



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101445156 B

(45) 授权公告日 2011.05.25

(21) 申请号 200810097807.6

(22) 申请日 2008.05.15

(73) 专利权人 龚文基

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街甲
18号北京国际B座1602室

(72) 发明人 龚文基

(74) 专利代理机构 北京东方汇众知识产权代理
事务所(普通合伙) 11296

代理人 陈代远

(51) Int. Cl.

G01C 25/00 (2006.01)

B64C 27/04 (2006.01)

(56) 对比文件

RU 2263283 C1, 2005.10.27,

CN 2835083 Y, 2006.11.08,

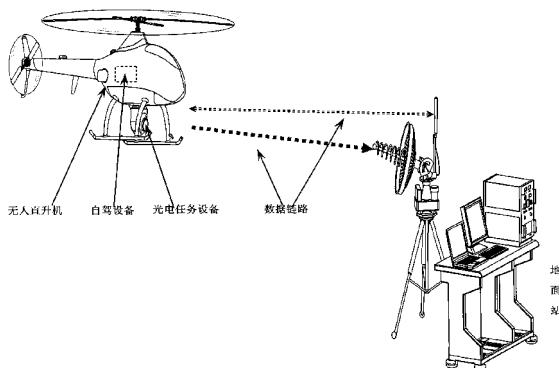
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

智能化空中机器人系统集成技术

(57) 摘要

本发明关于一种智能化空中机器人系统集成方法，该智能化空中机器人系统由无人直升机平台、自驾设备、特定任务设备、数据链路和地面站组成，系统集成的实现方法分两步：第一步选择具有一定基础的直升机平台，经过调整或改造使原型直升机具备遥控飞行能力，完成无人直升机自主飞行控制的系统集成；第二步将上述平台和任务设备有机集成，形成一体化作业系统。集成完的智能化空中机器人系统集成方法消除了人为因素对飞行作业品质的影响，使飞行的高度、速度、位置更加准确，飞行作业效率高；具备自主飞行作业能力，可在超低空、低可见、夜航等恶劣飞行环境下完成作业，受环境因素影响小，飞行作业成本低。



1. 一种智能化空中机器人系统集成方法,该空中机器人系统由无人直升机平台、自驾设备、特定任务设备、数据链路和地面站组成,所述的集成方法包括步骤:

1、将最终要达到的技术指标进行分解,选出属于直升机平台本身的指标,根据这些技术指标来考虑和选择适当的直升机平台,开始后续的工作;

2、对选出的无人直升机进行操作性、动力性、稳定性、可靠性、振动方面的评估,对于性能达不到标准的进一步改造或升级,将其改造为具有遥控飞行能力的系统;

3、根据要实现的功能和技术指标选择外围传感器和机载航电设备,对机载电源管理系统作防止电磁干扰的处理;

4、安装各航电器件并且和地面站集成,对整个系统进行静态联试,将飞行控制器设置为仅参与数据采集的成旁通模式,使整个系统进入遥测状态;

5、进行数据采集和参数辨识,首先手动低速飞行无人直升机,下载飞行数据;将下载后的数据进行处理,得到相应的飞行参数,根据飞行参数建立控制模型,上传写入飞行控制器;

6、对无人直升机进行任务飞行测试,将手动遥控器的权限设为最高,以便在调试中可以随时接管系统,通过测试验证控制模型后,启用飞行控制器的自主飞行功能;

7、根据作业系统的最终要求,选取和制配相应任务设备、挂载构件,将设备和飞行平台对接,解决机械接口、电气接口、电磁兼容、控制接口问题,使任务设备和飞行平台有机集成为一体化作业系统。

2. 根据权利要求1所述的智能化空中机器人系统集成方法,其特征在于,在步骤6中的所述任务飞行测试包括自主起飞、悬停、任务飞行、自动返航、自主着陆过程测试多项功能测试。

