(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110825100 A
(43)申请公布日 2020.02.21

(21)申请号 201911229966.1

(22)申请日 2019.12.04

(71)申请人 深圳市益鑫智能科技有限公司
地址 518000 广东省深圳市南山区西丽街道高新科技园朗山二路5号金汇球大厦三楼F1

(72)发明人 韦焕生

(51)Int.Cl.
G05D 1/08(2006.01)
G05D 1/10(2006.01)

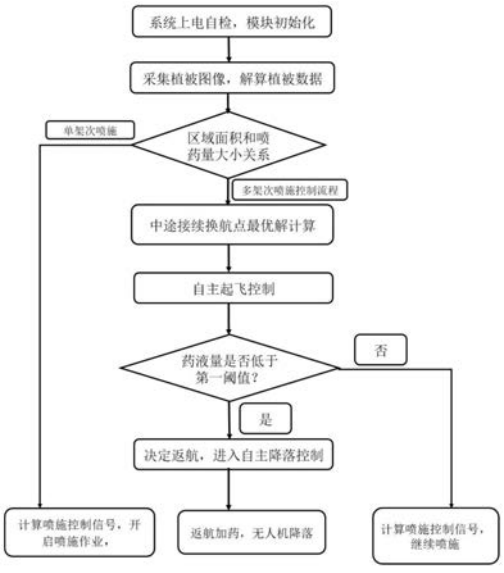
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种植保固定翼无人机自主起飞降落控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种植保固定翼无人机自主起飞降落控制方法，包括无人机飞行控制系统、无人机地面控制站、飞行参数获取模块、图像采集与处理模块、飞行姿态控制模块、喷施控制模块、以及电源模块。无人机在执行多架次接续飞行喷施作业时，实现换航点之间自主起飞和自主降落，从而避免了喷施路线的重复以及喷施药液量的浪费，提高了多架次植保无人机喷施作业的效率。



CN 110825100 A

1.一种植保固定翼无人自主起飞降落控制方法,其特征在于,包括多架次无人机,无人机飞行控制系统、无人机地面控制站、飞行参数获取模块、图像采集与处理模块、飞行姿态控制模块、喷施控制模块、以及电源模块;自主起飞降落控制方法具体如下:

步骤1:无人机及地面控制站上电自检,地面控制站发送控制指令,进行飞行控制系统初始化,喷施控制模块初始化,图像采集与处理模块初始化;

步骤2:进入自动巡航流程,图像采集与处理模块启动,通过高清摄像机获取待作业区域的植被图像,经图像处理算法后,得到植被图像数据;

步骤3:对上述植被图像数据进行计算,判断待作业区域面积与喷药箱药液容量之间的关系,若喷药箱容量不足以完成作业区域喷施,则执行多架次喷施作业,进入步骤4,否则执行单架次区域喷施作业,进入步骤7;

步骤4:进行药液补充与中途返航点计算,确定多架次无人机的中途接续换航点,进行各架次喷药量和返航点优化计算;

步骤5:无人机进入自主起飞控制流程,准备执行喷施作业;

步骤6:当无人机喷药箱药液容量低于容量第一阈值L1时,通知无人机返航降落,进入自主降落控制流程,下一架无人机接续飞行,重复上述步骤5,直至完成所有喷施作业区域。

步骤7:读取图像采集与处理模块缓存的植被图像数据,根据经验函数,计算变量喷施控制信号;驱动电磁阀,开启喷施作业,并实时读取喷药箱液位传感器数据,判断药液容量,当药液容量低于容量第一阈值L1时,通知无人机返航。

2.如权利要求1所述的一种植保固定翼无人自主起飞降落控制方法,其特征在于:所述步骤2中,所述步骤2中得到的植被图像数据具体为作业区域面积数据S、植被类型V、植被行数R、植被列数C。

3.如权利要求1所述的一种植保固定翼无人自主起飞降落控制方法,其特征在于:所述步骤3中,图像采集与处理模块在获得喷施作业区图像之后,首先进行图像灰度二值化处理,基于图像的空间分布,得到图像的空间邻近度和像素值相似度,并结合图像灰度相似性,实现背景去噪,得到植被的轮廓图像,此外,图像处理系统内存中预存储有待作业植被区域的轮廓数据库,将通过采集与处理后得到的图像植被轮廓,与内存数据库中的植被轮廓进行比对,从而得到相应的植被先验类型匹配值,并将该匹配值传输给飞行控制系统。

