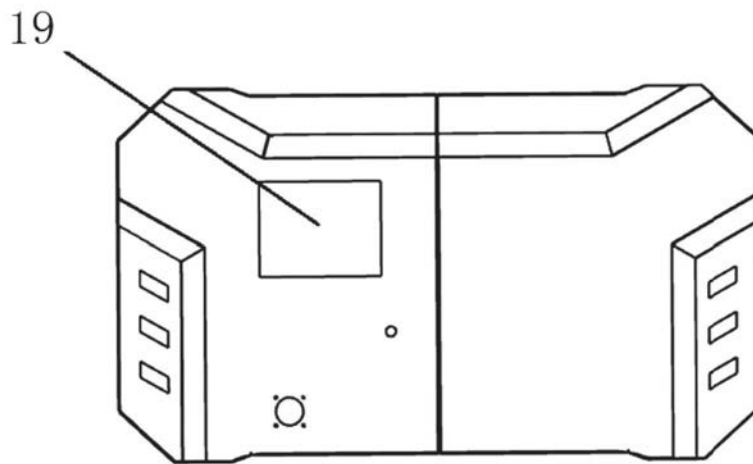


图9(b)

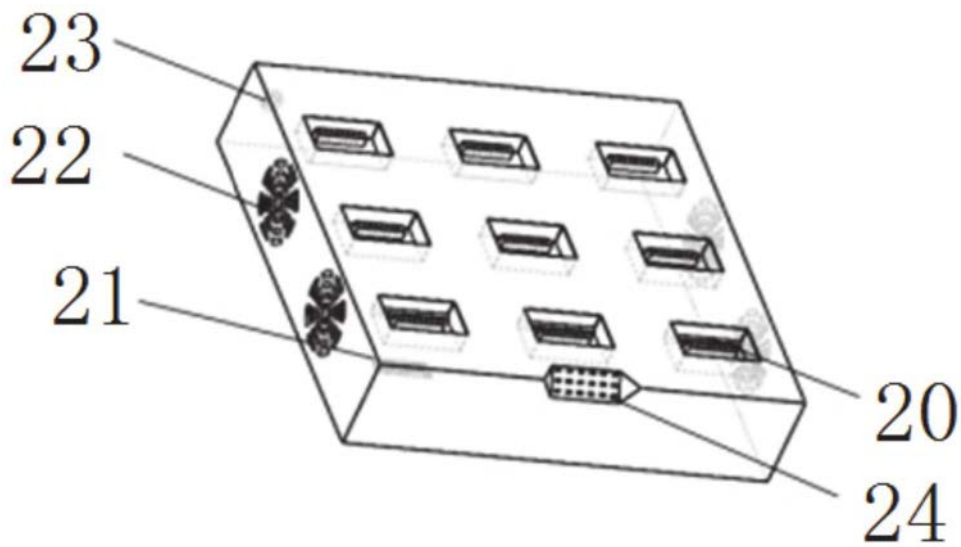


图10

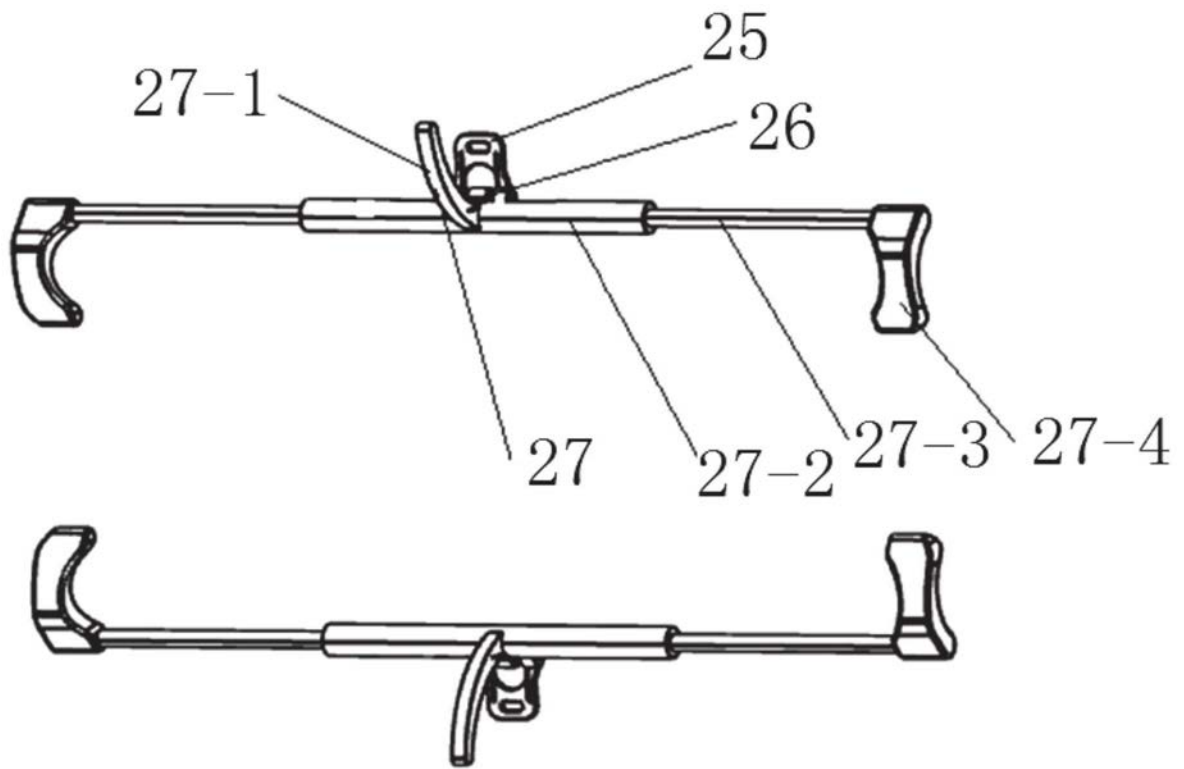