3. 根据权利要求2所述的智能化空中机器人系统集成方法,其特征在于,在所述自主起飞过程测试中,起飞悬停高度设为15米的安全高度。

4. 根据权利要求2所述的智能化空中机器人系统集成方法,其特征在于,所述自主着陆过程测试包括在适当的时机关闭发动机的测试。

5. 根据权利要求4所述的智能化空中机器人系统集成方法,其特征在于,在进行所述关闭发动机的测试时,将直升机自主降高速度设为1米/秒,将近地超声波测距传感器的门限值设为使直升机着陆前5cm的读数值,测试直升机以1米/秒的速度下降接近地面5cm的距离时,飞行计算机能否根据近地超声波测距传感器的数值发出指令直接关闭发动机。

6. 根据权利要求2所述的智能化空中机器人系统集成方法,其特征在于,在所述自动返航功能测试中,在有任务规划上传的情况下,有意中断地面站与直升机间的数据链路,测试直升机在各种飞行模态下是否启动自主返航程序。

7. 根据权利要求2-6其中之一所述的智能化空中机器人系统集成方法,其特征在于,在进行所述的任务飞行测试中,在有意外情况时,迅速切换手动遥控器接管直升机的飞行。

8. 根据权利要求2-6其中之一所述的智能化空中机器人系统集成方法,其特征在于,在进行任务飞行测试时,进行多测试条件下飞行系统的功能测试,建立任务飞行测试档案。

9. 根据权利要求8所述的智能化空中机器人系统集成方法,其特征在于,所述的多测试条件是指不同风速、不同负载重量。

智能化空中机器人系统集成技术

技术领域

[0001] 本发明涉及空中机器人，即，无人直升机系统，尤其是涉及将无人直升机硬件平台自主化飞行系统和无人直升机专用平台作业系统集成的实现方法。

背景技术

[0002] 目前，世界范围的无人直升机发展迅速，它以其小型化、垂直起降、灵活机动、相对安全、运营成本低等优点受到了众多行业领域的青睐。但由于其融合了微电子、计算机、传感器、材料、控制理论、数据通讯、航空制造等各学科领域的尖端科技，技术难度大，目前只有少数发达国家的某些型号形成了成熟的产品，且其中很大一部分是专门针对完成某项任务而开发的专用平台。目前无人直升机特别是可进行自主飞行的无人直升机的发展现状远不能满足日益扩大和深化的来自市场多方面的需求，这种供需间的差距在国内更是突出。

[0003] 在无人直升机涉及的技术中，自主飞行控制技术和作业系统集成技术是其中不可回避的重要技术，前者将直升机硬件平台实现自主化飞行，使之成为真正意义上的无人直升机，后者将任务系统和飞行平台进行有机整合，形成智能化的作业系统。传统的做法是：研制无人直升机工程样机，进行大量的测试和分析，建立控制模型并进行硬件实现，经过大量的飞行验证和数据分析，完善、优化和实现稳定的姿态等方面控制，进一步实现自主制导（一般实现 GPS 航路点制导）飞行，最终形成针对此机型的自主飞行控制系统，再进入小批量生产，实际使用验证，平台本身达到要求后，进行与任务系统的集成和试飞，完成满足应用要求的各式的无人直升机作业系统。这种做法需要大量的资金和人力物力的投入，一般单位难以承受，且各实施环节间关联紧密，有时经过多次循环 才能得到满意结果，并且技术成果只能针对单一机型，适用性不足。

发明目的

[0005] 本发明的目的是提出一种发挥技术集成优势来实现无人直升机平台自主飞行控制和作业系统集成的方法，本发明基于自主飞行控制技术和作业系统集成技术两项关键技术，针对传统做法给出的一种新的解决方法，该方法克服传统研制方法的高投入、长周期、低适用性的不足的缺点，能够快速满足对各种任务的使用要求。

[0006] 本发明采用的技术方案分两步：

[0007] 第一步：无人直升机自主飞行控制的系统集成

[0008] 选择具有一定基础的直升机平台，经过调整或改造使原型直升机具备遥控飞行能力；再根据直升机的本身的飞行特性和最终要达到的飞行目标能力，选择相应的外围航电器件，利用核心飞行控制器，调整相应软件环境，制定适用的集成方案；将要加装的航电器件配装到原型直升机上，根据所选直升机震动特性，通过计算和测量，选择和设计合适频率和结构的减振器件，优化惯性测姿器件工作环境；集成地面站系统，解决电磁兼容等一系列问题；通过低空系留飞行，经过一系列的数据采集、分析建模和参数识别得到适用本机的具有强鲁棒特性的空气动力学控制模型；启用测试航路点制导飞行和自主起降模块，再进行多测试条件的飞行校验和调整，得到具备先进自主飞行能力的直升机平台。

