(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 109601212 A
(43)申请公布日 2019.04.12

(21)申请号 201910019333.1

(22)申请日 2019.01.09

(71)申请人 四川万智沃达科技有限公司
地址 610218 四川省成都市中国(四川)自由贸易试验区天府新区正兴街道湖畔路北段269号1栋1楼
申请人 成都信息工程大学

(72)发明人 王天宝 杨雄 文斌 文成玉 杜鸿 赵斌 王海时

(74)专利代理机构 成都九鼎天元知识产权代理有限公司 51214
代理人 钱成岑

(51)Int.Cl.
A01G 15/00(2006.01)
B64C 39/02(2006.01)
B64D 1/18(2006.01)

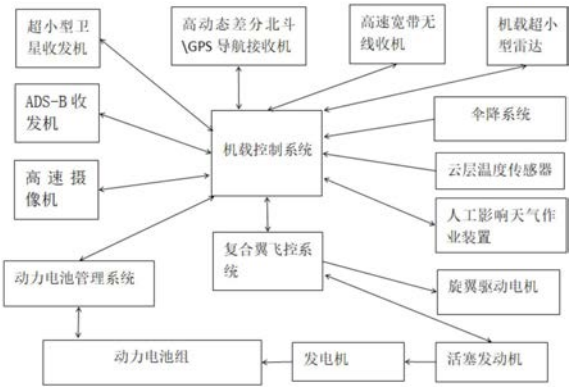
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种基于无人机的天气影响作业方法、无人机及计算机可读存储介质

(57)摘要

本发明提供了一种基于无人机的天气影响作业方法、无人机及计算机可读存储介质。无人机的飞行翼包括旋翼和固定翼;飞行翼的动力机构采用油电混动发电供电或油机发电供电,飞行翼的控制系统与机载控制系统相连;包括机载温度传感器,与机载控制系统相连;还包括与机载控制系统相连的催化剂释放装置。控制无人机飞行到设置的作业区域和高度,根据机载温度传感器测量的云层温度,自动调整飞行的高度,直至飞行高度的云层温度在设置的阈值范围内,再进行催化剂释放。与现有技术相比,本发明技术方案提高了天气作业效率,实现了在最佳高度和最佳位置对催化剂的有效催化,提高了散播效率。



CN 109601212 A

1.一种基于无人机的天气影响作业方法，方法包括，

控制无人机飞行到设置的作业区域和高度，根据机载温度传感器测量的云层温度，自动调整飞行的高度，直至飞行高度的云层温度在设置的阈值范围内，再进行催化剂释放。

2.根据权利要求1所述的方法，所述催化剂为碘化银，所述设置的阈值范围为大于等于-12℃小于-4℃。

3.根据权利要求1或2所述的方法，所述方法还包括，采用无人机群，包括至少两个所述无人机，控制所有无人机同时或在阈值时间内全部起飞；各个无人机分别飞行至各自对应的作业区域和高度，根据机载温度传感器测量的云层温度，自动调整飞行的高度，直至飞行高度的云层温度在设置的阈值范围内，再进行催化剂释放。

4.根据权利要求1所述的方法，所述方法还包括，向地面监测控制系统发送本机飞行信息；所述飞行信息包括但不限于经纬度和高度信息。

5.根据权利要求1所述的方法，所述方法还包括，在天气影响作业过程中，采集云层的反射回波、温度和云层的实时图像。

6.根据权利要求1所述的方法，所述方法还包括，无人机广播和接收ADS-B信息，将自己的动态位置通知给设定区域内其他飞行器装置，并接收设定区域内其他飞行器装置的动态位置，从而实现信息避让，确保相互之间的安全。

7.一种基于天气影响作业的无人机，便于实现权利要求1到6之一所述的方法，其特征在于，所述无人机的飞行翼包括旋翼和固定翼；飞行翼的动力机构采用油电混动发电供电或油机发电供电，飞行翼的控制系统与机载控制系统相连；包括机载温度传感器，与机载控制系统相连；还包括与机载控制系统相连的催化剂释放装置。

