

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 6 月 4 日 (04.06.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/107310 A1

(51) 国际专利分类号:
B64C 27/08 (2006.01)

新南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/118099

(22) 国际申请日: 2018 年 11 月 29 日 (29.11.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 深圳市大疆创新科技有限公司 (SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。

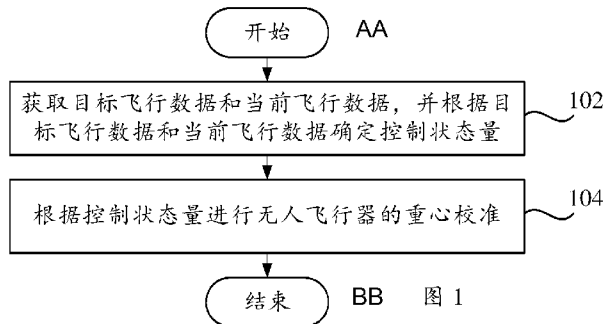
(72) 发明人: 王凯 (WANG, Kai); 中国广东省深圳市南山区高新南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。高翔 (GAO, Xiang); 中国广东省深圳市南山区高

(74) 代理人: 北京友联知识产权代理事务所 (普通合伙) (YOULINK INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 中国北京市海淀区学清路8号科技财富中心A座506室尚志峰, Beijing 100192 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: UNMANNED AERIAL VEHICLE CONTROL METHOD AND CONTROL DEVICE AND UNMANNED AERIAL VEHICLE

(54) 发明名称: 无人飞行器控制方法、控制装置及无人飞行器



102 Acquire target flight data and current flight data, and determine a control state amount according to the target flight data and the current flight data

104 Carry out centre-of-gravity calibration on the unmanned aerial vehicle according to the control state quantity

AA Start

BB End

(57) Abstract: An unmanned aerial vehicle control method, an unmanned aerial vehicle control device, an unmanned aerial vehicle, a system for an unmanned aerial vehicle, and a computer storage medium. The unmanned aerial vehicle control method comprises: acquiring target flight data and current flight data, and determining a control state amount according to the target flight data and the current flight data; and carrying out centre-of-gravity calibration on the unmanned aerial vehicle according to the control state quantity. By means of the technical solution, a deviation between the actual centre-of-gravity position and the standard position of the current unmanned aerial vehicle can be obtained, so that the degradation of flight quality caused by the deviation of the centre-of-gravity

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

position can be eliminated according to the deviation. This technical solution is simple and convenient for a user, has strong operability, and can improve the load adaptation capability of the unmanned aerial vehicle to a greater extent.

(57) 摘要: 一种无人飞行器控制方法、无人飞行器控制装置、无人飞行器、无人飞行器的系统以及计算机存储介质。其中, 无人飞行器控制方法包括: 获取目标飞行数据和当前飞行数据, 并根据目标飞行数据和当前飞行数据确定控制状态量; 以及根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准。采用该技术方案, 可获得当前无人飞行器的实际重心位置与标准位置的偏差, 从而能根据这一偏差消除重心位置偏差造成的飞行品质的下降, 该技术方案对于用户来说简单方便, 可操作性强, 并且能够更大限度地提升无人飞行器的负载适配能力。

无人飞行器控制方法、控制装置及无人飞行器

5 技术领域

本申请涉及飞行器技术领域，具体而言，涉及一种无人飞行器控制方法、无人飞行器控制装置、无人飞行器、无人飞行器的系统以及计算机存储介质。

10 背景技术

目前，多旋翼无人飞行器被大范围的应用于工业、农业等行业领域，这些领域中无人飞行器往往利用其挂载的设备而执行不同的工作任务，因此无人飞行器上所挂载的设备呈现多样化的趋势，有的负载是无人飞行器厂商配套提供的可用该型无人飞行器使用的设备，有的负载是用户自行设计或者购买的第三方设备。而这些负载的变动会使该无人飞行器的动力学模型与无人飞行器飞行控制系统设计时所依赖的模型相差较大，即使通过控制系统的鲁棒性设计能够保证无人飞行器可以进行正常的飞行操作，但在负载与标准负载差别较大时，无人飞行器的飞行品质还是难免会有不同程度的下降。例如当负载的变动导致整个无人飞行器系统的重心较标准状态移动超过一定程度后，无人飞行器在起飞离地瞬间往往出现姿态抖一下的“起飞点头”问题，这种现象还会使得无人飞行器离地后立刻相对起飞点横移一小段距离，这可能会撞上周围的物体、人群甚至飞手自己。

针对上述问题，一些无人飞行器厂商通过声明对负载的要求来限制负载的安装位置以及重量来减弱重心偏置的影响，这样会牺牲一定的负载能力；一些无人飞行器会要求用户手动测量重心的位置并将其输入进无人飞行器的模型系统中来解决该问题，这样的操作对于大部分用户来说都过于复杂且不实际，也影响用户体验；一些会通过控制器进行改进，提高控制器的自适应性，但是在每次起飞离地时仍然会因为尚未来得及对模型进行估计而造成起飞姿态“点头”、位置“横漂”的现象。

发明内容

本申请旨在至少解决现有技术或相关技术中存在的技术问题之一。

为此，本申请的第一个方面在于提出了一种无人飞行器控制方法。

本申请的第二个方面在于提出了一种无人飞行器控制装置。

5 本申请的第三个方面在于提出了一种无人飞行器。

本申请的第四个方面在于提出了一种无人飞行器的系统。

本申请的第五个方面在于提出了一种计算机存储介质。

有鉴于此，根据本申请的第一个方面，提出了一种无人飞行器控制方法，包括：获取目标飞行数据和当前飞行数据，并根据目标飞行数据和当前飞行数据确定控制状态量；以及根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准。

本申请提出的无人飞行器控制方法中，获取无人飞行器的目标飞行数据和当前飞行数据，在控制无人飞行器飞行过程中，根据目标飞行数据和当前飞行数据给出至少四个控制状态量：总拉力命令、偏航轴扭矩命令、俯仰轴扭矩命令、横滚轴扭矩命令，上述四个控制状态量对应于无人飞行器因为各个电机而受到的力和力矩，也就是总拉力、偏航轴扭矩、俯仰轴扭矩、横滚轴扭矩。进一步地，根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准，即获得无人飞行器的重心与无人飞行器的拉力中心的偏差。采用本申请的技术方案，可获得当前无人飞行器的实际重心位置与标准位置的偏差，从而能根据这一偏差而消除重心位置偏差造成的飞行品质的下降，本申请的技术方案对于用户来说简单方便，可操作性强，并且能够更大幅度地提升无人飞行器的负载适配能力。

根据本申请的第二个方面，提出了一种无人飞行器控制装置，包括：处理器，用于获取目标飞行数据和当前飞行数据，根据目标飞行数据和当前飞行数据确定控制状态量，并根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准。

本申请提出的无人飞行器控制装置中，处理器获取无人飞行器的目标飞行数据和当前飞行数据，在控制无人飞行器飞行过程中，根据目标飞行数据和当前飞行数据给出至少四个控制状态量：总拉力命令、偏航轴扭矩

命令、俯仰轴扭矩命令、横滚轴扭矩命令，上述四个控制状态量对应于无人飞行器因为各个电机而受到的力和力矩，也就是总拉力、偏航轴扭矩、俯仰轴扭矩、横滚轴扭矩。进一步地，处理器根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准，即获得无人飞行器的重心与无人飞行器的拉力中心的偏差。采用本申请的技术方案，可通过无人飞行器控制装置获得当前无人飞行器的实际重心位置与标准位置的偏差，从而能根据这一偏差而消除重心位置偏差造成的飞行品质的下降，本申请的技术方案对于用户来说简单方便，可操作性强，并且能够更大限度地提升无人飞行器的负载适配能力。

根据本申请的第三个方面，提出了一种无人飞行器，包括动力装置，还包括：控制器，用于获取目标飞行数据和当前飞行数据，并根据目标飞行数据和当前飞行数据确定控制状态量；以及根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准。

本申请提出的无人飞行器中，控制器获取无人飞行器的目标飞行数据和当前飞行数据，在控制无人飞行器飞行过程中，根据目标飞行数据和当前飞行数据给出至少四个控制状态量：总拉力命令、偏航轴扭矩命令、俯仰轴扭矩命令、横滚轴扭矩命令，上述四个控制状态量对应于无人飞行器因为各个电机而受到的力和力矩，也就是总拉力、偏航轴扭矩、俯仰轴扭矩、横滚轴扭矩。进一步地，控制器根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准，即获得无人飞行器的重心与无人飞行器的拉力中心的偏差。采用本申请的技术方案，可通过无人飞行器获得当前无人飞行器的实际重心位置与标准位置的偏差，从而能根据这一偏差而消除重心位置偏差造成的飞行品质的下降，本申请的技术方案对于用户来说简单方便，可操作性强，并且能够更大限度地提升无人飞行器的负载适配能力。

根据本申请的第四个方面，提出了一种无人飞行器的系统，包括：控制终端，用于向无人飞行器发送重心校准指令；无人飞行器，用于根据重心校准指令进行重心校准，得到校准结果。

本申请提出的无人飞行器的系统中包括控制终端和无人飞行器，用户在使用无人飞行器进行负载时，通过控制终端向无人飞行器发送重心校准指令，无人飞行器接收该重心校准指令，实现重心校准得到校准结果，

校准结果可包括：校准成功、校准失败、校准数据等。采用本申请的技术方案，可获得当前无人飞行器的实际重心位置与标准位置的偏差，从而能根据这一偏差而消除重心位置偏差造成的飞行品质的下降，本申请的技术方案对于用户来说简单方便，可操作性强，并且能够更大限度地提升无人飞行器的负载适配能力。

根据本申请的第五个方面，提出了一种计算机存储介质，计算机存储介质中存储有程序指令，程序指令用于实现：获取目标飞行数据和当前飞行数据，并根据目标飞行数据和当前飞行数据确定控制状态量；以及根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准。

本申请提出的计算机存储介质存储有程序指令，程序指令用于实现：获取无人飞行器的目标飞行数据和当前飞行数据，在控制无人飞行器飞行过程中，根据目标飞行数据和当前飞行数据给出至少四个控制状态量：总拉力命令、偏航轴扭矩命令、俯仰轴扭矩命令、横滚轴扭矩命令，上述四个控制状态量对应于无人飞行器因为各个电机而受到的力和力矩，也就是总拉力、偏航轴扭矩、俯仰轴扭矩、横滚轴扭矩。进一步地，根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准，即获得无人飞行器的重心与无人飞行器的拉力中心的偏差。采用本申请的技术方案，可获得当前无人飞行器的实际重心位置与标准位置的偏差，从而能根据这一偏差而消除重心位置偏差造成的飞行品质的下降，本申请的技术方案对于用户来说简单方便，可操作性强，并且能够更大限度地提升无人飞行器的负载适配能力。

本申请的附加方面和优点将在下面的描述部分中变得明显，或通过本申请的实践了解到。

附图说明

本申请的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

图 1 示出了本申请的一个实施例的无人飞行器控制方法的流程示意图；

图 2 示出了本申请的一个实施例的无人飞行器重心偏置示意图；

图 3 示出了本申请的一个实施例的重心偏置情况下的单通道的受力分析图；

图 4 示出了本申请的一个实施例的无人飞行器控制装置的示意图；

图 5 示出了本申请的一个实施例的无人飞行器的示意图；

5 图 6 示出了本申请的一个实施例的无人飞行器的飞行控制系统示意图；

图 7 示出了本申请的一个实施例的无人飞行器的系统的示意图；

图 8 示出了本申请的一个实施例的重心校准操作的交互实现示意图。

10 具体实施方式

为了能够更清楚地理解本申请的上述目的、特征和优点，下面结合附图和具体实施方式对本申请进行进一步的详细描述。需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

15 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本申请，但是，本申请还可以采用其他不同于在此描述的其他方式来实施，因此，本申请的保护范围并不限于下面公开的具体实施例的限制。