4.如权利要求1所述的一种植保固定翼无人自主起飞降落控制方法,其特征在于:所述步骤4中,当进行多架次无人机接续作业时,首先计算作业航线总长度F,单架次作业的最大航线长度Fm,当F是Fm的整数倍时,不再进行航线规划,按无人机在药液耗尽时执行返航,同时启动另一架无人机接续飞行;当F不是Fm的整数倍时,至少进行一次中途返航,进行返航能耗最小点最优求解,并将该点坐标作为返航点。

5.如权利要求1所述的一种植保固定翼无人自主起飞降落控制方法,其特征在于:所述步骤5中,无人机自主起飞控制流程如下,设置起飞高度,根据上一架次巡航作业时的飞行高度,来设置起飞高度,通过GIS获取当前位置坐标点,并把当前位置点作为返航点,将接续换航点作为目标航点,无人机自动起飞,飞行控制系统控制植保无人机的姿态,使植保无人机匀速直线飞行至目标航点位置。

6.如权利要求1所述的一种植保固定翼无人自主起飞降落控制方法,其特征在于:所述步骤6中,自主降落控制流程如下,当通知无人机返航时,飞控系统读取预存储的返航点,将

整个作业区域原点作为目标航点，植保无人机保持当前高度先移动至返航点位置的上方，然后飞行控制系统根据采集到的实时高度信息，调控植保无人机的飞行速度，减速降落到目标航点。

7.如权利要求2所述的一种植保无人自主起飞降落控制方法，其特征在于：所述步骤7中，喷施控制信号P与作业区域面积数据S、植被类型V、植被行数R、植被列数C之间的数值函数关系，其中

$P = V * \sqrt{\frac{S}{(R-1)*(C-1)}} \sin(\omega t + \theta)$，其中ω是PWM电路工作周期，θ是晶闸管导通角。

8.如权利要求1所述的一种植保无人自主起飞降落控制方法，其中容量第一阈值L1为0.5升。

一种植保固定翼无人机自主起飞降落控制方法

【技术领域】

[0001] 本发明涉及一种植保固定翼无人机自主起飞降落控制方法，属于农业植保无人机技术领域。

【背景技术】

[0002] 新世纪以来，高效农业与精准农业的观念渐渐深入人心，植保无人机也得到越来越多的关注。随着相关技术的不断完善和推广，以高效、便利为特色的农业植保无人机将逐渐改变农业领域依靠人力作业的传统模式，成为农情监测和农业植保的主要手段和中坚力量。

[0003] 随着植保无人机技术的逐渐成熟，越来越多的国家将其应用于实际生产作业中。比如在澳大利亚、巴西等以畜牧为主的国家中，农用无人机多被用来监控草场生长、牧群定位以及及时获得病虫害信息等。韩国也于2003年初开始引进无人机用于航空植保作业，并且韩国的农用无人机数量和无人机作业面积都在逐年增加.

[0004] 我国在上世纪50年代初就已经开展了对航空植保飞机及施药技术的研究，只不过在当时由于国内相关的航空植保技术比较弱，所以作业飞机及设备基本都是从国外采购而来。直至1958年，才有南昌飞机厂生产出第一台农用飞机“运-5”，从而打破了国外对于航空植保技术的垄断。

[0005] 无人植保技术由于其快速高效得到人们的广泛重视，但是，由于作业面积大，单架次无人机很难携带足够重量的药液，因此，多架次无人机接续飞行作业是必须要解决的技术问题，如何在多架次换航之间提供较为快捷的自主起飞降落技术是本发明要解决的技术问题。(建议申请人将此优点加入说明书或权利要求书中以突出本申请的发明点的有益效果，现有技术的喷施规划都是药量快用完后才通过GPS定位来判断中途换航点

【发明内容】

[0006] 为解决植保无人机多架次飞行过程中接续作业面临的自主起飞降落问题，减少能量消耗，避免重复喷施。此外，本发明的基于无人机图像采集的预先喷施规划方法，其能够提前通过采集的图像信息判断待作业区域面积与喷药箱容量之间的关系，从而提前获得中途换航点进行喷施规划，以使得多无人机能够同时工作，本发明设计了如下技术方案。