8.根据权利要求1所述的无人机，其特征在于，还包括雷达和图像采集装置，分别与机载控制系统相连。

9.根据权利要求1所述的无人机，其特征在于，还包括ADS-B收发机，与机载控制系统相连，用于接收邻居飞行器所广播的ADS-B信息，并广播ADS-B信息；所述ADS-B信息包括但不限于本机的经维度、高度、速度和编号。

10.一种计算机可读存储介质，其特征在于，存储有能够被处理器加载并执行权利要求1到7中任一种方法的计算机程序。

一种基于无人机的天气影响作业方法、无人机及计算机可读存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及人工影响天气作业领域，特别涉及一种基于无人机的天气影响作业方法、无人机及计算机可读存储介质。

背景技术

[0002] 在人工影响天气领域，技术关键是寻找合适的催化剂撒播工具及撒播作业的方式。目前，人工影响天气的主要手段是地面利用高炮和火箭发射器发射催化弹进行催化，或者利用有人驾驶飞机实施碘化银焰条燃烧播撒等方式进行人工影响天气作业，或者利用固定翼无人机或旋翼无人机进行人工影响天气作业。

[0003] 利用高炮或火箭发射器发射催化炮弹的方式主要存在如下问题：(1)是炮弹的有效管理问题一直困扰使用部门。炮弹是爆炸物，其生产、运输、存储、领用过程管理严格，手续繁琐，容易出现责任事故。(2)发射上天的催化弹万一没有发生爆炸，下坠后容易造成安全事故，严重影响地面人员或财产的安全。(3)作业高度固定，以37高炮为例，作业高度仅能到3-4公里，炮弹达不到我国北方夏季碘化银成核的最佳温度-5℃以上高度，撒播效率低，不能按照实际需要实现最佳高度和最佳位置有效催化。(4)每发炮弹所携带的催化剂—碘化银成核率低，若要达到有效的人工撒播，则发射的炮弹总数相当可观，因此费用也相应的较高。火箭虽然解决了高炮射程高度低的缺陷，但不能准确控制和实时改变火箭的飞行路径，且撒播范围较小。

[0004] 利用有人驾驶飞机实施人工影响天气作业主要存在如下问题：投入大，人员条件和支持条件均要求高，作业费用高。必须要有机场、飞行员、机上设备操作员和适合有人驾驶飞机飞行的气象条件等才能顺利作业。人工影响天气作业是在复杂天气下作业，增雨效率较高的云区，恰恰是有对流的云区，从安全的角度考虑，通用的有人驾驶飞机不能直接飞入这种云区作业。无法实现一次飞行在不同的高度进行作业，由于速度快，作业最佳时机无法保证。

[0005] 无人机人工影响天气作业装置和系统是新的发展方向。目前已有的基于无人机的播撒装置及方法方面能检索到的如下：

[0006] CN1244472C公开了申请号为CN200410070186的人工影响天气微型无人驾驶飞机。该飞机属于微型固定翼遥控无人飞机，需要抛投起飞和伞降降落，缺点明显。首先是飞行高度和载重量非常有限，否则无法抛投起飞。其次，由于飞机小，抗恶劣气象条件的能力极差。第三是单机工作，不支持机群方式，作业范围非常有限，效率极低。

[0007] CN104412878A公开了申请号为CN201310695730的人工影响天气探测作业无人机系统。该发明希望解决有人增雨飞机需要较多人力资源支持的问题。但从该发明的描述来看，并未明确无人机的类型。不同类型的特点不同，且并非所有类型的无人机均适合人工影响天气作业。该发明并未解决方便使用、作业效率和作业效果问题。

[0008] CN104412879A公开了申请号为CN201310695742的中兵新型人工影响天气系统。该

发明希望解决有人增雨飞机在增雨过程中需要较多人力资源的问题。事实上，有人增雨飞机上的作业设备完全可以在接收到命令后自动工作而无需飞行员手动控制。同CN201310695730的发明，该发明也未明确进行作业的无人机类型，仅将有人驾驶飞机更换为无人驾驶飞机。