本申请第一方面的实施例，提出一种无人飞行器控制方法，图 1 示出了本申请的一个实施例的无人飞行器控制方法的流程示意图。其中，该方法包括：

20 步骤 102，获取目标飞行数据和当前飞行数据，并根据目标飞行数据和当前飞行数据确定控制状态量。

在一种实施例中，所述控制状态量包括至少四个控制状态量：总拉力命令、偏航轴扭矩命令、俯仰轴扭矩命令、横滚轴扭矩命令。具体地，获取无人飞行器的目标飞行数据和当前飞行数据，在控制无人飞行器飞行过程中，根据目标飞行数据和当前飞行数据给出至少四个控制状态量：总拉力命令、偏航轴扭矩命令、俯仰轴扭矩命令、横滚轴扭矩命令。进一步地，无人飞行器包括动力装置，该动力装置可以诸如是至少一个电机，上述四个控制状态量对应于无人飞行器因为各个电机而受到的力和力矩，也就是总拉力、偏航轴扭矩、俯仰轴扭矩、横滚轴扭矩。

步骤 104, 根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准。

进一步地, 根据步骤 102 中获取的控制状态量进行无人飞行器的重心校准。进一步地, 根据控制状态量获得无人飞行器的重心与无人飞行器的拉力中心的偏差。

5 在一些实施例中, 步骤 104, 根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准的步骤包括: 根据控制状态量, 计算无人飞行器的重心与无人飞行器的拉力中心的偏置数据。

在一些实施例中, 偏置数据包括以下一种或其组合: 偏置位置、偏置质量、偏置力、偏置力矩。

10 在该实施例中, 根据控制状态量计算得到无人飞行器的重心与无人飞行器的拉力中心的偏置数据, 即无人飞行器的实际重心位置与标准位置的偏差, 偏置数据可以为偏置位置、偏置质量、偏置力、偏置力矩等数据。

在一种实施例中, 无人飞行器的飞行控制器在控制无人飞行器飞行过程中会持续的给出至少四个控制状态量: 总拉力命令 T_c 、偏航轴扭矩命令 τ_{zc} 、俯仰轴扭矩命令 τ_{yc} 、横滚轴扭矩命令 τ_{xc} , 这四个控制状态量对应于无人
15 人机最终将因为各个电机的转速而受到的力和力矩, 也就是总拉力 T 、偏航轴扭矩 τ_z 、俯仰轴扭矩 τ_y 、横滚轴扭矩 τ_x 。

定义所有电机位置围绕出的正多边形的外接圆的圆心为等效拉力中心。如图 2 所示, 以四旋翼无人飞行器为例, 包括四个电机, O 点即为该
20 四旋翼无人飞行器的等效拉力中心, 根据力的平移定理, 可以将所有电机的拉力等效于作用等效拉力中心上的总拉力 T 加上两个绕水平轴的力矩 τ_x 、 τ_y 。

当无人飞行器的重心与拉力重心完全重合时, 根据二力平衡法则, 只需要满足拉力等于重力, 即 $T=G$, 可以维持无人飞行器的平衡, 此时无人
25 飞行器的两个水平旋转轴上的力矩将接近于零。但是若无人飞行器的重心与等效拉力中心不重合, 则用户还需手动调节无人飞行器力矩才能维持平衡。以横滚方向上的不重合为例, 可做受力分析图如图 3 所示, 根据刚体受力平衡法则, 当无人飞行器维持悬停的稳定状态时, 必然有

$$T = G \quad (1)$$

$$T \times d_y + \tau_x = 0 \quad (2)$$

在无人飞行器已达到稳定状态时，有

$$T = T_c \quad (3)$$

$$\tau_x = \tau_{xc} \quad (4)$$

5 因此可以得到 $d_y = -\tau_{xc}/T_c$ ，同理可得 $d_x = -\tau_{yc}/T_c$ 。因此，在无人飞行器保持悬停的情况下，无人飞行器的飞控系统可以利用上述公式计算出当前挂载下无人飞行器重心相对桨面中心的水平位置，即偏置距离。

当然，偏置数据不限于偏置距离，在其他实施例中，偏置数据可以包括以下一种或其组合：偏置位置、偏置质量、偏置力、偏置力矩。例如，
10 对于一些建模不够准确的无人飞行器，估计的重心偏置量不一定是真实偏置距离，而是垂直通道到各转动通道的控制补偿值，例如偏置质量、偏置力、偏置力矩等数据。本实施例仅为示例性说明，在此不作限定。

在一些实施例中，还包括：存储偏置数据。

在该实施例中，在标定出偏置数据后，可将该偏置数据保存到 Flash、
15 EEPROM 等非易失存储器，在承载相同负载的情况下，无人飞行器每次在上电后都加载该偏置数据，在每次起飞时无人飞行器都能根据该偏置数据前馈控制，使得等效拉力中心也作用于实际的重心上，这样的提前补偿就能消除前述的“起飞点头”问题。在一些实施例中，还包括：根据偏置数据生成控制分量，并根据控制分量控制无人飞行器的动力装置。

20 在该实施例中，根据偏置数据生成控制分量，根据控制分量控制无人飞行器的动力装置，以减小偏置数据，使无人飞行器稳定飞行，提升飞行品质。飞控系统能更加准确的分配各个控制通道的控制量，降低通道间的耦合量。例如，在每次起飞时无人飞行器的控制系统就能根据存储的偏置数据通过前馈控制，准确分配各个动力装置的拉力，使得等效拉力中心也
25 作用于实际的重心上，这样的提前补偿就能消除前述的“起飞点头”问题。或者在无人飞行器飞行的过程中准确分配各个动力装置的拉力，使得等效拉力中心也作用于实际的重心上，保证飞行品质。

在一些实施例中，还包括：将偏置数据与预设阈值进行比较，根据比较结果确定无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围。

5 在一些实施例中，根据比较结果确定无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围的步骤包括：在比较结果为偏置数据大于或等于预设阈值的情况下，确定无人飞行器的负载安装位置超过规定安装范围；在比较结果为偏置数据小于预设阈值的情况下，确定无人飞行器的负载安装位置未超过规定安装范围。可以理解，在其他实施方式中，也可以按照其他合适的预先设置的规则来根据比较结果确定无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围；例如，在比较结果为偏置数据大于预设阈值的情况下，确定无人飞行器的负载安装位置超过规定安装范围；在比较结果为偏置数据小于或等于预设阈值的情况下，确定无人飞行器的负载安装位置未超过规定安装范围，在此不作限定。

10 在一种实施例中，计算出偏置数据后，可以通过跟该款无人飞行器所支持的预设阈值（即偏置范围）进行比较，告知用户负载的安装位置是否超过预设阈值，使得无人飞行器能够自行检测是否支持该负载安装，或者负载安装的位置是否合理。

15 在一些实施例中，还包括：记录预设时间段内的控制状态量，并根据预设时间段内的控制状态量进行无人飞行器的重心校准。

在该实施例中，在一段时间内记录为消除重心偏置而输出的各控制状态量，统计一段时间内的控制状态量后可通过求取平均值等方法消除控制状态量的随机误差，以消除诸如风或飞机振动而引入的干扰，然后再计算出偏置数据，提高计算偏置数据的准确性。

20 在一些实施例中，在根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准的步骤之前还包括：获取无人飞行器的状态数据，并判断状态数据是否满足重心校准条件；当状态数据满足重心校准条件时，进入根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准的步骤。

25 在一些实施例中，状态数据包括以下一种或其组合：定位数据、图像数据、姿态数据、加速度数据、角速度数据。

在一些实施例中，重心校准条件包括无人飞行器处于平衡状态。

在一些实施例中，重心校准条件还包括无人飞行器的惯性测量单元已进行数据校准。

在该实施例中，在进行无人飞行器的重心校准前，需判断状态数据是否满足允许重心校准的条件，例如，重心校准条件为无人飞行器是否处于平衡状态，只有在无人飞行器处于平衡状态时进行的重心校准才是准确的，其中平衡状态包括悬停模式、定位模式下航向转动过程中水平位置静止的模式。重心校准条件还可以为无人飞行器的惯性测量单元已进行数据校准，在无人飞行器处于平衡状态的基础上保证惯性测量单元获取的数据均为准确数据，由此提高重心校准的准确性。

在一些实施例中，还包括：获取无人飞行器的周围环境数据，并判断周围环境数据是否满足重心校准条件；当周围环境数据满足重心校准条件时，进入根据所述控制状态量进行无人飞行器的重心校准的步骤。

在一些实施例中，周围环境数据包括周围环境气流或周围环境风速。

在一些实施例中，重心校准条件包括无人飞行器所处环境的风速小于预设风速。

在该实施例中，周围环境数据可以根据无人机的姿态得到，也可以根据其他外部传感器，例如风力计或者从云端气象站得到的信息获取。在周围环境为无风环境时不会给无人飞行器带来气流干扰的外力，避免无人飞行器的重心校准出现干扰。

在具体实施例中，重心校准条件可以包括：

(1) 无人飞行器具备定位悬停能力：在上述的算法中，都是在假设无人飞行器已经处于平衡状态，也就是只有当无人飞行器处于静止状态时，上述推导过程才能够成立，由于依靠人来维持多旋翼的无人飞行器的平衡十分困难，因此要求无人飞行器必须具备无需手动操作的定位悬停能力。进一步地，可通过定位数据、图像数据、姿态数据等判断无人飞行器是否处于平衡状态，例如，可以通过定位装置（如全球定位系统 GPS、载波相位差分技术 RTK 等）获取无人飞行器的位置信息，当获取的无人飞行器的位置未发生变化时可以认为无人飞行器处于悬停状态；或者也可以在一定时间间隔内通过视觉传感器获取无人飞行器的周围环境的多张图像，并对获取的多张图像进行图像处理，当获取的图像中的物体位置未发生变化时可以认为无人飞行器处于悬停状态；或者还可以通过惯性测量单元（IMU）

获取无人飞行器的加速度、速度信息，当无人飞行器的加速度与速度为零时，可以认为无人飞行器处于悬停状态，在其他实施方式中，也可以通过上述判断方式中的一种或几种的数据融合进行判断，以提高判断的准确度。

(2) 周围气流稳定且无风：当周围环境风速较大，无人飞行器还会受到气流干扰带来的外力，使得无人飞行器即使处于定位悬停状态，由于引入了新的难以估算且无法忽视的外力，上述的公式推导也将失效，因此要求进行校准的环境必须是无风的平静气流环境。可根据无人飞行器倾斜角度数据等判断无人飞行器是否处于无风环境，获取设置风力采集装置来判断。

(3) 无人飞行器的 IMU（惯性测量单元）校准正确：IMU 必须已经通过校准消除了由于温度等带来的稳态误差，否则该误差会被上述算法认为是重心偏置引发的。现在常见的无人飞行器都具备 IMU 校准功能，推荐在每次进行重心校准之前，进行 IMU 的重新校准。

在一些实施例中，无人飞行器距离地面的距离大于预设距离。在该实施例中，保证无人飞行器距离地面预设距离，例如距离地面有 2 米以上的高度，以减小地面所带来的紊流影响。

在一些实施例中，当不满足重心校准条件时，停止校准，并发送第一指令至控制终端。在该实施例中，第一指令包括不满足重心校准条件的原因和调整建议信息。

在一些实施例中，当校准失败时，停止校准，并发送第二指令至控制终端。在该实施例中，在该实施例中，第二指令包括校准失败原因。

采用本申请的技术方案，可获得当前无人飞行器的实际重心位置与标准位置的偏差，从而能根据这一偏差而消除重心位置偏差造成的飞行品质的下降，本申请的技术方案对于用户来说简单方便，可操作性强，并且能够更大限度地提升无人飞行器的负载适配能力，用户可以适配自己的负载到无人飞行器机架上而不用担心飞行品质的恶化，使得无人飞行器支持第三方负载的能力有明显的提高。

本申请第二方面的实施例，提出一种无人飞行器控制装置，图 4 示出了本申请的一个实施例的无人飞行器控制装置 40 的示意图。其中，该控制

装置 40 包括：

处理器 402，用于获取目标飞行数据和当前飞行数据，根据目标飞行数据和当前飞行数据确定控制状态量，并根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准。