[0009] 第二步：将上述平台和任务设备有机集成，形成一体化作业系统。

[0010] 根据作业系统的最终要求，利用我们多年来任务配载的经验和数据，选取和制配相应任务设备、挂载构件等，将设备和飞行平台对接，解决机械接口、电气接口、电磁兼容、控制接口等一系列问题使任务设备和飞行平台有机集成成为一体化作业系统。

[0011] 本发明的具体实现方法是提出一种智能化空中机器人系统集成的实现方法，该智能化空中机器人系统由无人直升机平台、自驾设备、特定任务设备、数据链路和地面站组成，所述的实现方法包括步骤：

[0012] 1、将最终要达到的技术指标进行分解，选出属于直升机平台本身的指标，根据这些技术指标来考虑和选择适当的直升机平台，开始后续的工作；

[0013] 2、对选出的无人直升机进行操作性、动力性、稳定性、可靠性、振动方面的评估，对于性能达不到标准的进一步改造或升级，将其改造为具有遥控飞行能力的系统；

[0014] 3、根据要实现的功能和技术指标选择外围传感器和机载航电设备，对机载电源管理等系统作防止电磁干扰的处理；

[0015] 4、安装各航电器件并且和地面站集成，对整个系统进行静态联试，将飞行控制器设置为仅参与数据采集的旁通模式，使整个系统进入遥测状态；

[0016] 5、进行数据采集和参数辨识，首先手动低速飞行无人直升机，下载飞行数据；将下载后的数据进行处理，得到相应的飞行参数，根据飞行参数建立控制模型，上传写入飞行控制器；

[0017] 6、对无人直升机进行任务飞行测试，将手动遥控器的权限设为最高，以便在调试中可以随时接管系统，通过测试验证控制模型后，启用飞行控制器的自主飞行功能；

[0018] 7、根据作业系统的最终要求，选取和制配相应任务设备、挂载构件，将设备和飞行平台对接，解决机械接口、电气接口、电磁兼容、控制接口问题，使任务设备和飞行平台有机集成成为一体化作业系统。

[0019] 在步骤6中的所述任务飞行测试包括自主起飞、悬停、任务飞行、自动返航、自主着陆过程测试多项功能测试。

[0020] 在所述自主起飞过程测试中，起飞悬停高度设为15米的安全高度。

[0021] 所述自主着陆项目测试包括在适当的时机关闭发动机的测试。

[0022] 在进行所述关闭发动机的测试时，将直升机自主降高速度设为1米/秒，将近地超声波测距传感器的门限值设为使直升机着陆前5cm的读数值，测试直升机以1米/秒的速度下降接近地面5cm的距离时，飞行计算机能否根据近地超声波测距传感器的数值发出指令直接关闭发动机。