[0007] 一种植保固定翼无人自主起飞降落控制方法，包括多架次无人机，无人机飞行控制系统、无人机地面控制站、飞行参数获取模块、图像采集与处理模块、飞行姿态控制模块、喷施控制模块、以及电源模块;航迹规划控制方法具体如下：

[0008] 步骤1:无人机及地面控制站上电自检，地面控制站发送控制指令，进行飞行控制系统初始化，喷施控制模块初始化，图像采集与处理模块初始化；

[0009] 步骤2:进入自动巡航流程，图像采集与处理模块启动，通过高清摄像机获取待作业区域的植被图像，经图像处理算法后，得到植被图像数据；

[0010] 步骤3:对上述植被图像数据进行计算，判断待作业区域面积与喷药箱容量之间的

关系，若喷药箱容量不足以完成作业区域喷施，则执行多架次区域航迹规划，进入步骤4，否则执行单架次区域航迹规划，进入步骤7；

[0011] 步骤4：进入药液补充与中途返航点计算，确定多架次无人机的中途接续换航点，进行各架次喷药量和返航点优化计算；

[0012] 步骤5：无人机进入自主起飞控制流程，准备执行喷施作业；

[0013] 步骤6：当无人机药箱药液容量低于容量第一阈值L1时，通知无人机返航降落，进入自主降落控制流程，下一架无人机接续飞行，重复上述步骤5，直至完成所有喷施作业区域。

[0014] 步骤7：读取图像采集与处理模块缓存的植被图像数据，根据经验函数，计算变量喷施控制信号；驱动电磁阀，开启喷施作业，并实时读取喷药箱液位传感器数据，判断药液容量，当药液容量低于容量第一阈值L1时，通知无人机返航；

[0015] 更进一步的，所述步骤5中，无人机自主起飞控制流程如下，设置起飞高度，根据上一架次巡航作业时的飞行高度，来设置起飞高度，通过GIS获取当前位置坐标点，并把当前位置点作为返航点，将接续换航点作为目标航点，无人机自动起飞，飞行控制系统控制植保无人机的姿态，使植保无人机匀速直线飞行至目标航点位置。

[0016] 更进一步的，所述步骤6中，自主降落控制流程如下，当通知无人机返航时，飞控系统读取预存储的返航点，将整个作业区域原点作为目标航点，植保无人机保持当前高度先移动至返航点位置的上方，然后飞行控制系统根据采集到的实时高度信息，调控植保无人机的飞行速度，减速降落到目标航点。

[0017] 更进一步的，步骤3中，图像采集与处理模块在获得喷施作业区图像之后，首先进行图像灰度二值化处理，基于图像的空间分布，得到图像的空间邻近度和像素值相似度，并结合图像灰度相似性，实现背景去噪，得到植被的轮廓图像。此外，图像处理系统内存中预存储有待作业植被区域的轮廓数据库，将通过采集与处理后得到的图像植被轮廓，与内存数据库中的植被轮廓进行比对，从而得到相应的植被先验类型匹配值，并将该匹配值传输给飞行控制系统。

[0018] 更进一步的，所述步骤4中，当进行多架次无人机接续作业时，首先计算作业航线总长度F，单架次作业的最大航线长度Fm，当F是Fm的整数倍时，不再进行航线规划，按无人机在药液耗尽时执行返航，同时启动另一架无人机接续飞行；当F不是Fm的整数倍时，至少进行一次中途返航，进行返航能耗最小点最优求解，并将该点坐标作为返航点。

[0019] 更进一步的，本发明申请人在经过多次探索和试验后得出了喷施控制变量P与作业区域面积数据S、植被类型V、植被行数R、植被列数C之间的数值函数关系，其中

[0020] $P = V * \sqrt{\frac{S}{(R-1)*(C-1)}} \sin(\omega t + \theta)$，其中ω是PWM电路工作周期，θ是晶闸管导通角。

[0021] 所述无人机飞行控制系统，负责与地面站进行数据传输和飞行数据处理，接受地面控制站的人工控制指令。

[0022] 所述飞行参数获取模块，用于获取无人机飞行状态参数，包括飞行高度、飞行速度。

[0023] 所述图像采集与处理模块用于对地面喷施作业区进行图像采集，并基于图像处理算法获得待喷施作业植被图像数据。

[0024] 所述喷施控制模块，用于根据图像采集与处理模块采集的图像数据，以及无人机的飞行控制状态参数，综合执行喷施流量控制，从而确保无人机实现根据地面植被类型以及当前飞行状态等参数动态调整喷施量。