[0009] CN107318546A公开了申请号为CN201710546418的用于消雹降雨的遥控飞机及消雹降雨方法。该发明只是说明该无人飞机属于螺旋桨无线电遥控飞机，并没有明确说明飞机的起飞方式，仅在实施例中说明是固定翼，发射起飞。飞机上安装有两种类型发动机，一种是一台汽油活塞发动机，用于驱动螺旋桨；一种是两台汽油喷气式发动机，起飞和飞行时使用汽油，作业时用于喷洒碘化银溶液。该发明存在如下问题：(1)飞机的控制复杂，需要专门的飞控系统和熟练操作的人员；(2)飞机上存在两类三台发动机，成本高昂；(3)利用喷气式或火箭发动机尾管喷出高温气体进行喷洒溶于酒精的碘化银溶液的效果未经实践正事。(4)该飞机只能在平飞时进行喷洒，无法在不同高度通过上升下降方式进行喷洒。(5)飞机通过发射起飞，需要专门的起飞装置并对起飞场地有要求。

发明内容

[0010] 本发明提供了一种基于无人机的天气影响作业方法，具有提高天气影响作业效率的特点。

[0011] 本发明还提供了一种基于天气影响作业的无人机，具有便于实现上述天气影响作业方法的特点。

[0012] 本发明还提供了一种计算机可读存储介质，具有便于实现上述天气影响作业方法的特点。

[0013] 根据本发明提供的一种基于无人机的天气影响作业方法，方法包括，

[0014] 控制无人机飞行到设置的作业区域和高度，根据机载温度传感器测量的云层温度，自动调整飞行的高度，直至飞行高度的云层温度在设置的阈值范围内，再进行催化剂释放。

[0015] 所述催化剂为碘化银；所述设置的阈值范围为大于等于-12℃小于-4℃。

[0016] 所述方法还包括，采用无人机群，包括至少两个所述无人机，控制所有无人机同时或在阈值时间内全部起飞；各个无人机分别飞行至各自对应的作业区域和高度，根据机载温度传感器测量的云层温度，自动调整飞行的高度，直至飞行高度的云层温度在设置的阈值范围内，再进行催化剂释放。

[0017] 所述方法还包括，向地面监测控制系统发送本机飞行信息；所述飞行信息包括但不限于经纬度和高度信息。

[0018] 所述方法还包括，在天气影响作业过程中，采集云层的反射回波、温度和云层的实时图像。

[0019] 所述方法还包括，无人机广播和接收ADS-B信息，将自己的动态位置通知给设定区域内其他飞行器装置，并接收设定区域内其他飞行器装置的动态位置，从而实现信息避让，确保相互之间的安全。

[0020] 根据本发明提供的一种基于天气影响作业的无人机，便于实现上述天气影响作业方法，所述无人机的飞行翼包括旋翼和固定翼；飞行翼的动力机构采用油电混动发电供电

或油机发电供电，飞行翼的控制系统与机载控制系统相连；包括机载温度传感器，与机载控制系统相连；还包括与机载控制系统相连的催化剂释放装置。

[0021] 还包括雷达和图像采集装置，分别与机载控制系统相连。

[0022] 还包括ADS-B收发机，与机载控制系统相连，用于接收邻居飞行器所广播的ADS-B信息，并广播ADS-B信息；所述ADS-B信息包括但不限于本机的经维度、高度、速度和编号。

[0023] 还包括伞降系统，其控制器与机载控制系统相连。

[0024] 还包括高动态差分北斗\GPS导航接收机，与机载控制系统相连。

[0025] 还包括卫星收发机，与机载控制系统相连。

[0026] 还包括无线电收发机，与机载控制系统相连。

[0027] 所述机载温度传感器采用铂电阻温度传感器。

[0028] 所述催化剂释放装置包括但不限于碘化银焰条播撒器和/或碘化银溶液喷洒装置。

[0029] 本发明还提供了一种计算机可读存储介质，存储有能够被处理器加载并执行上述任一种方法的计算机程序。

[0030] 与现有技术相比，本发明技术方案提高了天气作业效率，实现了在最佳高度和最佳位置对催化剂的有效催化，提高了散播效率。

附图说明

[0031] 图1为本发明其中一实施例无人机的系统结构示意图。

[0032] 图2为本发明其中一实施例地面检测控制系统结构示意图。

具体实施方式

[0033] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0034] 本说明书(包括摘要和附图)中公开的任一特征，除非特别叙述，均可被其他等效或者具有类似目的的替代特征加以替换。即，除非特别叙述，每个特征只是一系列等效或类似特征中的一个例子而已。