[0023] 在所述自动返航功能测试中，在有任务规划上传的情况下，有意中断地面站与直升机间的数传链路，测试直升机在各种飞行模态下是否启动自主返航程序。

[0024] 在进行所述的任务飞行测试中，在有意外情况时，迅速切换手动操控接管直升机的飞行。

[0025] 在进行任务飞行测试时，进行多测试条件下飞行系统的功能测试，多测试条件是指不同风速、不同负载重量，测试中建立任务飞行测试档案。

[0026] 本发明的作业系统的集成都是一项系统工程，飞行平台往往要根据任务设备的情况进行一些调整，作业系统集成有来自于本发明的平台自主飞行集成技术强大的资源支

持。

[0027] 本发明选用的控制器采用了逆控制原理、GPS/ING 捷联导航、扩展卡曼滤波、鲁棒控制等先进的技术，并利用参数辨识技术对飞行数据进行自动处理来建立直升机的空气动力控制学模型。对已实现遥控飞行的无人直升机进行软硬件集成后只需几次的飞行数据采集和分析便可获得该技术环境下直升机准确的数学模型，从而快速完成整个自主飞行控制的集成工作。这相比变参数 PID 控制方法繁琐耗时而又充满风险的调参过程要先进的多。集成调试完的无人直升机平台除具有自主起飞、自主着陆、自主任务飞行、紧急自主返航（数据链中断）等全自主飞行模式外，还具有辅助飞行模式，通过自驾仪控制直升机姿态和位置，操作人员通过地面站摇杆或鼠标、键盘输入速度指令来进行飞行，以及保留纯手动飞行模式，飞行控制器只提供航向稳定。

[0028] 本发明选用的核心控制器内建任务载荷控制技术，可根据航路规划执行情况自动控制任务设备完成相关作业。可编程硬件技术的采用 (FPGA) 大大方便用户接口和功能的自定义。

[0029] 本发明的作业系统集成技术来源于上万次的飞行实践和多种任务搭载的实际经验和教训，任务设备和飞行平台的集成是在大量技术和经验数据支持下的平台选择、适应改造、电磁兼容、振动隔除、参数匹配、接口控制等诸多项目的全面解决和优化。

附图说明

- [0030] 图 1 是本发明的无人直升机作业系统构成图；
- [0031] 图 2 是本发明手动遥控飞行系统基本构成框图；
- [0032] 图 3 是本发明外围传感器和机载航电设备的基本功能模块图；
- [0033] 图 4 是本发明各航电器件的安装和地面站的集成示意图；
- [0034] 图 5 是本发明自主着陆实现方式示意图；
- [0035] 图 6 是本发明无人直升机自主飞行系统的模块构成框图。

具体实施方式

[0036] 图 1 是本发明的无人直升机作业系统构成图；该系统由直升机平台、自驾设备、地面站、数据链路、任务设备四大部分组成。

[0037] 本发明的一个实施例使用 100KG 级无人直升机平台和光电成像设备组成无人直升机作业系统，完成航空测量任务。地面站包括电脑和相应的工作软件、任务控制器、视频监视器、通讯电台和天线以及不间断电源。地面站和无人直升机作业系统之间通过数据链路完成通信，达成地面站对无人直升机作业系统的控制。

[0038] 下面结合图 1- 图 6 的无人直升机作业系统，详细说明本发明的无人直升机自主飞行系统实现方法的具体实施步骤：

[0039] 1、首先：将最终要达到的技术指标进行分解，选出属于直升机平台本身的指标，如总起飞重量、实用升限、航时航速等，根据这些技术指标来考虑和选择适当的直升机平台；也可能在指定的直升机平台上开始后续的工作。

[0040] 比如我们在设计无人直升机航测系统时，需要满足的直升机平台本身的指标为：它应当具有 100KG 的总起飞重量、30KG 的有效载荷、72 公里 / 小时的巡航速度、1 小时的航

时等技术指标。根据以上要求,选用了一种农业用遥控直升机,该直升机可以满足小型化低空无人直升机航测系统对飞行平台的上述要求。

[0041] 2、对确定的无人直升机进行操作性、动力性、稳定性、可靠性、振动等方面进行全面评估,达不到基本标准的须进一步改造或升级。然后将其改造为具有遥控飞行能力的系统,图 2 是本发明手动遥控飞行系统基本构成框图;

[0042] 通过图 2 所示的基本构架,实现手动遥控飞行。图 2 所示是遥控飞行直升机必须具备的基本功能模块,操纵手通过遥控设备发出无线电控制信号,机载接收机将接收到的指令转换成可被伺服舵机执行的控制指令,控制各通道伺服机动作,使直升机姿态、速度等发生变化,同时直升机飞行姿态的相应变化通过视觉反馈给操纵手,完成控制闭环。

[0043] 3、根据要实现的功能和技术指标合理选择外围传感器和机载航电设备。图 3 是本发明外围传感器和机载航电设备的基本功能模块图;