5 在一种实施例中，所述控制状态量包括至少四个控制状态量：总拉力命令、偏航轴扭矩命令、俯仰轴扭矩命令、横滚轴扭矩命令。具体地，获取无人飞行器的目标飞行数据和当前飞行数据，在控制无人飞行器飞行过程中，根据目标飞行数据和当前飞行数据给出至少四个控制状态量：总拉力命令、偏航轴扭矩命令、俯仰轴扭矩命令、横滚轴扭矩命令。进一步地，
10 无人飞行器包括动力装置，该动力装置可以诸如是至少一个电机，上述四个控制状态量对应于无人飞行器因为各个电机而受到的力和力矩，也就是总拉力、偏航轴扭矩、俯仰轴扭矩、横滚轴扭矩。进一步地，根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准。进一步地，根据控制状态量获得无人飞行器的重心与无人飞行器的拉力中心的偏差。

15 在一些实施例中，处理器 402 可以包括一个或多个微处理器。

 在一些实施例中，处理器 402 根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准包括：根据控制状态量，计算无人飞行器的重心与无人飞行器的拉力中心的偏置数据。

20 在一些实施例中，偏置数据包括以下一种或其组合：偏置位置、偏置质量、偏置力、偏置力矩。

 在该实施例中，根据控制状态量计算得到无人飞行器的重心与无人飞行器的拉力中心的偏置数据，即无人飞行器的实际重心位置与标准位置的偏差，偏置数据可以为偏置位置、偏置质量、偏置力、偏置力矩等数据。

25 在一种实施例中，无人飞行器的飞行控制器在控制无人飞行器飞行过程中会持续的给出至少四个控制状态量：总拉力命令 T_c 、偏航轴扭矩命令 τ_{zc} 、俯仰轴扭矩命令 τ_{yc} 、横滚轴扭矩命令 τ_{xc} ，这四个控制状态量对应于无人机最终将因为各个电机的转速而受到的力和力矩，也就是总拉力 T 、偏航轴扭矩 τ_z 、俯仰轴扭矩 τ_y 、横滚轴扭矩 τ_x 。

 定义所有电机位置围绕出的正多边形的外接圆的圆心为等效拉力中

心。如图 2 所示，以四旋翼无人飞行器为例，包括四个电机，O 点即为该四旋翼无人飞行器的等效拉力中心，根据力的平移定理，可以将所有电机的拉力等效于作用等效拉力中心上的总拉力 T 加上两个绕水平轴的力矩 τ_x 、 τ_y 。

- 5 当无人飞行器的重心与拉力重心完全重合时，根据二力平衡法则，只需要满足拉力等于重力，即 $T=G$ ，可以维持无人飞行器的平衡，此时无人飞行器的两个水平旋转轴上的力矩将接近于零。但是若无人飞行器的重心与等效拉力中心不重合，则用户还需手动调节无人飞行器力矩才能维持平衡。以横滚方向上的不重合为例，可做受力分析图如图 3 所示，根据刚体
- 10 受力平衡法则，当无人飞行器维持悬停的稳定状态时，同样地，必然有

$$T = G \quad (1)$$

$$T \times d_y + \tau_x = 0 \quad (2)$$

在无人飞行器已达到稳定状态时，有

$$T = T_c \quad (3)$$

$$15 \quad \tau_x = \tau_{xc} \quad (4)$$

因此可以得到 $d_y = -\tau_{xc}/T_c$ ，同理可得 $d_x = -\tau_{yc}/T_c$ 。因此，在无人飞行器保持悬停的情况下，无人飞行器的飞控系统可以利用上述公式计算出当前挂载下无人飞行器重心相对桨面中心的水平位置，即偏置距离。

- 当然，偏置数据不限于偏置距离，在其他实施例中，偏置数据可以包括以下一种或其组合：偏置位置、偏置质量、偏置力、偏置力矩。例如，
- 20 对于一些建模不够准确的无人飞行器，估计的重心偏置量不一定是真实偏置距离，而是垂直通道到各转动通道的控制补偿值，例如偏置质量、偏置力、偏置力矩等数据。本实施例仅为示例性说明，在此不作限定。

在一些实施例中，还包括：存储器 404，用于存储偏置数据。

- 25 在该实施例中，在标定出偏置数据后，可将该偏置数据保存到 Flash、EEPROM 等非易失存储器，在承载相同负载的情况下，无人飞行器每次在上电后都加载该偏置数据，在每次起飞时无人飞行器都能根据该偏置数据前馈控制，使得等效拉力中心也作用于实际的重心上，这样的提前补偿就能消除前述的“起飞点头”问题。

在一些实施例中，存储器 404 可以为串行存储器，或者并行存储器。存储器 404 可以为 RAM 存储器，或者 ROM 存储器。

在一些实施例中，处理器 402 还用于根据偏置数据生成控制分量，并根据控制分量控制无人飞行器的动力装置。

- 5 在该实施例中，根据偏置数据生成控制分量，根据控制分量控制无人飞行器的动力装置，以减小偏置数据，使无人飞行器稳定飞行，提升飞行品质。飞控系统能更加准确的分配各个控制通道的控制量，降低通道间的耦合量。例如，在每次起飞时无人飞行器的控制系统就能根据存储的偏置数据通过前馈控制，准确分配各个动力装置的拉力，使得等效拉力中心也
- 10 作用于实际的重心上，这样的提前补偿就能消除前述的“起飞点头”问题。或者在无人飞行器飞行的过程中准确分配各个动力装置的拉力，使得等效拉力中心也作用于实际的重心上，保证飞行品质。

在一些实施例中，处理器 402 还用于将偏置数据与预设阈值进行比较，根据比较结果确定无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围。

- 15 在一些实施例中，处理器 402 根据比较结果确定无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围包括：在比较结果为偏置数据大于等于预设阈值的情况下，确定无人飞行器的负载安装位置超过规定安装范围，在比较结果为偏置数据小于预设阈值的情况下，确定无人飞行器的负载安装位置未超过规定安装范围。可以理解，在其他实施方式中，也可以按照其他
- 20 合适的预先设置的规则来根据比较结果确定无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围；例如，在比较结果为偏置数据大于预设阈值的情况下，确定无人飞行器的负载安装位置超过规定安装范围；在比较结果为偏置数据小于或等于预设阈值的情况下，确定无人飞行器的负载安装位置未超过规定安装范围，在此不作限定。

- 25 在一种实施例中，计算出偏置数据后，可以通过跟该款无人飞行器所支持的预设阈值（即偏置范围）进行比较，告知用户负载的安装位置是否超过预设阈值，使得无人飞行器能够自行检测是否支持该负载安装，或者负载安装的位置是否合理。

在一些实施例中，处理器 402 还用于记录预设时间段内的控制状态量，

并根据预设时间段内的控制状态量进行无人飞行器的重心校准。

在该实施例中，在一段时间内记录为消除重心偏置而输出的各控制状态量，统计一段时间内的控制状态量后可通过求取平均值等方法消除控制状态量的随机误差，以消除诸如风或飞机振动而引入的干扰，然后再计算出偏置数据，提高计算偏置数据的准确性。

在一些实施例中，处理器 402 还用于获取无人飞行器的状态数据，并判断状态数据是否满足重心校准条件，当状态数据满足重心校准条件时，根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准。

在一些实施例中，状态数据包括以下一种或其组合：定位数据、图像数据、姿态数据、加速度数据、角速度数据。

在一些实施例中，重心校准条件包括无人飞行器处于平衡状态。

在一些实施例中，重心校准条件还包括无人飞行器的惯性测量单元已进行数据校准。

在该实施例中，在进行无人飞行器的重心校准前，需判断状态数据是否满足允许重心校准的条件，例如，重心校准条件为无人飞行器是否处于平衡状态，只有在无人飞行器处于平衡状态时进行的重心校准才是准确的，其中平衡状态包括悬停模式、定位模式下航向转动过程中水平位置静止的模式。重心校准条件还可以为无人飞行器的惯性测量单元已进行数据校准，在无人飞行器处于平衡状态的基础上保证惯性测量单元获取的数据均为准确数据，由此提高重心校准的准确性。

在一些实施例中，处理器 402 还用于获取无人飞行器的周围环境数据，并判断周围环境数据是否满足重心校准条件；当周围环境数据满足重心校准条件时，进入根据所述控制状态量进行无人飞行器的重心校准的步骤。

在一些实施例中，周围环境数据包括周围环境气流或周围环境风速。

在一些实施例中，重心校准条件包括无人飞行器所处环境的风速小于预设风速。

在该实施例中，周围环境数据可以根据无人机的姿态得到，也可以根据其他外部传感器，例如风力计或者从云端气象站得到的信息获取。在周围环境为无风环境时不会给无人飞行器带来气流干扰的外力，避免无人飞

行器的重心校准出现干扰。

在具体实施例中，重心校准条件可以包括：

(1) 无人飞行器具备定位悬停能力：在上述的算法中，都是在假设无人飞行器已经处于平衡状态，也就是只有当无人飞行器处于静止状态时，上述推导过程才能够成立，由于依靠人来维持多旋翼的无人飞行器的平衡十分困难，因此要求无人飞行器必须具备无需手动操作的定位悬停能力。进一步地，可通过定位数据、图像数据、姿态数据等判断无人飞行器是否处于平衡状态，例如，可以通过定位装置（如全球定位系统 GPS、载波相位差分技术 RTK 等）获取无人飞行器的位置信息，当获取的无人飞行器的位置未发生变化时可以认为无人飞行器处于悬停状态；或者也可以在一定时间间隔内通过视觉传感器获取无人飞行器的周围环境的多张图像，并对获取的多张图像进行图像处理，当获取的图像中的物体位置未发生变化时可以认为无人飞行器处于悬停状态；或者还可以通过惯性测量单元（IMU）获取无人飞行器的加速度、速度信息，当无人飞行器的加速度与速度为零时，可以认为无人飞行器处于悬停状态，在其他实施方式中，也可以通过上述判断方式中的一种或几种的数据融合进行判断，以提高判断的准确度。

(2) 周围气流稳定且无风：当周围环境风速较大，无人飞行器还会受到气流干扰带来的外力，使得无人飞行器即使处于定位悬停状态，由于引入了新的难以估算且无法忽视的外力，上述的公式推导也将失效，因此要求进行校准的环境必须是无风的平静气流环境。可根据无人飞行器倾斜角度数据等判断无人飞行器是否处于无风环境，获取设置风力采集装置来判断。

(3) 无人飞行器的 IMU（惯性测量单元）校准正确：IMU 必须已经通过校准消除了由于温度等带来的稳态误差，否则该误差会被上述算法认为是重心偏置引发的。现在常见的无人飞行器都具备 IMU 校准功能，推荐在每次进行重心校准之前，进行 IMU 的重新校准。

在一些实施例中，无人飞行器距离地面的距离大于预设距离。在该实施例中，保证无人飞行器距离地面预设距离，例如距离地面有 2 米以上的高度，以减小地面所带来的紊流影响。

在一些实施例中，处理器 402 还用于当不满足重心校准条件时，停止校准，并发送第一指令至控制终端。在该实施例中，第一指令包括不满足重心校准条件的原因和调整建议信息。

5 在一些实施例中，处理器 402 还用于当校准失败时，停止校准，并发送第二指令至控制终端。在该实施例中，在该实施例中，第二指令包括校准失败原因。

10 采用本申请的技术方案，可获得当前无人飞行器的实际重心位置与标准位置的偏差，从而能根据这一偏差而消除重心位置偏差造成的飞行品质的下降，本申请的技术方案对于用户来说简单方便，可操作性强，并且能够更大限度地提升无人飞行器的负载适配能力，用户可以适配自己的负载到无人飞行器机架上而不用担心飞行品质的恶化，使得无人飞行器支持第三方负载的能力有明显的提高。