[0035] 根据本发明提供的一种基于无人机的天气影响作业方法，方法包括，

[0036] 控制无人机飞行到设置的作业区域和高度，根据机载温度传感器测量的云层温度，自动调整飞行的高度，直至飞行高度的云层温度在设置的阈值范围内，再进行催化剂释放。

[0037] 作为本发明的一个实施方案，先预估一个飞行高度，根据该预估的飞行高度控制无人机飞行到该高度及作业区域，无人机飞行到设置的作业区域和高度后，根据机载温度传感器测量的云层温度再进行调整飞行高度，根据经验值，每升高1000m温度降低6℃，机载控制系统根据当前云层的温度判断是升高还是降低以及升降的幅度，直至飞行高度的云层温度在设置的阈值范围内，控制催化剂释放装置释放催化剂，从而实现了在最佳高度和最佳位置对催化剂的有效催化，提高了散播效率。

[0038] 作为本发明的一种实施方式，所述催化剂为碘化银，所述设置的阈值范围为大于

等于-12℃小于-4℃。其中，碘化银最佳散播温度为-5℃。所述催化剂也可以为其他类型的催化剂，设置的阈值范围为催化剂能有效成冰的范围，根据使用的催化剂类型的进行设置。

[0039] 作为本发明的一种实施方式，所述方法还包括，采用无人机群，包括至少两个所述无人机，控制所有无人机同时或在阈值时间内全部起飞；各个无人机分别飞行至各自对应的作业区域和高度，根据机载温度传感器测量的云层温度，自动调整飞行的高度，直至飞行高度的云层温度在设置的阈值范围内，再进行催化剂释放。采用无人集群作业，提高了作业效率。

[0040] 在无人机群作业的情况下，每个无人机有唯一编号，便于集群作业设置和对外广播。

[0041] 所述方法还包括，向地面监测控制系统发送本机飞行信息；所述飞行信息包括但不限于经纬度和高度信息。所述飞行信息还包括速度信息。

[0042] 所述方法还包括，在天气影响作业过程中，采集云层的反射回波、温度和云层的实时图像；将采集的图像返回给地面监测控制系统，从而便于验证作业效果。

[0043] 所述方法还包括，无人机广播和接收ADS-B信息，将自己的动态位置通知给设定区域内其他飞行器装置，并接收设定区域内其他飞行器装置的动态位置，从而实现信息避让，确保相互之间的安全。

[0044] 根据本发明技术方案，便于实现一键控制起飞降落和作业，包括空域申请、起降、喷洒等自主作业，对人员要求低，对起降场地无要求。便于以集群方式在指定空域、区域自动寻找最佳作业云层高度，实现垂直和水平飞行方式高效作业。

[0045] 根据本发明提供的一种基于天气影响作业的无人机，便于实现上述天气影响作业方法，所述无人机的飞行翼包括旋翼和固定翼；飞行翼的动力机构采用油电混动发电供电或油机发电供电，飞行翼的控制系统与机载控制系统相连；包括机载温度传感器，与机载控制系统相连；还包括与机载控制系统相连的碘化银释放装置。

[0046] 如图1所示，飞行翼的控制系统与机载控制系统相连，便于接收从机载控制系统传来的各种传感和控制信息，从而实现对飞行翼的飞行控制。旋翼驱动电机为无人机提供垂直起降和升降动力。机载温度传感器便于测量云层温度供机载控制系统判断是否达到合适的高度及向上或向下飞行的方向。与机载控制系统相连的催化剂释放装置便于机载控制系统控制释放催化剂，从而实现对天气的影响。

[0047] 作为本发明的一个实施例，所述机载控制系统是整个系统的控制核心，由高可靠双冗余热备份控制器构成，负责所有机载设备的通信、连接和控制。

[0048] 本发明方案基于油电混动和/或油机发电供电驱动，旋翼和固定翼的复合翼，既能垂直起降，又能长时间巡航，载重能力强，适应恶劣气象条件下作业要求，飞行高度能满足人工影响天气最佳作业高度要求。巡航高度在3Km-9Km之间可变，续航时间超过3小时的自主飞行无人机。携带人工影响天气装置垂直起降和飞行到指定高度和区域进行作业，既快捷又安全，与现有技术方案相比，效率更高，更安全，便于一键式作业，既避免了现有高炮、火箭作业方式的弊端，也解决了有人固定翼飞机和现有无人机作业存在的问题。