[0044] 如上述的无人直升机航测系统,要求具备自主飞行能力,能够按照事先编制的航路点进行自动飞行,传感器的选择如下图所示,IMU、GPS、地磁航向传感器、气压高度计、用于着陆的红外测距设备、发动机温度传感器。飞行控制计算机采用嵌入式计算机系统,软件算法先进,实现 GPS/INS 数据融合、基于 H ∞ 理论的鲁棒控制、手动控制与自动控制无跳变、可实现自动起飞和自动着陆。同时,应当做好机载电源管理系统,防止可能的电磁干扰从电源部分进入系统。

[0045] 4、各航电器件的安装和地面站的集成,图 4 是本发明各航电器件的安装和地面站的集成示意图;对整个系统进行静态联试,将飞行控制器设置成旁通模式,在该模式下,飞行控制器只参与数据采集,此时整个系统为遥测状态。

[0046] 5、进行数据采集和参数辨识,首先手动低速飞行无人直升机,其中包括起飞、悬停、转向、简单航线、降落、着陆,下载飞行数据;将下载后的数据导入在 MATLAB 环境下特定编译的程序里进行处理,得到相应的参数,建立控制模型,上传写入飞行控制器,进行悬停等验证飞行,此过程可能重复几次直到得到合适的控制器。

[0047] 6、将手动遥控器的权限设为最高,以便在接下来的调试中可以随时接管系统。得到并验证过控制模型后,就可启用飞行控制器的一些自主功能,首先调试航路点制导飞行,编制一个简单的航路规划并上传,执行任务飞行。

[0048] 7、任务飞行测试并通过后,测试自主起飞项目,将起飞悬停高度设为安全高度,比如 15 米,测试起飞过程能否顺利完成,过程中如有意外迅速切换手动操控接管直升机的飞行。

[0049] 8、测试自主着陆项目,图 5 是本发明自主着陆实现方式示意图;自主着陆实现的关键是适当的时机关闭发动机。测试前,将直升机自主降高速度设为 1 米 / 秒,将近地测距传感器(超声波)的门限值设为使直升机着陆前 5cm 的读数值,也就是使直升机以 1 米 / 秒的速度下降时接近地面 5cm 的距离时由飞行计算机根据近地超声波测距传感器的数值发出指令直接关闭发动机。

[0050] 9、测试自动返航功能:在有任务规划上传的情况下,有意中断地面站同直升机间的数传链路,看直升机在各种飞行模态下是否启动自主返航程序。

[0051] 10、进行多测试条件(不同风速、不同负载重量等)下系统的表现,建立档案,发现问题及时返回前面步骤予以调整解决。最终获得满足要求的可自主完成起飞、悬停、任务飞

行、应急返航、着陆等全部功能的无人直升机平台。

[0052] 本发明的航测系统中的自主飞行无人直升机平台就是按照上述 1 ~ 10 步骤来完成的,最终系统实现了自动起飞、按预先规划的航路进行自动飞行并自动着陆和关闭发动机,直升机控制表现出了很强的鲁棒性,操作人员可以不再需要目视信息来控制直升机。

[0053] 11、得到了满足要求的自主化无人直升机平台后,根据作业系统的 最终要求,选取和制配相应任务设备、挂载构件等,将设备和飞行平台对接,解决机械接口、电气接口、电磁兼容、控制接口等一系列问题使任务设备和飞行平台有机集成为一体化作业系统。因任务设备的多种多样,集成配载遇到的技术问题也会有具体差异。

[0054] 图 6 是本发明无人直升机自主飞行系统的模块构成框图。整个无人直升机作业系统在作业中分为飞行部分和地面部分,图中用粗虚线分隔,飞行部分基于无人直升机机体,包括飞行控制、伺服机构、通讯模块、任务设备、配套电气系统,其中飞行控制是整个飞行部分的核心,处理来自各类传感器的数字和模拟信息和地面指令信息,发出各种控制信息到各执行组件,以足够的刷新频率控制直升机的姿态和速度等飞行参量,并可解算执行来自地面站的航路规划和任务控制的各项指令 ;通讯模块是直升机同地面站进行无线数字通讯的物理基础 ;伺服机构是各种指令可靠执行者 ;任务设备来完成针对性作业,比如我们的无人直升机航测系统,任务设备就是轻型航测云台和照相机,影视航拍系统的任务设备是遥控减震稳定云台和广播级摄像机 ;配套电气系统则是协调、支持各类设备的基础。地面部分包括飞行控制终端、任务控制终端以及通讯模块,其中飞行控制终端进行飞行任务的规划和飞行参数以及任务执行情况的监视 ;任务控制终端则是机载各类任务设备的地面控制的人机接口 ;通讯模块负责将各种任务规划以及各类控制指令发送到直升机,并接受来自直升机的各类数字信息。