[0025] 所述地面控制站与所述无人机飞行控制系统进行远程数据传输，使得飞行控制系统可以接受地面工作人员的控制数据，从而实现无人机远程控制。

[0026] 所述电源模块为上述各模块提供相应的供电电源。

[0027] 更进一步的，所述图像采集与处理模块为高清度遥感摄像机，其通过遥感拍摄地面喷施作业区域图像，基于图像处理算法，获取喷施作业区域的面积，植被种类、植被行数、植被列数，并将该数据传输给无人机飞行控制系统。

[0028] 更进一步的，所述飞行参数获取模块为基于GPS/INS的捷联惯导系统，可以实时准确的获取无人机的飞行高度、飞行速度。

[0029] 更进一步的，所述电源模块为大容量，可充电，长续航能力的锂电池组。

[0030] 更进一步的，所述无人机地面控制站，通过无线通信网络，如WIFI或4G与无人机飞行控制系统进行远程数据传输。

[0031] 更进一步的，所述容量第一阈值L1为0.5升。

[0032] 可选的，所述喷药箱容量约为5L-10L，挂载在无人飞行器的正下方，隔膜泵的正上方，出水口与隔膜泵入水口相连；所述隔膜泵用于提供药液喷施压力。所述PWM控制模块采用MOSFET触发开关驱动模块，用于将PWM占空比信号转化成隔膜泵驱动电压信号。电磁阀用于控制喷头喷施的开启和关闭。喷药箱顶部具有液位传感器，可以实时获得喷药箱内部药液容量数据。

【附图说明】

[0033] 附图1为本发明植保无人机自主起飞降落控制算法流程图。

【具体实施方式】

[0034] 为解决植保固定翼无人机多架次飞行过程中接续作业面临的自主起飞降落问题，减少能量消耗，避免重复喷施，本发明设计了如下技术方案。

[0035] 一种植保固定翼无人自主起飞降落控制方法，包括多架次无人机，无人机飞行控制系统、无人机地面控制站、飞行参数获取模块、图像采集与处理模块、飞行姿态控制模块、喷施控制模块、以及电源模块；航迹规划控制方法具体如下：

[0036] 步骤1：无人机及地面控制站上电自检，地面控制站发送控制指令，进行飞行控制系统初始化，喷施控制模块初始化，图像采集与处理模块初始化；

[0037] 步骤2：进入自动巡航流程，图像采集与处理模块启动，通过高清摄像机获取待作业区域的植被图像，经图像处理算法后，得到植被图像数据；

[0038] 步骤3：对上述植被图像数据进行计算，判断待作业区域面积与喷药箱容量之间的关系，若喷药箱容量不足以完成作业区域喷施，则执行多架次区域航迹规划，进入步骤4，否则执行单架次区域航迹规划，进入步骤7；

[0039] 步骤4：进入药液补充与中途返航点计算，确定多架次无人机的中途接续换航点，进行各架次喷药量和返航点优化计算；

[0040] 步骤5:无人机进入自主起飞控制流程,准备执行喷施作业;

[0041] 步骤6:当无人机药箱药液容量低于容量第一阈值L1时,通知无人机返航降落,进入自主降落控制流程,下一架无人机接续飞行,重复上述步骤5,直至完成所有喷施作业区域。

[0042] 步骤7:读取图像采集与处理模块缓存的植被图像数据,根据经验函数,计算变量喷施控制信号;驱动电磁阀,开启喷施作业,并实时读取喷药箱液位传感器数据,判断药液容量,当药液容量低于容量第一阈值L1时,通知无人机返航;

[0043] 更进一步的,所述步骤5中,无人机自主起飞控制流程如下,设置起飞高度,根据上一架次巡航作业时的飞行高度,来设置起飞高度,通过GIS获取当前位置坐标点,并把当前位置点作为返航点,将接续换航点作为目标航点,无人机自动起飞,飞行控制系统控制植保无人机的姿态,使植保无人机匀速直线飞行至目标航点位置。

[0044] 更进一步的,所述步骤6中,自主降落控制流程如下,当通知无人机返航时,飞控系统读取预存储的返航点,将整个作业区域原点作为目标航点,植保无人机保持当前高度先移动至返航点位置的上方,然后飞行控制系统根据采集到的实时高度信息,调控植保无人机的飞行速度,减速降落到目标航点。