[0049] 还包括雷达和图像采集装置，分别与机载控制系统相连。所述雷达便于实现云层的回波探测，并且便于实现近距离探测和防撞。作为本发明的一个实施例，所述图像采集装置采用高速摄像机，便于对云层进行高速摄像。

[0050] 作为本发明的一种实施方式，还包括ADS-B收发机，与机载控制系统相连，从而便于接收邻居飞行器所广播的ADS-B信息，并广播ADS-B信息；所述ADS-B信息包括但不限于本机的经维度、高度、速度和编号。

[0051] 作为本发明的一种实施方式，还包括伞降系统，其控制器与机载控制系统相连，从而便于在无人机失去动力时伞降，确保安全。

[0052] 作为本发明的一种实施方式，还包括高动态差分北斗\GPS导航接收机，与机载控制系统相连，从而便于接收本区的RTK信息和导航卫星系统广播信息并计算本机的经维度、高度和速度。

[0053] 作为本发明的一种实施方式，还包括卫星收发机，与机载控制系统相连，从而便于通过卫星与地面监测控制系统实现高速通信。

[0054] 作为本发明的一种实施方式，还包括无线电收发机，与机载控制系统相连，从而便于与地面监测控制系统及无人机间实现无线电通信。作为本发明的一个具体实施方式，采用宽带无线电收发机，从而便于与地面监测控制系统及无人机间实现高速无线电通信。

[0055] 作为本发明的一种实施方式，所述机载温度传感器采用铂电阻温度传感器。

[0056] 作为本发明的一种实施方式，所述催化剂释放装置包括但不限于碘化银焰条播撒器和/或碘化银溶液喷洒装置。

[0057] 作为本发明的一种实施方式，如图2所示，所述地面监测控制系统包括地面ADS-B接收机、高速宽带无线电收发机、卫星收发机、中央控制器、手动控制手柄、显示器系统、GNSS参考基准站系统和电源系统。所述地面ADS-B接收机与中央控制器连接，接收所在空域所有航空器和无人机所发送的编号、经纬度位置、高度和速度信息，将上述信息发送给中央控制器以显示在多显示器系统上。所述地面高速宽带无线电收发机与中央控制器连接，实现地面监测控制系统与装置之间的空地间高速通信。所述地面卫星收发机与中央控制器连接，实现地面监测控制系统与装置之间的空地间备份通信链路。所述中央控制器与地面监测控制系统各部分连接，实现通信控制信息的收发、处理、显示和控制。所述手动控制手柄与中央控制器连接，实现以手动方式控制无人机。所述显示器系统与中央控制器连接，实现云图、地面雷达回波图、机载雷达回波图、机载摄像图像、机载温度传感器、空域飞行器信息和无人机的各种状态等信息的综合显示。所属GNSS地面基准站系统与中央控制器连接，用于产生可广播本地RTK信息。所述电源系统与中央控制器、地面ADS-B接收机、地面高速宽带无线电收发机、地面卫星收发机、中央控制器、GNSS地面基准站系统和显示器系统连接，提供电能供给。

[0058] 地面监测控制系统利用ADS-B接收机可对整个区域的飞行器信息显示。地面监测控制系统通过无线电通信收发机、装置的编号和控制手柄可单独或批量控制相关无人机工作。

[0059] 机载控制系统中的电子设备可以自行研制，也可以选择商用产品。所述高动态差分北斗\GPS导航接收机可选择Trimble BD910DGS670高精度RTK卫星惯导组合定位导航接收机。卫星收发机可根据实际情况选用，例如可选Iridium Core 9523模块。所述ADS-B接收机可选择VT01-UAV或Sagetech公司Sagetech XP系列。所述高速宽带无线收发机可选择视距通信距离30公里的商用无人机图传产品。超小型机载雷达可选用77GHz、97GHz或120GHz防撞雷达产品、超小型毫米波测云雷达或超小型激光雷达产品。高速摄像机可选用能在低