本申请第三方面的实施例，提出了一种无人飞行器，图 5 示出了本申请的一个实施例的无人飞行器 50 的示意图。其中，该无人飞行器 50 包括：
15 控制器 502，用于获取目标飞行数据和当前飞行数据，并根据目标飞行数据和当前飞行数据确定控制状态量；以及根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准。

20 在一种实施例中，所述控制状态量包括至少四个控制状态量：总拉力命令、偏航轴扭矩命令、俯仰轴扭矩命令、横滚轴扭矩命令。具体地，控制器 502 获取无人飞行器 50 的目标飞行数据和当前飞行数据，在控制无人飞行器 50 飞行过程中，根据目标飞行数据和当前飞行数据给出至少四个控制状态量：总拉力命令、偏航轴扭矩命令、俯仰轴扭矩命令、横滚轴扭矩命令。进一步地，无人飞行器包括动力装置，该动力装置可以诸如是至少一个电机，上述四个控制状态量对应于无人飞行器 50 因为各个电机而受到的力和力矩，也就是总拉力、偏航轴扭矩、俯仰轴扭矩、横滚轴扭矩。进
25 一步地，根据控制状态量进行无人飞行器 50 的重心校准。进一步地，根据控制状态量获得无人飞行器 50 的重心与无人飞行器 50 的拉力中心的偏差。

在一些实施例中，控制器 502 可以包括一个或多个微处理器。

在一些实施例中，控制器 502 根据控制状态量进行无人飞行器的重心

校准包括：根据控制状态量，计算无人飞行器的重心与无人飞行器的拉力中心的偏置数据。

在一些实施例中，偏置数据包括以下一种或其组合：偏置位置、偏置质量、偏置力、偏置力矩。

- 5 在该实施例中，根据控制状态量计算得到无人飞行器的重心与无人飞行器的拉力中心的偏置数据，即无人飞行器的实际重心位置与标准位置的偏差，偏置数据可以为偏置位置、偏置质量、偏置力、偏置力矩等数据。

10 在一种实施例中，无人飞行器的飞行控制系统如图 6 所示，包括飞行控制器 602、电机 604、推进机构 606（例如螺旋桨）、传感器 608，通过飞行控制系统来实现无人飞行器的稳定与操纵，具体地，遥控器或者上位机的速度指令或者位置指令作为目标飞行状态输入至飞行控制器 602，传感器 608 获取当前飞行状态并发送至飞行控制器 602，飞行控制器 602 根据当前飞行状态和目标飞行状态进行计算分析，生成指令并发送至电机 604，电机 604 带动推进机构 606 对无人飞行器姿态进行调整。其中，传感器 608 可以为推进机构 606、电机 604 等无人飞行器部件的传感器，也可以设置在无人飞行器其他合适位置，用于获取无人飞行器的当前飞行状态。

20 在控制无人飞行器飞行过程中会持续的给出至少四个控制状态量：总拉力命令 T_c 、偏航轴扭矩命令 τ_{zc} 、俯仰轴扭矩命令 τ_{yc} 、横滚轴扭矩命令 τ_{xc} ，这四个控制状态量对应于无人机最终将因为各个电机的转速而受到的力和力矩，也就是总拉力 T 、偏航轴扭矩 τ_z 、俯仰轴扭矩 τ_y 、横滚轴扭矩 τ_x 。

25 定义所有电机位置围绕出的正多边形的外接圆的圆心为等效拉力中心。如图 2 所示，以四旋翼无人飞行器为例，包括四个电机，O 点即为该四旋翼无人飞行器的等效拉力中心，根据力的平移定理，可以将所有电机的拉力等效于作用等效拉力中心上的总拉力 T 加上两个绕水平轴的力矩 τ_x 、 τ_y 。

当无人飞行器的重心与拉力重心完全重合时，根据二力平衡法则，只需要满足拉力等于重力，即 $T=G$ ，可以维持无人飞行器的平衡，此时无人飞行器的两个水平旋转轴上的力矩将接近于零。但是若无人飞行器的重心与等效拉力中心不重合，则用户还需手动调节无人飞行器力矩才能维持平

衡。以横滚方向上的不重合为例，可做受力分析图如图 3 所示，根据刚体受力平衡法则，当无人飞行器维持悬停的稳定状态时，同样地，必然有

$$T = G \quad (1)$$

$$T \times d_y + \tau_x = 0 \quad (2)$$

5 在无人飞行器已达到稳定状态时，有

$$T = T_c \quad (3)$$

$$\tau_x = \tau_{xc} \quad (4)$$

因此可以得到 $d_y = -\tau_{xc}/T_c$ ，同理可得 $d_x = -\tau_{yc}/T_c$ 。因此，在无人飞行器保持悬停的情况下，无人飞行器的飞控系统可以利用上述公式计算出当前
10 挂载下无人飞行器重心相对桨面中心的水平位置，即偏置距离。

当然，偏置数据不限于偏置距离，在其他实施例中，偏置数据可以包括以下一种或其组合：偏置位置、偏置质量、偏置力、偏置力矩。例如，对于一些建模不够准确的无人飞行器，估计的重心偏置量不一定是真实偏置距离，而是垂直通道到各转动通道的控制补偿值，例如偏置质量、偏置
15 力、偏置力矩等数据。本实施例仅为示例性说明，在此不作限定。

在一些实施例中，无人飞行器 50 还包括：存储器 504，用于存储偏置数据。

在该实施例中，在标定出偏置数据后，可将该偏置数据保存到 Flash、EEPROM 等非易失存储器，在承载相同负载的情况下，无人飞行器每次在上电后都加载该偏置数据，在每次起飞时无人飞行器都能根据该偏置数据
20 前馈控制，使得等效拉力中心也作用于实际的重心上，这样的提前补偿就能消除前述的“起飞点头”问题。

在一些实施例中，存储器 504 可以为串行存储器，或者并行存储器。存储器 404 可以为 RAM 存储器，或者 ROM 存储器。

25 在一些实施例中，控制器 502 还用于根据偏置数据生成控制分量，并根据控制分量控制无人飞行器的动力装置。

在该实施例中，根据偏置数据生成控制分量，根据控制分量控制无人飞行器的动力装置，以减小偏置数据，使无人飞行器稳定飞行，提升飞行品质。飞控系统能更加准确的分配各个控制通道的控制量，降低通道间的

耦合量。例如，在每次起飞时无人飞行器 50 的控制器 502 就能根据存储的偏置数据通过前馈控制，准确分配各个动力装置的拉力，使得等效拉力中心也作用于实际的重心上，这样的提前补偿就能消除前述的“起飞点头”问题。或者在无人飞行器 50 飞行的过程中准确分配各个动力装置的拉力，
5 使得等效拉力中心也作用于实际的重心上，保证飞行品质。

在一些实施例中，控制器 502 还用于将偏置数据与预设阈值进行比较，根据比较结果确定无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围。

在一些实施例中，控制器 502 根据比较结果确定无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围包括：在比较结果为偏置数据大于等于预设
10 阈值的情况下，确定无人飞行器的负载安装位置超过规定安装范围；在比较结果为偏置数据小于预设阈值的情况下，确定无人飞行器的负载安装位置未超过规定安装范围。可以理解，在其他实施方式中，也可以按照其他合适的预先设置的规则来根据比较结果确定无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围；例如，在比较结果为偏置数据大于预设阈值的情况
15 下，确定无人飞行器的负载安装位置超过规定安装范围；在比较结果为偏置数据小于或等于预设阈值的情况下，确定无人飞行器的负载安装位置未超过规定安装范围，在此不作限定。

在一种实施例中，计算出偏置数据后，可以通过跟该款无人飞行器所支持的预设阈值（即偏置范围）进行比较，告知用户负载的安装位置是否
20 超过预设阈值，使得无人飞行器能够自行检测是否支持该负载安装，或者负载安装的位置是否合理。

在一些实施例中，控制器 502 还用于记录预设时间段内的控制状态量，并根据预设时间段内的控制状态量进行无人飞行器的重心校准。

在该实施例中，在一段时间内记录为消除重心偏置而输出的各控制状态量，统计一段时间内的控制状态量后可通过求取平均值等方法消除控制
25 状态量的随机误差，以消除诸如风或飞机振动而引入的干扰，然后再计算出偏置数据，提高计算偏置数据的准确性。

在一些实施例中，控制器 502 还用于获取无人飞行器的状态数据，并判断状态数据是否满足重心校准条件；当状态数据满足重心校准条件时，

根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准。

在一些实施例中，状态数据包括以下一种或其组合：定位数据、图像数据、姿态数据、加速度数据、角速度数据。

5 在一些实施例中，重心校准条件包括无人飞行器处于平衡状态、无人飞行器所处环境的风速小于预设风速、无人飞行器的惯性测量单元已进行数据校准。

在一些实施例中，重心校准条件还包括无人飞行器的惯性测量单元已进行数据校准。

10 在该实施例中，在进行无人飞行器的重心校准前，需判断状态数据是否满足允许重心校准的条件，例如，重心校准条件为无人飞行器是否处于平衡状态，只有在无人飞行器处于平衡状态时进行的重心校准才是准确的，其中平衡状态包括悬停模式、定位模式下航向转动过程中水平位置静止的模式。重心校准条件还可以为无人飞行器的惯性测量单元已进行数据校准，在无人飞行器处于平衡状态的基础上保证惯性测量单元获取的数据均为准确数据，由此提高重心校准的准确性。

在一些实施例中，控制器 502 还用于获取无人飞行器的周围环境数据，并判断周围环境数据是否满足重心校准条件；当周围环境数据满足重心校准条件时，进入根据所述控制状态量进行无人飞行器的重心校准的步骤。

在一些实施例中，周围环境数据包括周围环境气流或周围环境风速。

20 在一些实施例中，重心校准条件包括无人飞行器所处环境的风速小于预设风速。

在该实施例中，周围环境数据可以根据无人机的姿态得到，也可以根据其他外部传感器，例如风力计或者从云端气象站得到的信息获取。在周围环境为无风环境时不会给无人飞行器带来气流干扰的外力，避免无人飞行器的重心校准出现干扰。

在具体实施例中，重心校准条件可以包括：

(1) 无人飞行器具备定位悬停能力：在上述的算法中，都是在假设无人飞行器已经处于平衡状态，也就是只有当无人飞行器处于静止状态时，上述推导过程才能够成立，由于依靠人来维持多旋翼的无人飞行器的平衡

十分困难，因此要求无人飞行器必须具备无需手动操作的定位悬停能力。进一步地，可通过定位数据、图像数据、姿态数据等判断无人飞行器是否处于平衡状态，例如，可以通过定位装置（如全球定位系统 GPS、载波相位差分技术 RTK 等）获取无人飞行器的位置信息，当获取的无人飞行器的位置未发生变化时可以认为无人飞行器处于悬停状态；或者也可以在一定时间间隔内通过视觉传感器获取无人飞行器的周围环境的多张图像，并对获取的多张图像进行图像处理，当获取的图像中的物体位置未发生变化时可以认为无人飞行器处于悬停状态；或者还可以通过惯性测量单元（IMU）获取无人飞行器的加速度、速度信息，当无人飞行器的加速度与速度为零时，可以认为无人飞行器处于悬停状态，在其他实施方式中，也可以通过上述判断方式中的一种或几种的数据融合进行判断，以提高判断的准确度。

（2）周围气流稳定且无风：当周围环境风速较大，无人飞行器还会受到气流干扰带来的外力，使得无人飞行器即使处于定位悬停状态，由于引入了新的难以估算且无法忽视的外力，上述的公式推导也将失效，因此要求进行校准的环境必须是无风的平静气流环境。可根据无人飞行器倾斜角度数据等判断无人飞行器是否处于无风环境，获取设置风力采集装置来判断。

（3）无人飞行器的 IMU（惯性测量单元）校准正确：IMU 必须已经通过校准消除了由于温度等带来的稳态误差，否则该误差会被上述算法认为是重心偏置引发的。现在常见的无人飞行器都具备 IMU 校准功能，推荐在每次进行重心校准之前，进行 IMU 的重新校准。