[0055] 本发明的自主飞行控制集成技术可用于生产制造和改造各种类型的无人直升机包括单旋翼带尾桨常规布局的无人直升机、反桨共轴无人直升机、甚至有人直升机和固定翼飞机。

[0056] 基于本发明自主飞行集成技术的无人直升机平台具备良好的通用性,特殊的控制算法使系统在最大载荷范围内对重量不敏感,给集成多种作业系统提供了条件,良好的用户接口可使任务设备最大可能的获取飞行平台的资源,这样本发明的作业系统集成技术可以将二者有机的结 合在一起。

[0057] 利用该技术集成出来的无人直升机作业系统,任务和平台协调统一,具备超视距、全天候、高精度、全自主来完成作业的能力,大大拓展了原任务设备的应用范围。

[0058] 集成完的直升机自主作业系统消除了人为因素对飞行作业品质的影响,使飞行的高度、速度、位置更加准确,飞行作业效率高 ;具备自主飞行作业能力,可在超低空、低可见、夜航等恶劣飞行环境下完成作业,受环境因素影响小,飞行作业成本低。

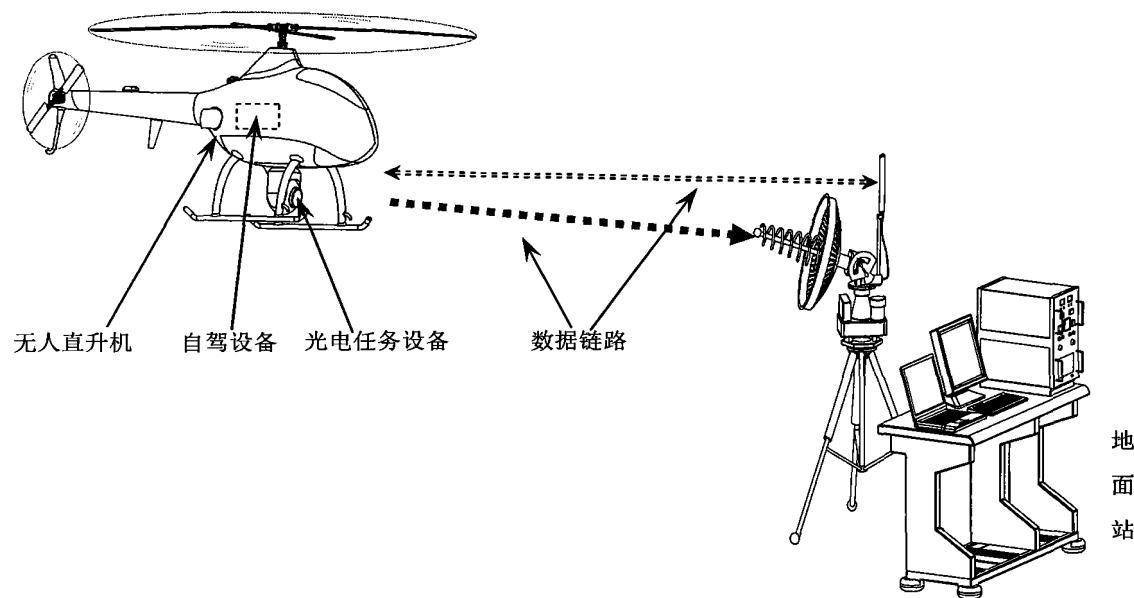


图 1