[0045] 更进一步的,步骤3中,图像采集与处理模块在获得喷施作业区图像之后,首先进行图像灰度二值化处理,基于图像的空间分布,得到图像的空间邻近度和像素值相似度,并结合图像灰度相似性,实现背景去噪,得到植被的轮廓图像。此外,图像处理系统内存中预存储有待作业植被区域的轮廓数据库,将通过采集与处理后得到的图像植被轮廓,与内存数据库中的植被轮廓进行比对,从而得到相应的植被先验类型匹配值,并将该匹配值传输给飞行控制系统。

[0046] 更进一步的,所述步骤4中,当进行多架次无人机接续作业时,首先计算作业航线总长度F,单架次作业的最大航线长度Fm,当F是Fm的整数倍时,不再进行航线规划,按无人机在药液耗尽时执行返航,同时启动另一架无人机接续飞行;当F不是Fm的整数倍时,至少进行一次中途返航,进行返航能耗最小点最优求解,并将该点坐标作为返航点。

[0047] 更进一步的,本发明申请人在经过多次探索和试验后得出了喷施控制变量P与作业区域面积数据S、植被类型V、植被行数R、植被列数C之间的数值函数关系,其中

[0048] $P = V * \sqrt{\frac{S}{(R-1)*(C-1)}}\sin(\omega t + \theta)$,其中ω是PWM电路工作周期,θ是晶闸管导通角。

[0049] 所述无人机飞行控制系统,负责与地面站进行数据传输和飞行数据处理,接受地面控制站的人工控制指令。

[0050] 所述飞行参数获取模块,用于获取无人机飞行状态参数,包括飞行高度、飞行速度。

[0051] 所述图像采集与处理模块用于对地面喷施作业区进行图像采集,并基于图像处理算法获得待喷施作业植被图像数据。

[0052] 所述喷施控制模块,用于根据图像采集与处理模块采集的图像数据,以及无人机的飞行控制状态参数,综合执行喷施流量控制,从而确保无人机实现根据地面植被类型以及当前飞行状态等参数动态调整喷施量。

[0053] 所述地面控制站与所述无人机飞行控制系统进行远程数据传输,使得飞行控制系

统可以接受地面工作人员的控制数据，从而实现无人机远程控制。

[0054] 所述电源模块为上述各模块提供相应的供电电源。

[0055] 更进一步的，所述图像采集与处理模块为高清度遥感摄像机，其通过遥感拍摄地面喷施作业区域图像，基于图像处理算法，获取喷施作业区域的面积，植被种类、植被行数、植被列数，并将该数据传输给无人机飞行控制系统。

[0056] 更进一步的，所述飞行参数获取模块为基于GPS/INS的捷联惯导系统，可以实时准确的获取无人机的飞行高度、飞行速度。

[0057] 更进一步的，所述电源模块为大容量，可充电，长续航能力的锂电池组。

[0058] 更进一步的，所述无人机地面控制站，通过无线通信网络，如WIFI或4G与无人机飞行控制系统进行远程数据传输。

[0059] 更进一步的，所述容量第一阈值L1为0.5升。

[0060] 可选的，所述喷药箱容量约为5L-10L，挂载在无人飞行器的正下方，隔膜泵的正上方，出水口与隔膜泵入水口相连；所述隔膜泵用于提供药液喷施压力。所述PWM控制模块采用MOSFET触发开关驱动模块，用于将PWM占空比信号转化成隔膜泵驱动电压信号。电磁阀用于控制喷头喷施的开启和关闭。喷药箱顶部具有液位传感器，可以实时获得喷药箱内部药液容量数据。

[0061] 在进行植被喷施变量经验公式的选择中，发明人将植被行数和列数分别减一，并除以区域面积，从而可以得出每一块栅格区域的作业面积，然后，利用预设的植被种类值，作为喷施控制调节系数，利用基本的数学关系，得到PWM信号控制的输入波形，基于电力电子学基础知识，可以得出相应的控制信号。基于本发明实现的变量精确喷施作业，可以很好的识别植被种类，避免喷施过程的药液的浪费。