在一些实施例中，无人飞行器距离地面的距离大于预设距离。在该实施例中，保证无人飞行器距离地面预设距离，例如距离地面有 2 米以上的高度，以减小地面所带来的紊流影响。

在一些实施例中，控制器 502 还用于当不满足所述重心校准条件时，停止校准，并发送第一指令至控制终端。在该实施例中，第一指令包括不满足重心校准条件的原因和调整建议信息。

在一些实施例中，控制器 502 还用于当校准失败时，停止校准，并发送第二指令至控制终端。在该实施例中，在该实施例中，第二指令包括校

准失败原因。

采用本申请的技术方案，可获得当前无人飞行器的实际重心位置与标准位置的偏差，从而能根据这一偏差而消除重心位置偏差造成的飞行品质的下降，本申请的技术方案对于用户来说简单方便，可操作性强，并且能够更大限度地提升无人飞行器的负载适配能力，用户可以适配自己的负载到无人飞行器机架上而不用担心飞行品质的恶化，使得无人飞行器支持第三方负载的能力有明显的提高。

本申请第四方面的实施例，提出了一种无人飞行器的系统，图 7 示出了本申请的一个实施例的无人飞行器的系统 70 的示意图。其中，该无人飞行器的系统 70 包括：

控制终端 702，用于向无人飞行器发送重心校准指令；

无人飞行器 704，用于根据重心校准指令进行重心校准，得到校准结果。

在该实施例中，用户在需要使用无人飞行器 704 进行负载时，通过控制终端 702 向无人飞行器 704 发送重心校准指令，无人飞行器 704 接收该重心校准指令，实现重心校准得到校准结果，校准结果可包括：校准成功、校准失败、校准数据等。

在一些实施例中，无人飞行器 704 还用于将校准结果发送至控制终端。

在一些实施例中，控制终端 702 还包括显示装置，显示装置用于对校准结果进行显示。

在该实施例中，控制终端 702 的显示装置上可显示出校准结果，保证用户直观地获取到该校准结果。

在一些实施例中，无人飞行器 704 根据重心校准指令进行重心校准包括：根据重心校准指令获取目标飞行数据和当前飞行数据，并根据目标飞行数据和当前飞行数据确定控制状态量，根据控制状态量进行无人飞行器 704 的重心校准。

在该实施例中，所述控制状态量包括至少四个控制状态量：总拉力命令、偏航轴扭矩命令、俯仰轴扭矩命令、横滚轴扭矩命令。具体地，获取无人飞行器 704 的目标飞行数据和当前飞行数据，在控制无人飞行器 704

飞行过程中,根据目标飞行数据和当前飞行数据给出至少四个控制状态量:总拉力命令、偏航轴扭矩命令、俯仰轴扭矩命令、横滚轴扭矩命令。进一步地,无人飞行器 704 包括动力装置,该动力装置可以诸如是至少一个电机,上述四个控制状态量对应于无人飞行器 704 因为各个电机的转速而受到的力和力矩,也就是总拉力、偏航轴扭矩、俯仰轴扭矩、横滚轴扭矩。进一步地,根据控制状态量进行无人飞行器 704 的重心校准。进一步地,根据控制状态量获得无人飞行器 704 的重心与无人飞行器 704 的拉力中心的偏差,从而能根据这一偏差而消除重心位置偏差造成的飞行品质的下降。

在一些实施例中,无人飞行器 704 根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准包括:根据控制状态量,计算无人飞行器的重心与无人飞行器的拉力中心的偏置数据。

在一些实施例中,偏置数据包括以下一种或其组合:偏置位置、偏置质量、偏置力、偏置力矩。

在该实施例中,根据控制状态量计算得到无人飞行器的重心与无人飞行器的拉力中心的偏置数据,即无人飞行器的实际重心位置与标准位置的偏差,偏置数据可以为偏置位置、偏置质量、偏置力、偏置力矩等数据。

在一种实施例中,无人飞行器的飞行控制器在控制无人飞行器飞行过程中会持续的给出至少四个控制状态量:总拉力命令 T_c 、偏航轴扭矩命令 τ_{zc} 、俯仰轴扭矩命令 τ_{yc} 、横滚轴扭矩命令 τ_{xc} ,这四个控制状态量对应于无人飞行器最终将因为各个电机的转速而受到的力和力矩,也就是总拉力 T 、偏航轴扭矩 τ_z 、俯仰轴扭矩 τ_y 、横滚轴扭矩 τ_x 。

定义所有电机位置围绕出的正多边形的外接圆的圆心为等效拉力中心。如图 2 所示,以四旋翼无人飞行器为例,包括四个电机, O 点即为该四旋翼无人飞行器的等效拉力中心,根据力的平移定理,可以将所有电机的拉力等效于作用等效拉力中心上的总拉力 T 加上两个绕水平轴的力矩 τ_x 、 τ_y 。

当无人飞行器的重心与拉力重心完全重合时,根据二力平衡法则,只需要满足拉力等于重力,即 $T=G$,可以维持无人飞行器的平衡,此时无人飞行器的两个水平旋转轴上的力矩将接近于零。但是若无人飞行器的重心

与等效拉力中心不重合，则用户还需手动调节无人飞行器力矩才能维持平衡。以横滚方向上的不重合为例，可做受力分析图如图 3 所示，根据刚体受力平衡法则，当无人飞行器维持悬停的稳定状态时，同样地，必然有

$$T = G \quad (1)$$

$$T \times d_y + \tau_x = 0 \quad (2)$$

在无人飞行器已达到稳定状态时，有

$$T = T_c \quad (3)$$

$$\tau_x = \tau_{xc} \quad (4)$$

因此可以得到 $d_y = -\tau_{xc}/T_c$ ，同理可得 $d_x = -\tau_{yc}/T_c$ 。因此，在无人飞行器保持悬停的情况下，无人飞行器的飞控系统可以利用上述公式计算出当前挂载下无人飞行器重心相对桨面中心的水平位置，即偏置距离。

当然，偏置数据不限于偏置距离，在其他实施例中，偏置数据可以包括以下一种或其组合：偏置位置、偏置质量、偏置力、偏置力矩。例如，对于一些建模不够准确的无人飞行器，估计的重心偏置量不一定是真实偏置距离，而是垂直通道到各转动通道的控制补偿值，例如偏置质量、偏置力、偏置力矩等数据。本实施例仅为示例性说明，在此不作限定。

在一些实施例中，无人飞行器 704 还用于存储偏置数据。

在该实施例中，在计算得到无人飞行器 704 的重心与无人飞行器 704 的拉力中心的偏置数据后，可将该偏置数据保存到 Flash、EEPROM 等非易失存储器中，在承载相同负载的情况下，无人飞行器 704 每次在上电后都加载该偏置数据，在每次起飞时无人飞行器都能根据该偏置数据前馈控制，使得等效拉力中心也作用于实际的重心上，这样的提前补偿就能消除前述的“起飞点头”问题。

在一些实施例中，控制终端 702 还用于存储偏置数据，以及将偏置数据发送至所述无人飞行器。在该实施例中，偏置数据也可以存储在控制终端 702 上，控制终端 702 在发送重心校准指令的时候，可直接发送偏置数据至无人飞行器 704。

在一些实施例中，无人飞行器 704 还用于根据偏置数据生成控制分量，并根据控制分量控制无人飞行器 704 的动力装置。

在该实施例中，根据偏置数据生成控制分量，根据控制分量控制无人飞行器的动力装置，以减小偏置数据，使无人飞行器稳定飞行，提升飞行品质。无人飞行器 704 能更加准确的分配各个控制通道的控制量，降低通道间的耦合量。例如，在每次起飞时无人飞行器 704 的控制系统就能根据
5 存储的偏置数据通过前馈控制，准确分配各个动力装置的拉力，使得等效拉力中心也作用于实际的重心上，这样的提前补偿就能消除前述的“起飞点头”问题。或者在无人飞行器 704 飞行的过程中准确分配各个动力装置的拉力，使得等效拉力中心也作用于实际的重心上，保证飞行品质。

在一些实施例中，无人飞行器 704 还用于将偏置数据与预设阈值进行
10 比较，根据比较结果确定无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围。

在一些实施例中，无人飞行器 704 根据比较结果确定无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围包括：在比较结果为偏置数据大于或等于预设阈值的情况下，确定无人飞行器 704 的负载安装位置超过规定安装
15 范围；在比较结果为偏置数据小于预设阈值的情况下，确定无人飞行器 704 的负载安装位置未超过规定安装范围。可以理解，在其他实施方式中，也可以按照其他合适的预先设置的规则来根据比较结果确定无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围；例如，在比较结果为偏置数据大于预设阈值的情况下，确定无人飞行器的负载安装位置超过规定安装范围；在
20 比较结果为偏置数据小于或等于预设阈值的情况下，确定无人飞行器的负载安装位置未超过规定安装范围，在此不作限定。

在一种实施例中，计算出偏置数据后，可以通过跟该款无人飞行器 704 所支持的预设阈值（即偏置范围）进行比较，告知用户负载的安装位置是否超过预设阈值，使得无人飞行器 704 能够自行检测是否支持该负载安装，
25 或者负载安装的位置是否合理。

在一些实施例中，无人飞行器 704 还用于将负载安装位置是否超过规定安装范围的结果发送至控制终端 702；显示装置还用于对负载安装位置是否超过规定安装范围的结果进行显示。

在该实施例中，控制终端 702 对负载安装位置是否超过规定安装范围

的结果进行显示，以提醒用户调整负载安装位置。

在一些实施例中，无人飞行器 704 还用于记录预设时间段内的控制状态量，并根据预设时间段内的控制状态量进行无人飞行器 704 的重心校准。

在该实施例中，在一段时间内记录为消除重心偏置而输出的各控制状态量，统计一段时间内的控制状态量后可通过求取平均值等方法消除控制状态量的随机误差，以消除诸如风或飞机振动而引入的干扰，然后再计算出偏置数据，提高计算偏置数据的准确性。

在一些实施例中，无人飞行器 704 的提示装置在根据重心校准指令进行重心校准的过程中发出校准提示信息。

10 在该实施例中，为了让用户实时了解进度，可以通过无人飞行器状态灯闪特殊颜色、发出设定的声音等方式来向用户报告状态。

在一些实施例中，无人飞行器 704 还用于获取状态数据，并判断状态数据是否满足重心校准条件，当状态数据满足重心校准条件时根据重心校准指令进行重心校准。

15 在一些实施例中，无人飞行器 704 还用于向控制终端 702 发送校准进度信息。例如，通过在控制终端 702 的 app 上显示进度条的方法来向用户报告校准状态。

在一些实施例中，状态数据包括以下一种或其组合：定位数据、图像数据、姿态数据、加速度数据、角速度数据。

20 在一些实施例中，重心校准条件包括无人飞行器处于平衡状态。

在一些实施例中，重心校准条件还包括无人飞行器的惯性测量单元已进行数据校准。

在该实施例中，在进行无人飞行器的重心校准前，需判断状态数据是否满足允许重心校准的条件，例如，重心校准条件为无人飞行器是否处于平衡状态，只有在无人飞行器处于平衡状态时进行的重心校准才是准确的，其中平衡状态包括悬停模式、定位模式下航向转动过程中水平位置静止的模式。重心校准条件还可以为无人飞行器的惯性测量单元已进行数据校准，在无人飞行器处于平衡状态的基础上保证惯性测量单元获取的数据均为准确数据，由此提高重心校准的准确性。

在一些实施例中，无人飞行器 704 还用于获取无人飞行器的周围环境数据，并判断周围环境数据是否满足重心校准条件，当周围环境数据满足重心校准条件时，根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准。

在一些实施例中，周围环境数据包括周围环境气流或周围环境风速。

5 在一些实施例中，重心校准条件包括无人飞行器所处环境的风速小于预设风速。

在该实施例中，周围环境数据可以根据无人机的姿态得到，也可以根据其他外部传感器，例如风力计或者从云端气象站得到的信息获取。在周围环境为无风环境时不会给无人飞行器带来气流干扰的外力，避免无人飞行器的重心校准出现干扰。