图11

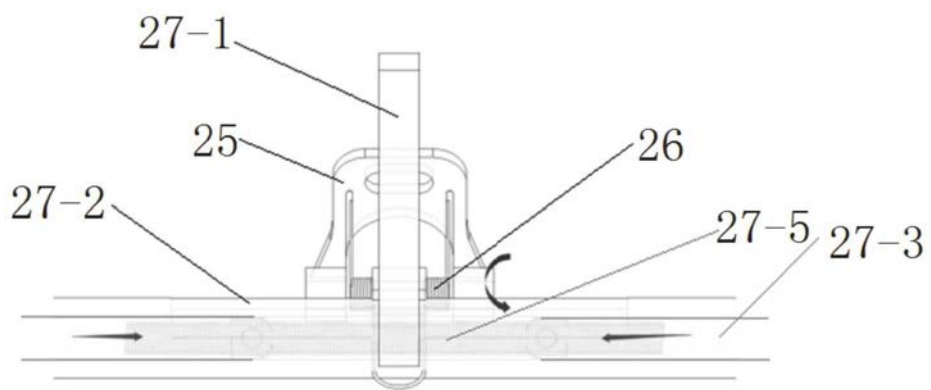


图12

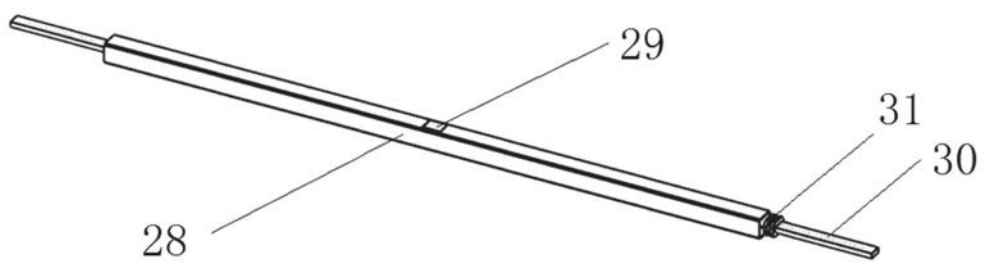


图13(a)