温至-20℃温度下工作的工业摄像机或模块。云层温度传感器可选择用铂电阻温度传感器。所述机载控制系统可选择商用硬件自行编写软件实现。所述催化剂释放装置可选用碘化银焰条播撒器或碘化银溶液喷洒装置或干冰播撒器或其它人工催化剂播撒装置。

[0060] 本发明所述的地面监测控制系统中的地面ADS-B接收机可选用Radarcape公司的产品或Quadrant公司的产品。所述地面高度宽带无线收发机可选择与机载收发机同型号产品的地面收发产品。所述地面卫星收发机可选能与机载卫星收发机使用相同卫星的地面收发机产品。所述GNSS地面基准站可选用DGS600GNSS参考基准站。所述中央控制器可选用工业用计算机和相应接口扩展卡，自行编制相应软件实现通信、控制、信息处理和显示即可。所述地面监视与控制系统可设置用方仓或改装车辆内便于移动。

[0061] 本发明还提供了一种计算机可读存储介质，存储有能够被处理器加载并执行上述任一种方法的计算机程序。

[0062] 作为本发明的一种实施方式，人工影响天气部门的气象探测系统探测到适合作业的云层，通知相关的作业单位和相关作业信息；

[0063] 作业单位将本发明的无人机运送到相应作业区域，根据收到的作业信息规划无人机作业参数；

[0064] 所载电子系统自检并正常工作后，将无人机的作业经纬度、高度、作业区域和降落位置等信息输入或通过无线方式传入机载控制系统；

[0065] 利用地面监测控制系统与各个无人机机载控制系统建立通信连接，建立正常的通信链路并将机载的ADS-B信息、雷达信息、视频信息显示在地面监测系统中；

[0066] 利用地面监测控制系统申请空域，得到空域批准后，地面监测控制系统向各个无人机机载控制系统发出开始作业命令；

[0067] 各个无人机飞行到各自指定的作业区域和高度，根据机载温度测量装置测量云层温度，自动调整装置的高度判断是否到达催化剂效能(如碘化银为-5℃)最佳的云层高度位置进行作业，并将相关信息传回地面监测控制系统显示。同时，各个无人机向外广播ADS-B信息，包括装置编号、飞行的经纬度信息、高度和速度信息。所有安装有ADS-B接收装置的飞行器均能接收到发送的ADS-B信息。无人机作业的过程中也接收邻近飞行器所发的ADS-B信息，计算并判断与邻近飞行器的安全距离，遇到低于安全距离的实施紧急避险措施；