在具体实施例中，重心校准条件可以包括：

(1) 无人飞行器具备定位悬停能力：在上述的算法中，都是在假设无人飞行器已经处于平衡状态，也就是只有当无人飞行器处于静止状态时，上述推导过程才能够成立，由于依靠人来维持多旋翼的无人飞行器的平衡十分困难，因此要求无人飞行器必须具备无需手动操作的定位悬停能力。进一步地，可通过定位数据、图像数据、姿态数据等判断无人飞行器是否处于平衡状态，例如，可以通过定位装置（如全球定位系统 GPS、载波相位差分技术 RTK 等）获取无人飞行器的位置信息，当获取的无人飞行器的位置未发生变化时可以认为无人飞行器处于悬停状态；或者也可以在一定时间间隔内通过视觉传感器获取无人飞行器的周围环境的多张图像，并对获取的多张图像进行图像处理，当获取的图像中的物体位置未发生变化时可以认为无人飞行器处于悬停状态；或者还可以通过惯性测量单元（IMU）获取无人飞行器的加速度、速度信息，当无人飞行器的加速度与速度为零时，可以认为无人飞行器处于悬停状态，在其他实施方式中，也可以通过上述判断方式中的一种或几种的数据融合进行判断，以提高判断的准确度。

(2) 周围气流稳定且无风：当周围环境风速较大，无人飞行器还会受到气流干扰带来的外力，使得无人飞行器即使处于定位悬停状态，由于引入了新的难以估算且无法忽视的外力，上述的公式推导也将失效，因此要求进行校准的环境必须是无风的平静气流环境。可根据无人飞行器倾斜角

度数据等判断无人飞行器是否处于无风环境，获取设置风力采集装置来判断。

(3) 无人飞行器的 IMU (惯性测量单元) 校准正确: IMU 必须已经通过校准消除了由于温度等带来的稳态误差，否则该误差会被上述算法认为是重心偏置引发的。现在常见的无人飞行器都具备 IMU 校准功能，推荐在每次进行重心校准之前，进行 IMU 的重新校准。

在一些实施例中，无人飞行器 704 距离地面的距离大于预设距离。在该实施例中，保证无人飞行器距离地面预设距离，例如距离地面有 2 米以上的高度，以减小地面所带来的紊流影响。

10 在一些实施例中，无人飞行器 704 还用于当状态数据不满足重心校准条件时，停止校准，并发送第一指令至所述控制终端 702。可通过控制终端 702 的显示装置显示状态数据不满足重心校准条件的信息 (例如无人飞行器未处于平衡状态) 和调整建议信息 (例如请调整无人飞行器悬停状态)。

15 在一些实施例中，第一指令包括不满足所述重心校准条件的原因和调整建议信息。

在一些实施例中，无人飞行器 704 还用于当校准失败时，停止校准，并发送第二指令至所述控制终端 702。

在一些实施例中，第二指令包括校准失败原因。

20 在一些实施例中，无人飞行器 704 在根据重心校准指令进行重心校准的过程中，若状态数据不满足重心校准条件，则停止校准，并发送第一指令至控制终端 702。

在该实施例中，如果在校准过程中用户进行了操作或者因为传感器精度有限导致数据收敛性很差，将可能会提前中断校准操作，并通过控制终端 702 的 app 向用户反馈校准失败以及失败的原因。

25 采用本申请的技术方案，可获得当前无人飞行器的实际重心位置与标准位置的偏差，从而能根据这一偏差而消除重心位置偏差造成的飞行品质的下降，本申请的技术方案对于用户来说简单方便，可操作性强，并且能够更大限度地提升无人飞行器的负载适配能力，用户可以适配自己的负载到无人飞行器机架上而不用担心飞行品质的恶化，使得无人飞行器支持第

三方负载的能力有明显的提高。

图 8 示出了本申请的一个实施例的重心校准操作的交互实现示意图。其中，该交互实现步骤包括：

(1) 用户操作无人飞行器完成起飞操作，并使无人飞行器进入定位悬停模式，同时要保证无人飞行器距离地面有 2 米以上的高度，以减小地面所带来的紊流影响；

(2) 无人飞行器在收到触发命令后，将检查当前状态与环境是否可以
进行重心校准操作，例如如果无人飞行器检测到悬停时姿态输出不为 0，
则无人飞行器将向终端 app 反馈当前无法进行重心校准，并提醒用户进行
IMU 校准并移至无风环境下重新出发操作。如果通过所有检查，无人飞行
器将自动进入重心校准过程；

(3) 无人飞行器将在一段时间内，记录控制器为消除重心偏置而输出的
的各控制量，统计一段时间内的数据后可通过平均等方法消除随机误差，
然后利用上述算法计算出重心水平偏置估计值。为了让用户实时了解进度，
可以通过无人飞行器状态灯闪特殊颜色灯或者终端 app 上实时显示进度条
的方法来向用户报告状态；

(4) 如果在校准过程中用户进行了操作或者因为传感器精度有限导致
数据收敛性很差，将可能会提前中断校准操作，并通过终端 app 向用户反
馈校准失败以及失败的原因。

(5) 在飞控系统计算出收敛的估计值后，将通过终端 app 向用户告知
校准成功，并将该值保存在非易失存储器中以供之后承载相同负载时的飞
行继续使用。

(6) 至此，完成整个重心校准过程。

其中，该算法估计出重心偏置值后，可以通过跟重心校准过程中的该
款无人飞行器所支持的偏置范围进行比较，告知用户的安装位置是否超过
规定范围，使得无人飞行器能够自行检测是否支持该负载。

重心校准的交互终端可以是终端 app、遥控器、上位机等终端，本申请
不做限制。

在其他实施例中，如果无人飞行器的定位精度非常高，也可以在室内

或非空旷场景下进行该无人飞行器的重心校准。

本申请实施例适用于负载实时变化的无人飞行器，例如对于油动无人飞行器、植保无人飞行器等负载实时变动的情况，无人飞行器的飞行控制器可以实时进行重心校准，以适配实时变动的负载，确保飞行的平稳与安全，并提高用户的使用体验。进一步地，当无人飞行器处于悬停状态时，更新计算出当前的重心偏置水平，在危险情况下可以提醒用户。

本申请第五方面的实施例，提出了一种计算机存储介质，计算机存储介质中存储有程序指令，程序指令用于实现：获取目标飞行数据和当前飞行数据，并根据目标飞行数据和当前飞行数据确定控制状态量；以及根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准。

在该实施例中，所述控制状态量包括至少四个控制状态量：总拉力命令、偏航轴扭矩命令、俯仰轴扭矩命令、横滚轴扭矩命令。具体地，获取无人飞行器的目标飞行数据和当前飞行数据，在控制无人飞行器飞行过程中，根据目标飞行数据和当前飞行数据给出至少四个控制状态量：总拉力命令、偏航轴扭矩命令、俯仰轴扭矩命令、横滚轴扭矩命令。进一步地，无人飞行器包括动力装置，该动力装置可以诸如是至少一个电机，上述四个控制状态量对应于无人飞行器因为各个电机而受到的力和力矩，也就是总拉力、偏航轴扭矩、俯仰轴扭矩、横滚轴扭矩。进一步地，根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准。进一步地，根据控制状态量获得无人飞行器的重心与无人飞行器的拉力中心的偏差。

在一些实施例中，所述计算机存储介质可以为易失性存储器，或者非易失性存储器。所述计算机存储介质也可以为串行存储器，或者并行存储器。所述计算机存储介质可以为 RAM 存储器，或者 ROM 存储器。

在一些实施例中，程序指令实现根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准包括：根据控制状态量，计算无人飞行器的重心与无人飞行器的拉力中心的偏置数据。

在一些实施例中，偏置数据包括以下一种或其组合：偏置位置、偏置质量、偏置力、偏置力矩。

在该实施例中，根据控制状态量计算得到无人飞行器的重心与无人飞

行器的拉力中心的偏置数据，即无人飞行器的实际重心位置与标准位置的偏差，偏置数据可以为偏置位置、偏置质量、偏置力、偏置力矩等数据。

在一种实施例中，无人飞行器的飞行控制器在控制无人飞行器飞行过程中会持续的给出至少四个控制状态量：总拉力命令 T_c 、偏航轴扭矩命令 τ_{zc} 、俯仰轴扭矩命令 τ_{yc} 、横滚轴扭矩命令 τ_{xc} ，这四个控制状态量将对应于无人机的最终将因为各个电机的转速而受到的力和力矩，也就是总拉力 T 、偏航轴扭矩 τ_z 、俯仰轴扭矩 τ_y 、横滚轴扭矩 τ_x 。

定义所有电机位置围绕出的正多边形的外接圆的圆心为等效拉力中心。如图 2 所示，以四旋翼无人飞行器为例，包括四个电机，O 点即为该四旋翼无人飞行器的等效拉力中心，根据力的平移定理，可以将所有电机的拉力等效于作用等效拉力中心上的总拉力 T 加上两个绕水平轴的力矩 τ_x 、 τ_y 。

当无人飞行器的重心与拉力重心完全重合时，根据二力平衡法则，只需要满足拉力等于重力，即 $T=G$ ，可以维持无人飞行器的平衡，此时无人飞行器的两个水平旋转轴上的力矩将接近于零。但是若无人飞行器的重心与等效拉力中心不重合，则用户还需手动调节无人飞行器力矩才能维持平衡。以横滚方向上的不重合为例，可做受力分析图如图 3 所示，根据刚体受力平衡法则，当无人飞行器维持悬停的稳定状态时，同样地，必然有

$$T = G \quad (1)$$

$$T \times d_y + \tau_x = 0 \quad (2)$$

在无人飞行器已达到稳定状态时，有

$$T = T_c \quad (3)$$

$$\tau_x = \tau_{xc} \quad (4)$$

因此可以得到 $d_y = -\tau_{xc}/T_c$ ，同理可得 $d_x = -\tau_{yc}/T_c$ 。因此，在无人飞行器保持悬停的情况下，无人飞行器的飞控系统可以利用上述公式计算出当前挂载下无人飞行器重心相对桨面中心的水平位置，即偏置距离。

当然，偏置数据不限于偏置距离，在其他实施例中，偏置数据可以包括以下一种或其组合：偏置位置、偏置质量、偏置力、偏置力矩。例如，对于一些建模不够准确的无人飞行器，估计的重心偏置量不一定是真实偏

置距离，而是垂直通道到各转动通道的控制补偿值，例如偏置质量、偏置力、偏置力矩等数据。本实施例仅为示例性说明，在此不作限定。

在一些实施例中，程序指令还用于实现：存储偏置数据。

在该实施例中，在标定出偏置数据后，可将该偏置数据保存到 Flash、
5 EEPROM 等非易失存储器，在承载相同负载的情况下，无人飞行器每次在上电后都加载该偏置数据，在每次起飞时无人飞行器都能根据该偏置数据前馈控制，使得等效拉力中心也作用于实际的重心上，这样的提前补偿就能消除前述的“起飞点头”问题。

在一些实施例中，程序指令还用于实现：根据偏置数据得到控制分量，
10 并根据控制分量控制无人飞行器的动力装置。

在该实施例中，根据偏置数据生成控制分量，根据控制分量控制无人飞行器的动力装置，以减小偏置数据，使无人飞行器稳定飞行，提升飞行品质。飞控系统能更加准确的分配各个控制通道的控制量，降低通道间的耦合量。例如，在每次起飞时无人飞行器的控制系统就能根据存储的偏置
15 数据通过前馈控制，准确分配各个动力装置的拉力，使得等效拉力中心也作用于实际的重心上，这样的提前补偿就能消除前述的“起飞点头”问题。或者在无人飞行器飞行的过程中准确分配各个动力装置的拉力，使得等效拉力中心也作用于实际的重心上，保证飞行品质。

在一些实施例中，程序指令还用于实现：将偏置数据与预设阈值进行
20 比较，根据比较结果确定无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围。