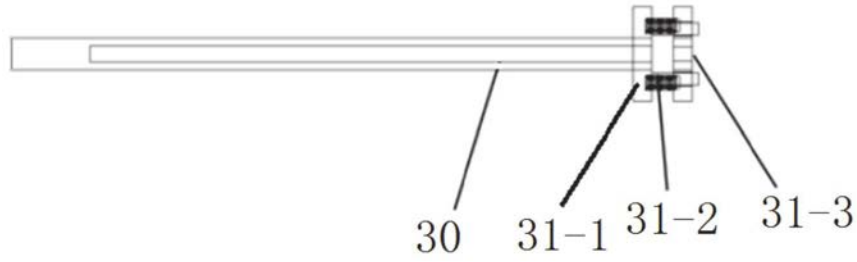


图13 (b)

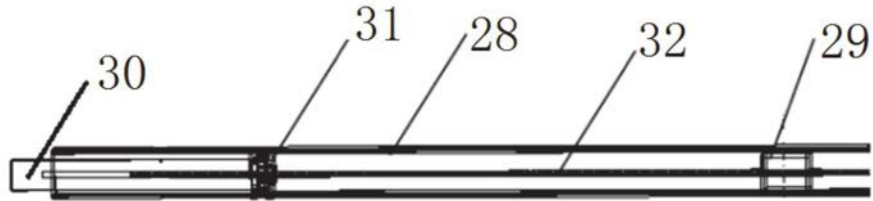


图14