[0068] 无人机作业过程中同时采集机载雷达关于云层的反射回波、温度、云层的实时图像用于验证作业效果；

[0069] 无人机在所申请空域使用时间内或作业完成后飞行到起飞区进行垂直降落。上报空域使用情况，交回空域使用权；

[0070] 在飞行或作业的过程中如遇动力或电力故障，自动将激活伞降装置，降落地面，确保安全。

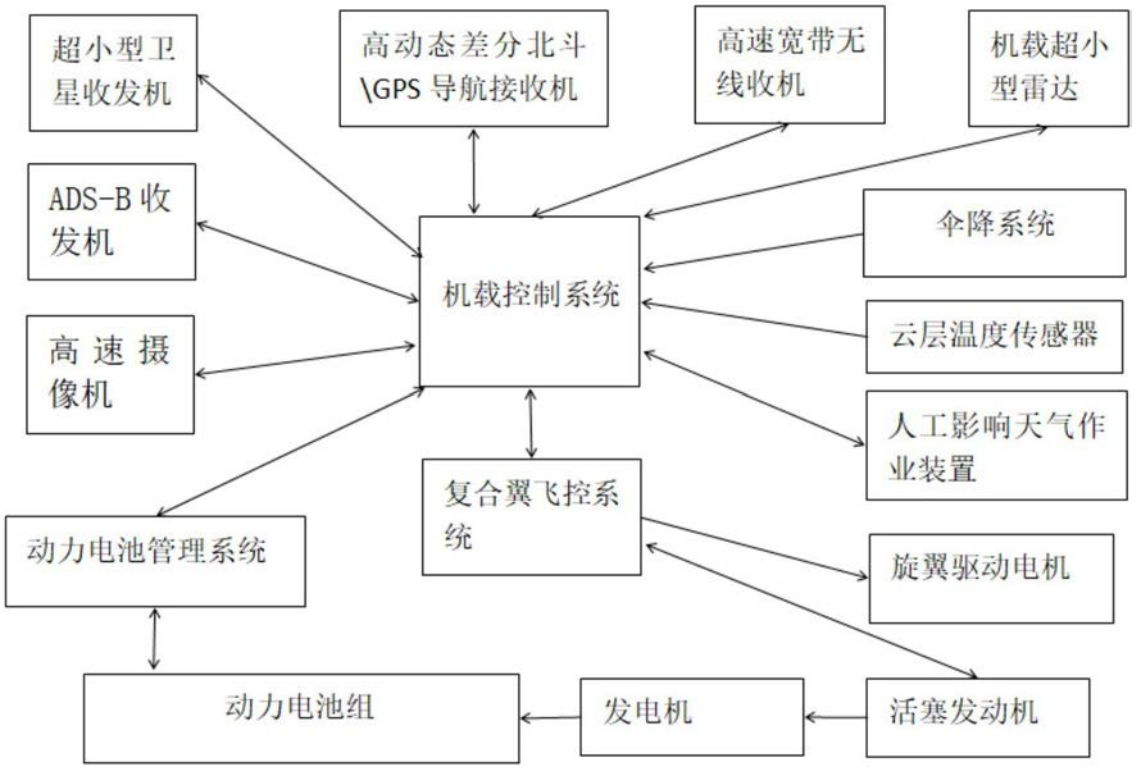

超小型卫星收发机
高动态差分北斗\GPS 导航接收机
高速宽带无线收机
机载超小型雷达
ADS-B 收发机
伞降系统
机载控制系统
高速摄像机
云层温度传感器
人工影响天气作业装置
复合翼飞控系统
动力电池管理系统
旋翼驱动电机
动力电池组
发电机
活塞发动机

图1

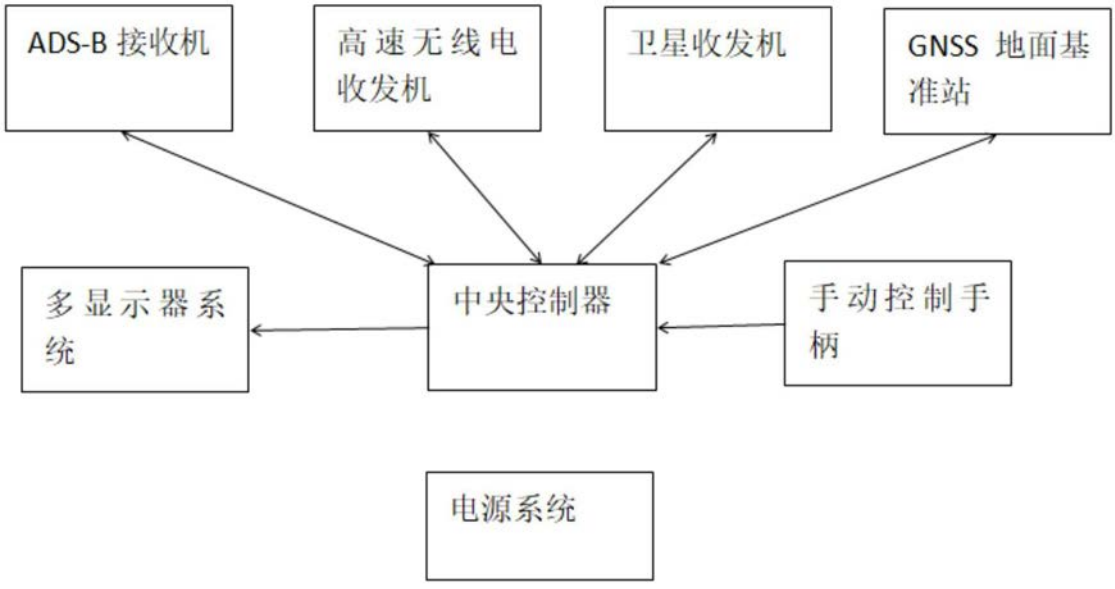

ADS-B 接收机
高速无线电收发机
卫星收发机
GNSS 地面基准站
多显示器系统
中央控制器
手动控制手柄
电源系统

图2