在一些实施例中，程序指令实现根据比较结果确定无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围包括：在比较结果为偏置数据大于等于预设阈值的情况下，确定无人飞行器的负载安装位置超过规定安装范围；在
25 比较结果为偏置数据小于预设阈值的情况下，确定无人飞行器的负载安装位置未超过规定安装范围。可以理解，在其他实施方式中，也可以按照其他合适的预先设置的规则来根据比较结果确定无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围；例如，在比较结果为偏置数据大于预设阈值的情况下，确定无人飞行器的负载安装位置超过规定安装范围；在比较结果为

偏置数据小于或等于预设阈值的情况下，确定无人飞行器的负载安装位置未超过规定安装范围，在此不作限定。

在一种实施例中，计算出偏置数据后，可以通过跟该款无人飞行器所支持的预设阈值（即偏置范围）进行比较，告知用户负载的安装位置是否
5 超过预设阈值，使得无人飞行器能够自行检测是否支持该负载安装，或者负载安装的位置是否合理。

在一些实施例中，程序指令还用于实现：记录预设时间段内的控制状态量，并根据预设时间段内的控制状态量进行无人飞行器的重心校准。

在该实施例中，在一段时间内记录为消除重心偏置而输出的各控制状
10 态量，统计一段时间内的控制状态量后可通过求取平均值等方法消除控制状态量的随机误差，以消除诸如风或飞机振动而引入的干扰，然后再计算出偏置数据，提高计算偏置数据的准确性。

在一些实施例中，程序指令还用于实现：在根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准的步骤之前，获取无人飞行器的状态数据，并判断状态
15 数据是否满足重心校准条件；当状态数据满足重心校准条件时，进入根据控制状态量进行无人飞行器的重心校准的步骤。

在一些实施例中，状态数据包括以下一种或其组合：定位数据、图像数据、姿态数据、加速度数据、角速度数据。

在一些实施例中，重心校准条件包括无人飞行器处于平衡状态。

20 在一些实施例中，重心校准条件还包括无人飞行器的惯性测量单元已进行数据校准。

在该实施例中，在进行无人飞行器的重心校准前，需判断状态数据是否满足允许重心校准的条件例如，重心校准条件为无人飞行器是否处于平衡状态，只有在无人飞行器处于平衡状态时进行的重心校准才是准确的，
25 其中平衡状态包括悬停模式、定位模式下航向转动过程中水平位置静止的模式。重心校准条件还可以为无人飞行器的惯性测量单元已进行数据校准，在无人飞行器处于平衡状态的基础上保证惯性测量单元获取的数据均为准确数据，由此提高重心校准的准确性。

在一些实施例中，程序指令还用于实现：获取无人飞行器的周围环境

数据，并判断周围环境数据是否满足重心校准条件；当周围环境数据满足重心校准条件时，进入根据所述控制状态量进行无人飞行器的重心校准的步骤。

在一些实施例中，周围环境数据包括周围环境气流或周围环境风速。

5 在一些实施例中，重心校准条件包括无人飞行器所处环境的风速小于预设风速。

在该实施例中，周围环境数据可以根据无人机的姿态得到，也可以根据其他外部传感器，例如风力计或者从云端气象站得到的信息获取。在周围环境为无风环境时不会给无人飞行器带来气流干扰的外力，避免无人飞行器的重心校准出现干扰。

在具体实施例中，重心校准条件可以包括：

(1) 无人飞行器具备定位悬停能力：在上述的算法中，都是在假设无人飞行器已经处于平衡状态，也就是只有当无人飞行器处于静止状态时，上述推导过程才能够成立，由于依靠人来维持多旋翼的无人飞行器的平衡十分困难，因此要求无人飞行器必须具备无需手动操作的定位悬停能力。进一步地，可通过定位数据、图像数据、姿态数据等判断无人飞行器是否处于平衡状态，例如，可以通过定位装置（如全球定位系统 GPS、载波相位差分技术 RTK 等）获取无人飞行器的位置信息，当获取的无人飞行器的位置未发生变化时可以认为无人飞行器处于悬停状态；或者也可以在一定时间间隔内通过视觉传感器获取无人飞行器的周围环境的多张图像，并对获取的多张图像进行图像处理，当获取的图像中的物体位置未发生变化时可以认为无人飞行器处于悬停状态；或者还可以通过惯性测量单元（IMU）获取无人飞行器的加速度、速度信息，当无人飞行器的加速度与速度为零时，可以认为无人飞行器处于悬停状态，在其他实施方式中，也可以通过上述判断方式中的一种或几种的数据融合进行判断，以提高判断的准确度。

(2) 周围气流稳定且无风：当周围环境风速较大，无人飞行器还会受到气流干扰带来的外力，使得无人飞行器即使处于定位悬停状态，由于引入了新的难以估算且无法忽视的外力，上述的公式推导也将失效，因此要求进行校准的环境必须是无风的平静气流环境。可根据无人飞行器倾斜角

度数据等判断无人飞行器是否处于无风环境，获取设置风力采集装置来判断。

(3) 无人飞行器的 IMU (惯性测量单元) 校准正确：IMU 必须已经通过校准消除了由于温度等带来的稳态误差，否则该误差会被上述算法认为是重心偏置引发的。现在常见的无人飞行器都具备 IMU 校准功能，推荐在每次进行重心校准之前，进行 IMU 的重新校准。

在一些实施例中，无人飞行器距离地面的距离大于预设距离。在该实施例中，保证无人飞行器距离地面预设距离，例如距离地面有 2 米以上的高度，以减小地面所带来的紊流影响。

10 在一些实施例中，程序指令还用于实现：当不满足重心校准条件时，停止校准，并发送第一指令至控制终端。在该实施例中，第一指令包括不满足重心校准条件的原因和调整建议信息。

15 在一些实施例中，程序指令还用于实现：当校准失败时，停止校准，并发送第二指令至控制终端。在该实施例中，在该实施例中，第二指令包括校准失败原因。

采用本申请的技术方案，可获得当前无人飞行器的实际重心位置与标准位置的偏差，从而能根据这一偏差而消除重心位置偏差造成的飞行品质的下降，本申请的技术方案对于用户来说简单方便，可操作性强，并且能够更大幅度地提升无人飞行器的负载适配能力，用户可以适配自己的负载到无人飞行器机架上而不用担心飞行品质的恶化，使得无人飞行器支持第
20 三方负载的能力有明显的提高。

在本说明书的描述中，术语“第一”、“第二”仅用于描述的目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性，除非另有明确的规定和限定；术语“连接”、“安装”、“固定”等均应做广义理解，例如，“连接”可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本申请中的具体含义。

在本说明书的描述中，术语“一个实施例”、“一些实施例”、“具体实施例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材

料或特点包含于本申请的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或实例。而且，描述的具体特征、结构、材料或特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

- 5 以上所述仅为本申请的优选实施例而已，并不用于限制本申请，对于本领域的技术人员来说，本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1. 一种无人飞行器控制方法，其中，包括：

获取目标飞行数据和当前飞行数据，并根据所述目标飞行数据和所述

5 当前飞行数据确定控制状态量；以及

根据所述控制状态量进行无人飞行器的重心校准。

2. 根据权利要求 1 所述的无人飞行器控制方法，其中，所述根据所述控制状态量进行无人飞行器的重心校准的步骤包括：

10 根据所述控制状态量，计算所述无人飞行器的重心与所述无人飞行器的拉力中心的偏置数据。

3. 根据权利要求 2 所述的无人飞行器控制方法，其中，还包括：

存储所述偏置数据。

4. 根据权利要求 2 所述的无人飞行器控制方法，其中，还包括：

15 根据所述偏置数据生成控制分量，并根据所述控制分量控制所述无人飞行器的动力装置。

5. 根据权利要求 2 所述的无人飞行器控制方法，其中，还包括：

将所述偏置数据与预设阈值进行比较，根据比较结果确定所述无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围。

20 6. 根据权利要求 5 所述的无人飞行器控制方法，其中，所述根据比较结果确定所述无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围的步骤包括：

在所述比较结果为所述偏置数据大于或等于所述预设阈值的情况下，确定所述无人飞行器的负载安装位置超过所述规定安装范围；

25 在所述比较结果为所述偏置数据小于所述预设阈值的情况下，确定所述无人飞行器的负载安装位置未超过所述规定安装范围。

7. 根据权利要求 1 所述的无人飞行器控制方法，其中，还包括：

记录预设时间段内的控制状态量，并根据所述预设时间段内的控制状态量进行所述无人飞行器的重心校准。

8. 根据权利要求 1 至 7 中任一项所述的无人飞行器控制方法，其中，

在所述根据所述控制状态量进行所述无人飞行器的重心校准的步骤之前还包括：

获取所述无人飞行器的状态数据，并判断所述状态数据是否满足重心校准条件；

5 当所述状态数据满足所述重心校准条件时，进入所述根据所述控制状态量进行所述无人飞行器的重心校准的步骤。

9. 根据权利要求 8 所述的无人飞行器控制方法，其中，

所述状态数据包括以下一种或其组合：定位数据、图像数据、姿态数据、加速度数据、角速度数据。

10 10. 根据权利要求 8 所述的无人飞行器控制方法，其中，

所述重心校准条件包括所述无人飞行器处于平衡状态。

11. 根据权利要求 10 所述的无人飞行器控制方法，其中，

所述重心校准条件还包括所述无人飞行器的惯性测量单元已进行数据校准。

15 12. 根据权利要求 8 所述的无人飞行器控制方法，其中，还包括：

获取所述无人飞行器的周围环境数据，并判断所述周围环境数据是否满足重心校准条件；

当所述周围环境数据满足所述重心校准条件时，进入所述根据所述控制状态量进行所述无人飞行器的重心校准的步骤。

20 13. 根据权利要求 12 所述的无人飞行器控制方法，其中，

所述周围环境数据包括周围环境气流或周围环境风速。

14. 根据权利要求 12 所述的无人飞行器控制方法，其中，

所述重心校准条件包括所述无人飞行器所处环境的风速小于预设风速。

25 15. 根据权利要求 10 所述的无人飞行器控制方法，其中，所述无人飞行器距离地面的距离大于预设距离。

16. 根据权利要求 8 或 12 所述的无人飞行器控制方法，其中，当不满足所述重心校准条件时，停止校准，并发送第一指令至控制终端。

17. 根据权利要求 8 或 12 所述的无人飞行器控制方法，其中，当校准

失败时，停止校准，并发送第二指令至控制终端。

18. 根据权利要求 2 至 6 中任一项所述的无人飞行器控制方法，其中，所述偏置数据包括以下一种或其组合：偏置位置、偏置质量、偏置力、偏置力矩。

5 19. 一种无人飞行器控制装置，其中，包括：

处理器，用于获取目标飞行数据和当前飞行数据，根据所述目标飞行数据和所述当前飞行数据确定控制状态量，并根据所述控制状态量进行无人飞行器的重心校准。

20. 根据权利要求 19 所述的无人飞行器控制装置，其中，所述处理器
10 根据所述控制状态量进行无人飞行器的重心校准包括：

根据所述控制状态量，计算所述无人飞行器的重心与所述无人飞行器的拉力中心的偏置数据。

21. 根据权利要求 20 所述的无人飞行器控制装置，其中，还包括：
存储器，用于存储所述偏置数据。

15 22. 根据权利要求 20 所述的无人飞行器控制装置，其中，
所述处理器还用于根据所述偏置数据生成控制分量，并根据所述控制分量控制所述无人飞行器的动力装置。

23. 根据权利要求 20 所述的无人飞行器控制装置，其中，
所述处理器还用于将所述偏置数据与预设阈值进行比较，根据比较结
20 果确定所述无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围。

24. 根据权利要求 23 所述的无人飞行器控制装置，其中，所述处理器
根据比较结果确定所述无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围
包括：

在所述比较结果为所述偏置数据大于或等于所述预设阈值的情况下，
25 确定所述无人飞行器的负载安装位置超过所述规定安装范围，在所述比较
结果为所述偏置数据小于所述预设阈值的情况下，确定所述无人飞行器的
负载安装位置未超过所述规定安装范围。