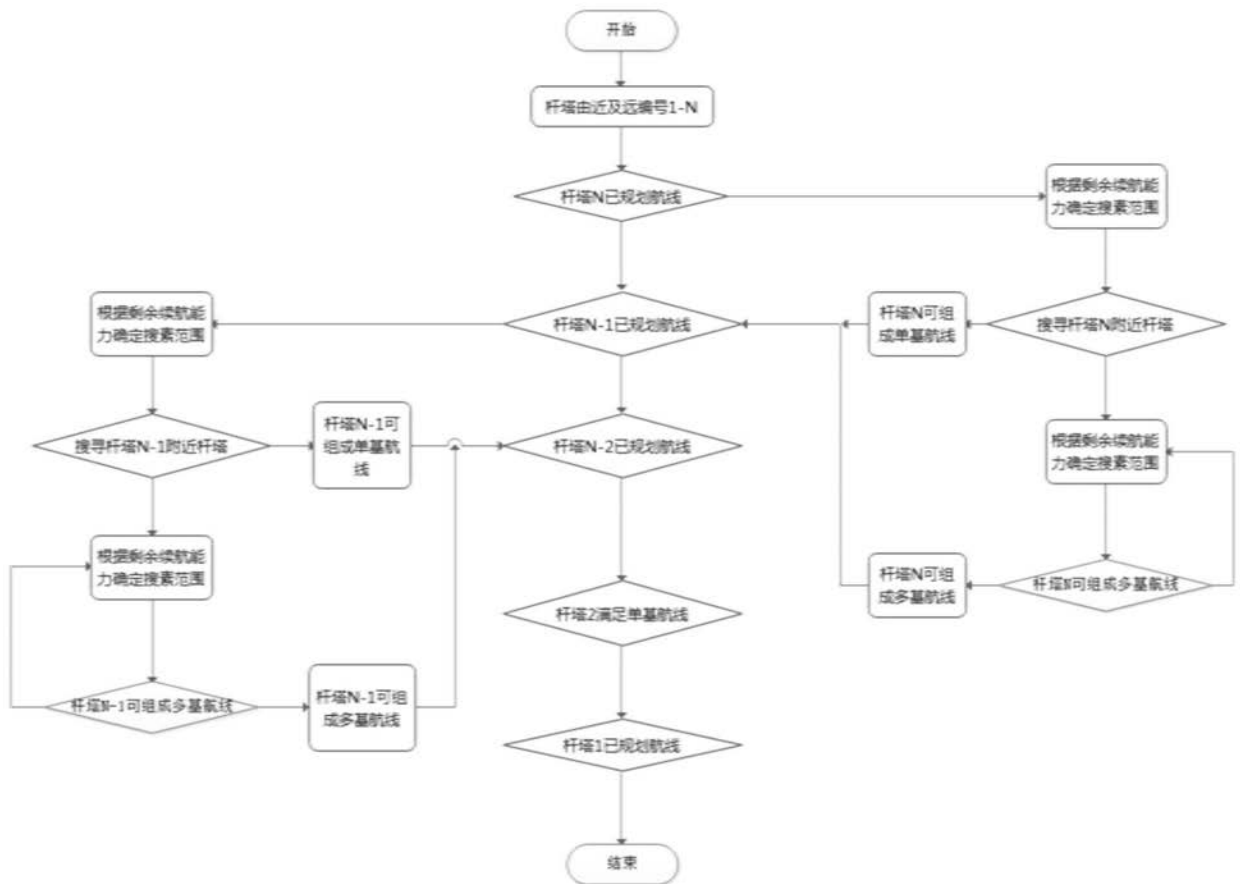


图15



图16

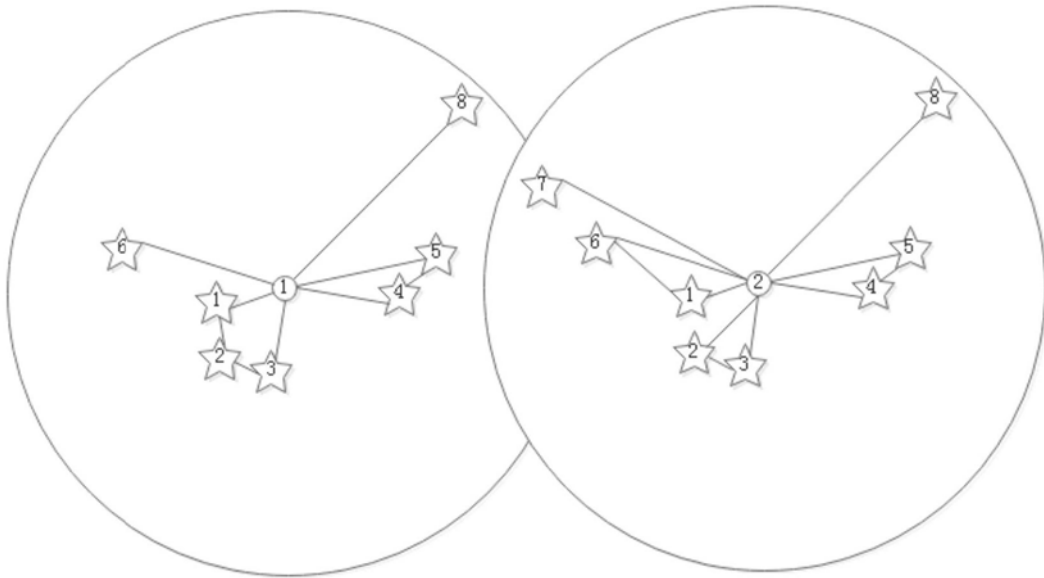