[0062] 为验证全自动植保无人机自动巡航作业的稳定性，选取两块不同的场地进行分组实验，每组的试验飞行次数为50架次，共计进行100架次飞行实验。

[0063] 例如，我们选择药箱容积为5L，隔膜泵采用PLD-1206，额定电压12V，最大压力1MPa，最大流量4L/min；采用基于ARM Cortex-M4内核的STM32F407VET6单片机作为施药控制器核心处理器；组建好无人机的各个模块，连接好数据通信接口，当无人机通过图像采集和数据处理后，经喷施控制模块进行参数状态判断后，经喷施控制变量经验函数计算公式计算后得到PWM斩波控制信号后，驱动PWM控制器实现变量喷施作业。

[0064] 当植保无人机飞行至航点2时，地面管理系统显示“植保无人机将在第3个航点处返航”。当植保无人机运动至第3个航点时，植保无人机中断作业并执行返航指令然后把相关断点信息以文本文件形式存入内存，最后植保无人机自行飞至降落地点并降落。

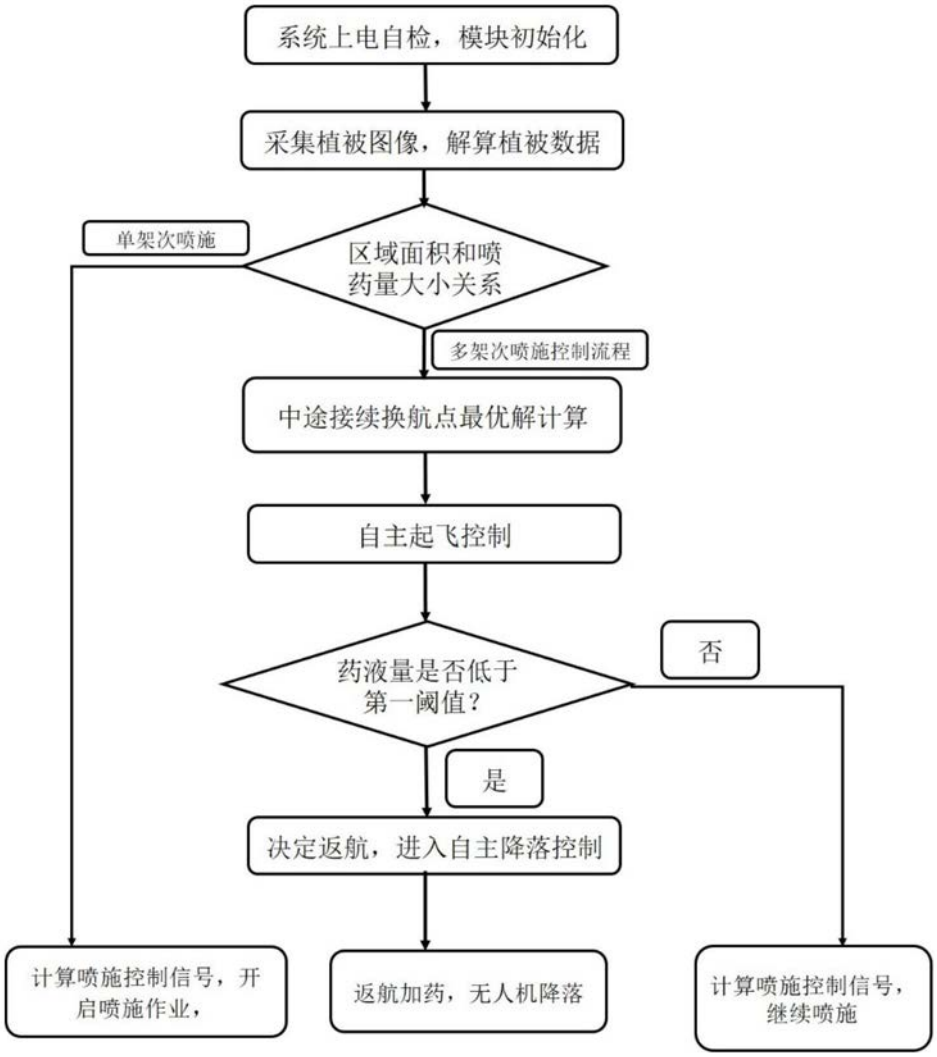

系统上电自检，模块初始化
采集植被图像，解算植被数据
区域面积和喷药量大小关系
单架次喷施
多架次喷施控制流程
中途接续换航点最优解计算
自主起飞控制
药液量是否低于第一阈值？
否
是
决定返航，进入自主降落控制
计算喷施控制信号，开启喷施作业，
返航加药，无人机降落
计算喷施控制信号，继续喷施

图1