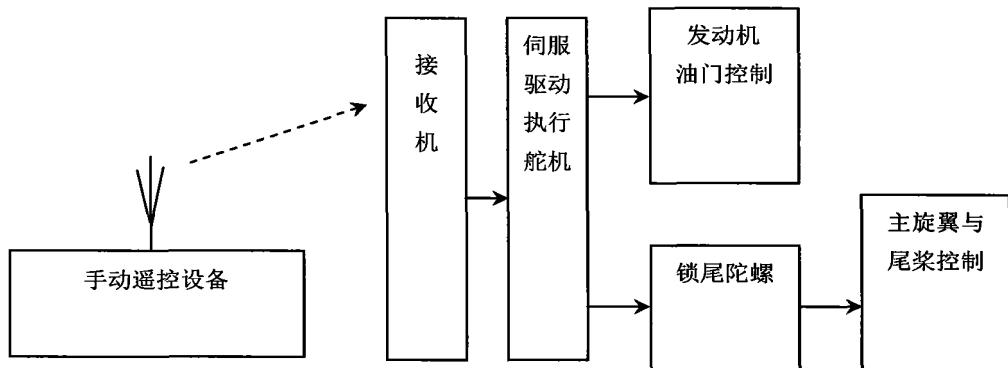


图 2

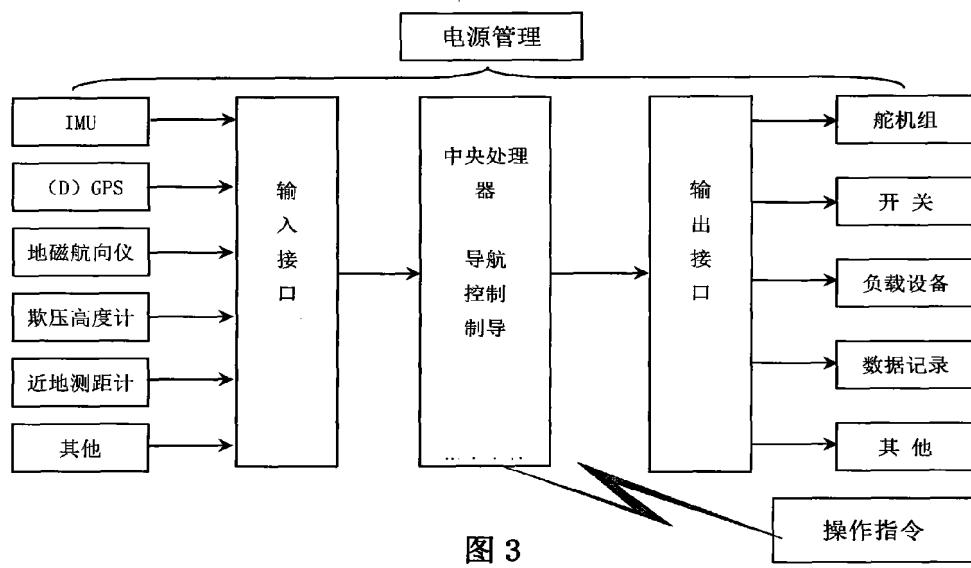


图 3

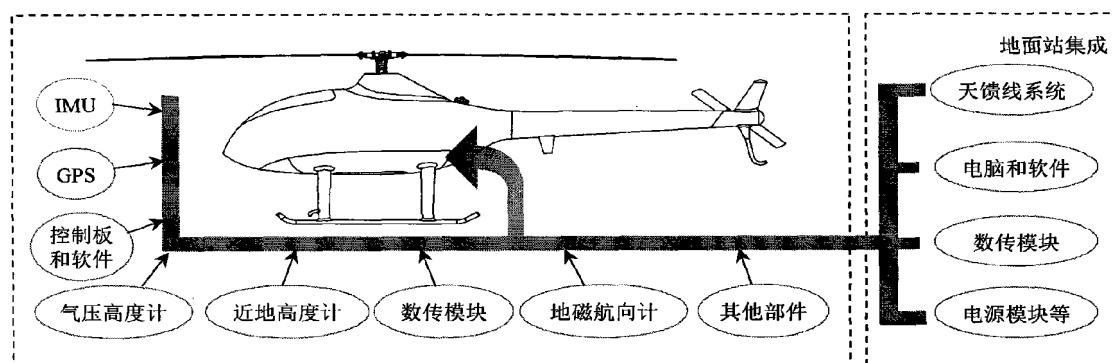


图 4

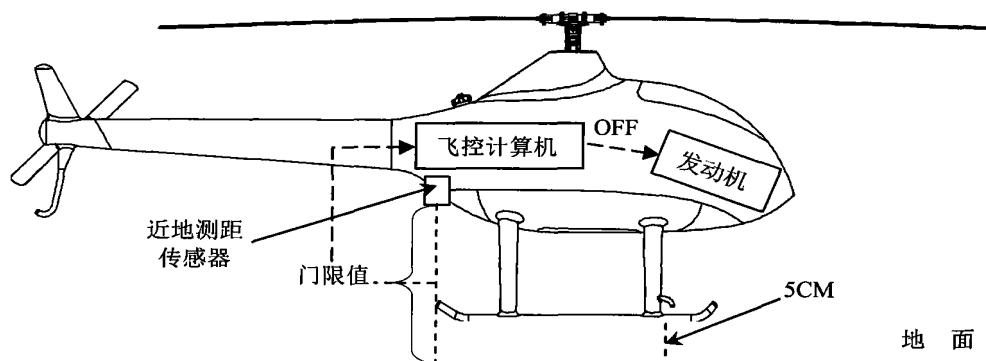


图 5

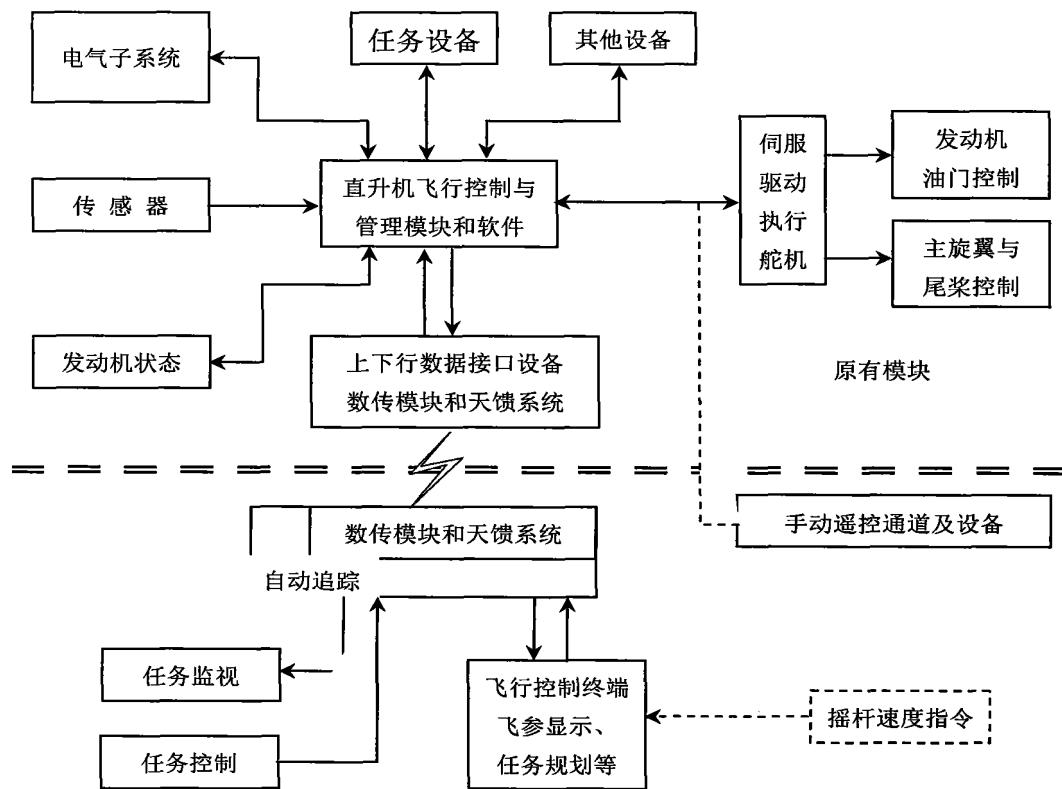


图 6