图17

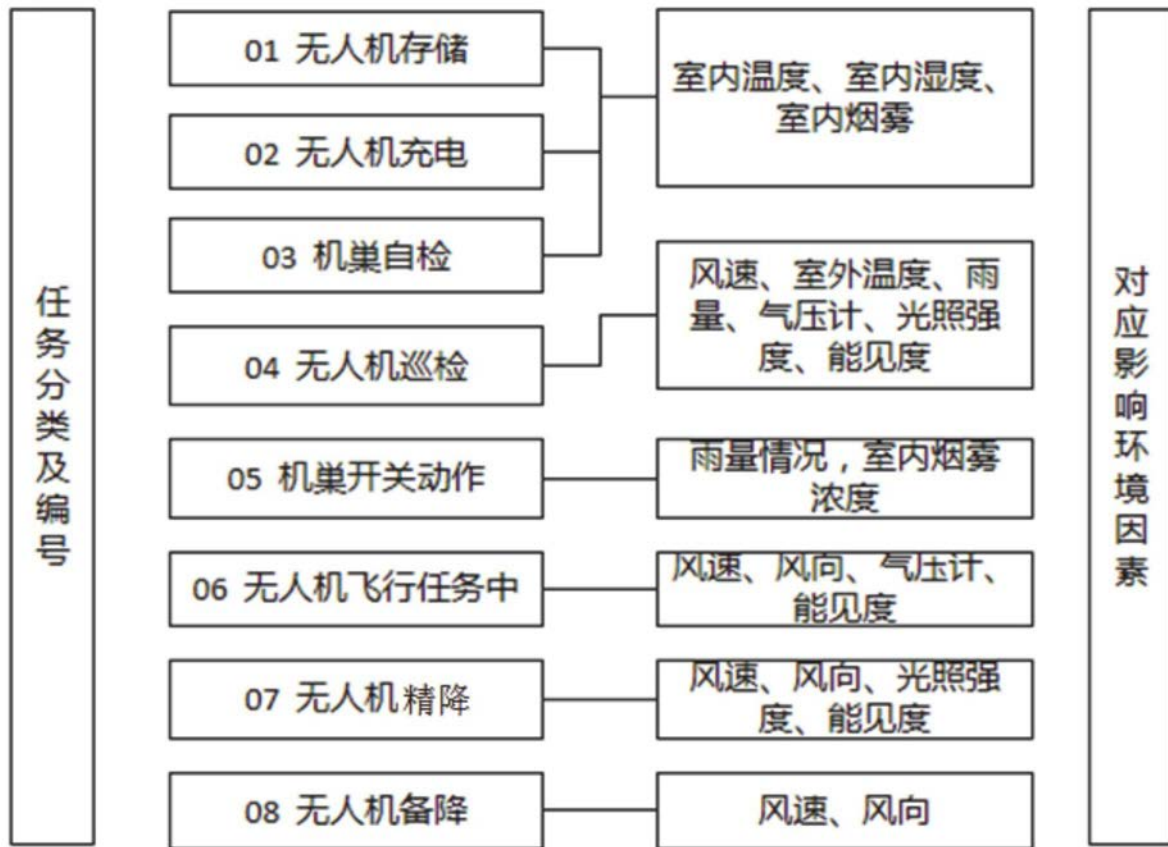


图18

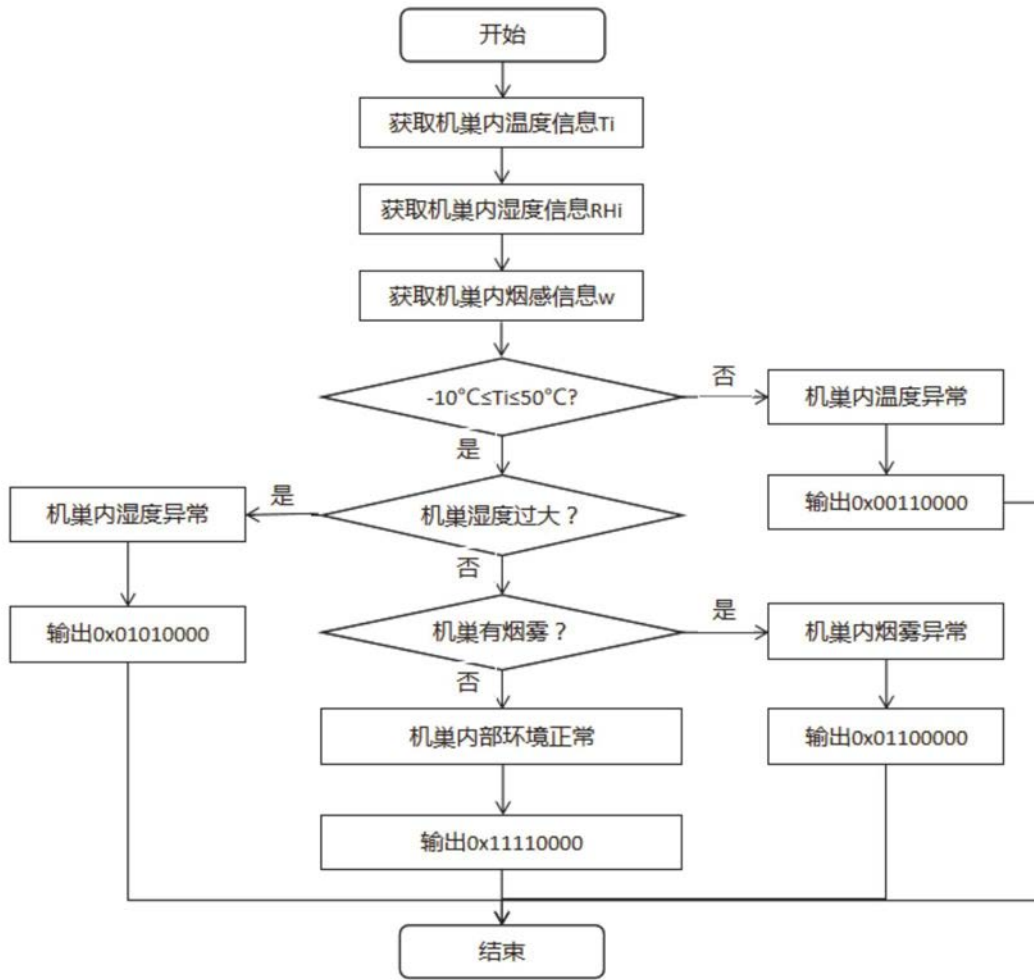


图19

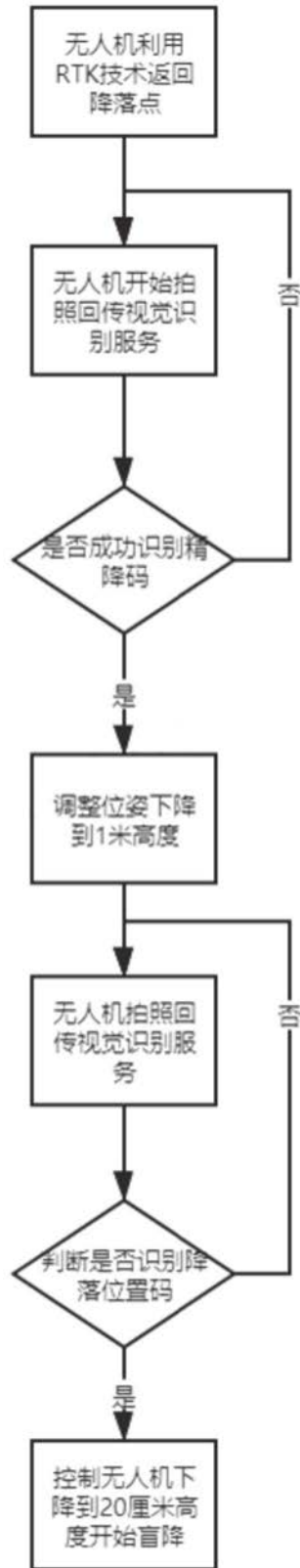


图20

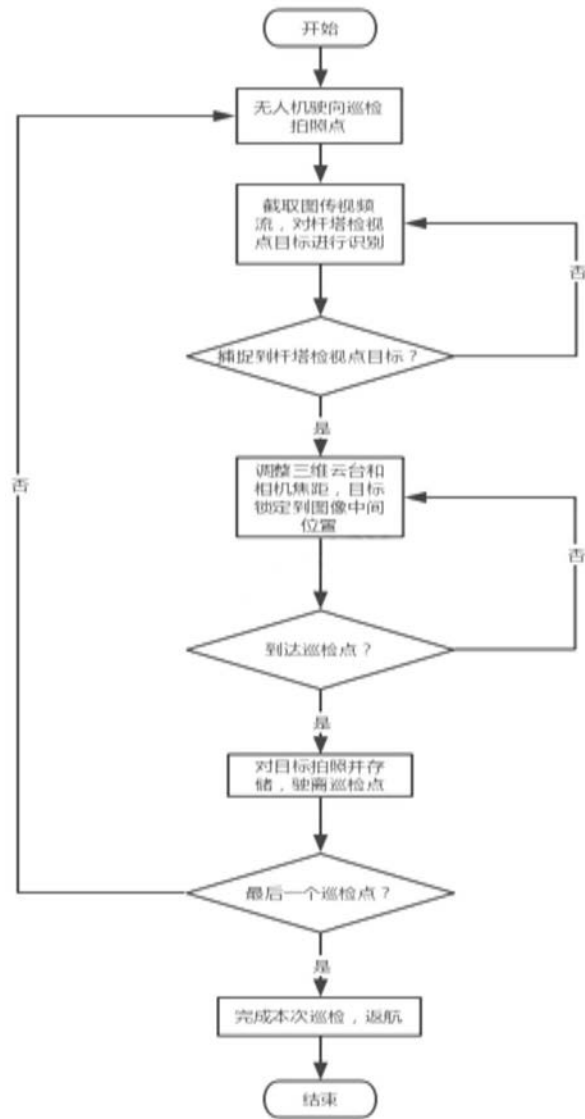


图21