25. 根据权利要求 19 所述的无人飞行器控制装置，其中，
所述处理器还用于记录预设时间段内的控制状态量，并根据所述预设

时间段内的控制状态量进行所述无人飞行器的重心校准。

26. 根据权利要求 19 至 25 中任一项所述的无人飞行器控制装置，其中，

所述处理器还用于获取所述无人飞行器的状态数据，并判断所述状态数据是否满足重心校准条件，当所述状态数据满足所述重心校准条件时，根据所述控制状态量进行所述无人飞行器的重心校准。

27. 根据权利要求 26 所述的无人飞行器控制装置，其中，

所述状态数据包括以下一种或其组合：定位数据、图像数据、姿态数据、加速度数据、角速度数据。

28. 根据权利要求 26 所述的无人飞行器控制装置，其中，

所述重心校准条件包括所述无人飞行器处于平衡状态。

29. 根据权利要求 28 所述的无人飞行器控制装置，其中，

所述重心校准条件还包括所述无人飞行器的惯性测量单元已进行数据校准。

30. 根据权利要求 26 所述的无人飞行器控制装置，其中，

所述处理器还用于获取所述无人飞行器的周围环境数据，并判断所述周围环境数据是否满足重心校准条件，当所述周围环境数据满足所述重心校准条件时，进入所述根据所述控制状态量进行所述无人飞行器的重心校准的步骤。

31. 根据权利要求 30 所述的无人飞行器控制装置，其中，

所述周围环境数据包括周围环境气流或周围环境风速。

32. 根据权利要求 30 所述的无人飞行器控制装置，其中，

所述重心校准条件包括所述无人飞行器所处环境的风速小于预设风速。

33. 根据权利要求 28 所述的无人飞行器控制装置，其中，所述无人飞行器距离地面的距离大于预设距离。

34. 根据权利要求 26 或 30 所述的无人飞行器控制装置，其中，所述处理器还用于当不满足所述重心校准条件时，停止校准，并发送第一指令至控制终端。

35. 根据权利要求 26 或 30 所述的无人飞行器控制装置，其中，所述处理器还用于当校准失败时，停止校准，并发送第二指令至控制终端。

36. 根据权利要求 20 至 24 中任一项所述的无人飞行器控制装置，其中，所述偏置数据包括以下一种或其组合：偏置位置、偏置质量、偏置力、
5 偏置力矩。

37. 一种无人飞行器，包括动力装置，其中，还包括：

控制器，用于获取目标飞行数据和当前飞行数据，并根据所述目标飞行数据和所述当前飞行数据确定控制状态量；以及根据所述控制状态量进行所述无人飞行器的重心校准。

10 38. 根据权利要求 37 所述的无人飞行器，其中，所述控制器根据所述控制状态量进行无人飞行器的重心校准包括：

根据所述控制状态量，计算所述无人飞行器的重心与所述无人飞行器的拉力中心的偏置数据。

39. 根据权利要求 37 所述的无人飞行器，其中，还包括：

15 提示装置，用于在所述控制器根据所述控制状态量进行所述无人飞行器的重心校准的过程中发出校准提示信息。

40. 根据权利要求 38 所述的无人飞行器，其中，还包括：

存储器，用于存储所述偏置数据。

41. 根据权利要求 38 所述的无人飞行器，其中，

20 所述控制器还用于根据所述偏置数据生成控制分量，并根据所述控制分量控制所述动力装置。

42. 根据权利要求 38 所述的无人飞行器，其中，

所述控制器还用于将所述偏置数据与预设阈值进行比较，根据比较结果确定所述无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围。

25 43. 根据权利要求 42 所述的无人飞行器，其中，所述控制器根据比较结果确定所述无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围包括：

在所述比较结果为所述偏置数据大于或等于所述预设阈值的情况下，确定所述无人飞行器的负载安装位置超过所述规定安装范围；在所述比较结果为所述偏置数据小于所述预设阈值的情况下，确定所述无人飞行器的

负载安装位置未超过所述规定安装范围。

44. 根据权利要求 37 所述的无人飞行器，其中，

所述控制器还用于记录预设时间段内的控制状态量，并根据所述预设时间段内的控制状态量进行所述无人飞行器的重心校准。

5 45. 根据权利要求 37 至 44 中任一项所述的无人飞行器，其中，

所述控制器还用于获取所述无人飞行器的状态数据，并判断所述状态数据是否满足重心校准条件；当所述状态数据满足所述重心校准条件时，根据所述控制状态量进行所述无人飞行器的重心校准。

46. 根据权利要求 45 所述的无人飞行器，其中，

10 所述状态数据包括以下一种或其组合：定位数据、图像数据、姿态数据、加速度数据、角速度数据。

47. 根据权利要求 45 所述的无人飞行器，其中，

所述重心校准条件包括所述无人飞行器处于平衡状态。

48. 根据权利要求 47 所述的无人飞行器，其中，

15 所述重心校准条件还包括所述无人飞行器的惯性测量单元已进行数据校准。

49. 根据权利要求 45 所述的无人飞行器，其中，

所述控制器还用于获取所述无人飞行器的周围环境数据，并判断所述周围环境数据是否满足重心校准条件，当所述周围环境数据满足所述重心校准条件时，进入所述根据所述控制状态量进行所述无人飞行器的重心校准的步骤。

50. 根据权利要求 49 所述的无人飞行器，其中，

所述周围环境数据包括周围环境气流或周围环境风速。

51. 根据权利要求 49 所述的无人飞行器，其中，

25 所述重心校准条件包括所述无人飞行器所处环境的风速小于预设风速。

52. 根据权利要求 47 所述的无人飞行器，其中，所述无人飞行器距离地面的距离大于预设距离。

53. 根据权利要求 45 或 49 所述的无人飞行器，其中，所述控制器还

用于当不满足所述重心校准条件时，停止校准，并发送第一指令至控制终端。

54. 根据权利要求 45 或 49 所述的无人飞行器，其中，所述控制器还用于当校准失败时，停止校准，并发送第二指令至控制终端。

5 55. 根据权利要求 38 至 42 中任一项所述的无人飞行器，其中，所述偏置数据包括以下一种或其组合：偏置位置、偏置质量、偏置力、偏置力矩。

56. 一种无人飞行器的系统，其中，包括：

控制终端，用于向无人飞行器发送重心校准指令；

10 所述无人飞行器，用于根据所述重心校准指令进行重心校准，得到校准结果。

57. 根据权利要求 56 所述的无人飞行器的系统，其中，
所述无人飞行器还用于将所述校准结果发送至所述控制终端。

58. 根据权利要求 57 所述的无人飞行器的系统，其中，
15 所述控制终端还包括显示装置，所述显示装置用于对所述校准结果进行显示。

59. 根据权利要求 58 所述的无人飞行器的系统，其中，所述无人飞行器根据所述重心校准指令进行重心校准包括：

20 根据所述重心校准指令获取目标飞行数据和当前飞行数据，并根据所述目标飞行数据和所述当前飞行数据确定控制状态量，根据所述控制状态量进行无人飞行器的重心校准。

60. 根据权利要求 59 所述的无人飞行器的系统，其中，所述无人飞行器根据所述控制状态量进行无人飞行器的重心校准包括：

25 根据所述控制状态量，计算所述无人飞行器的重心与所述无人飞行器的拉力中心的偏置数据。

61. 根据权利要求 60 所述的无人飞行器的系统，其中，
所述无人飞行器还用于存储所述偏置数据。

62. 根据权利要求 60 所述的无人飞行器的系统，其中，
所述控制终端还用于存储所述偏置数据。

63. 根据权利要求 60 所述的无人飞行器的系统, 其中,

所述无人飞行器还用于根据所述偏置数据生成控制分量, 并根据所述控制分量控制所述无人飞行器的动力装置。

64. 根据权利要求 60 所述的无人飞行器的系统, 其中,

5 所述无人飞行器还用于将所述偏置数据与预设阈值进行比较, 根据比较结果确定所述无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围。

65. 根据权利要求 64 所述的无人飞行器的系统, 其中, 所述无人飞行器根据比较结果确定所述无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围包括:

10 在所述比较结果为所述偏置数据大于或等于所述预设阈值的情况下, 确定所述无人飞行器的负载安装位置超过所述规定安装范围; 在所述比较结果为所述偏置数据小于所述预设阈值的情况下, 确定所述无人飞行器的负载安装位置未超过所述规定安装范围。

66. 根据权利要求 64 所述的无人飞行器的系统, 其中,

15 所述无人飞行器还用于将所述负载安装位置是否超过规定安装范围的结果发送至所述控制终端;

所述显示装置还用于对所述负载安装位置是否超过规定安装范围的结果进行显示。

67. 根据权利要求 59 所述的无人飞行器的系统, 其中,

20 所述无人飞行器还用于记录预设时间段内的控制状态量, 并根据所述预设时间段内的控制状态量进行所述无人飞行器的重心校准。

68. 根据权利要求 56 至 67 中任一项所述的无人飞行器的系统, 其中, 所述无人飞行器的提示装置在根据所述重心校准指令进行重心校准的过程中发出校准提示信息。

25 69. 根据权利要求 56 至 67 中任一项所述的无人飞行器的系统, 其中, 所述无人飞行器还用于获取状态数据, 并判断所述状态数据是否满足重心校准条件, 当所述状态数据满足所述重心校准条件时根据所述重心校准指令进行重心校准。

70. 根据权利要求 69 所述的无人飞行器的系统, 其中,

所述无人飞行器还用于向所述控制终端发送校准进度信息。

71. 根据权利要求 69 所述的无人飞行器的系统，其中，

所述状态数据包括以下一种或其组合：定位数据、图像数据、姿态数据、加速度数据、角速度数据。

5 72. 根据权利要求 69 所述的无人飞行器的系统，其中，

所述重心校准条件包括所述无人飞行器处于平衡状态。

73. 根据权利要求 72 所述的无人飞行器的系统，其中，

所述重心校准条件还包括所述无人飞行器的惯性测量单元已进行数据校准。

10 74. 根据权利要求 69 所述的无人飞行器的系统，其中，

所述无人飞行器还用于获取所述无人飞行器的周围环境数据，并判断所述周围环境数据是否满足重心校准条件，当所述周围环境数据满足所述重心校准条件时，根据所述控制状态量进行所述无人飞行器的重心校准。

75. 根据权利要求 74 所述的无人飞行器的系统，其中，

15 所述周围环境数据包括周围环境气流或周围环境风速。

76. 根据权利要求 74 所述的无人飞行器的系统，其中，

所述重心校准条件包括所述无人飞行器所处环境的风速小于预设风速。

20 77. 根据权利要求 72 所述的无人飞行器的系统，其中，所述无人飞行器距离地面的距离大于预设距离。

78. 根据权利要求 69 或 74 所述的无人飞行器的系统，其中，

所述无人飞行器还用于当不满足所述重心校准条件时，停止校准，并发送第一指令至所述控制终端。

79. 根据权利要求 78 所述的无人飞行器的系统，其中，

25 所述第一指令包括不满足所述重心校准条件的原因和调整建议信息。

80. 根据权利要求 69 或 74 所述的无人飞行器的系统，其中，

所述无人飞行器还用于当校准失败时，停止校准，并发送第二指令至所述控制终端。

81. 根据权利要求 80 所述的无人飞行器的系统，其中，

所述第二指令包括校准失败原因。

82. 根据权利要求 69 或 74 所述的无人飞行器的系统，其中，

所述无人飞行器在根据所述重心校准指令进行重心校准的过程中，若不满足所述重心校准条件，则停止校准，并发送第一指令至所述控制终端。

5 83. 根据权利要求 60 至 66 中任一项所述的无人飞行器的系统，其中，所述偏置数据包括以下一种或其组合：偏置位置、偏置质量、偏置力、偏置力矩。

84. 一种计算机存储介质，其中，所述计算机存储介质中存储有程序指令，所述程序指令用于实现：

10 获取目标飞行数据和当前飞行数据，并根据所述目标飞行数据和所述当前飞行数据确定控制状态量；以及

根据所述控制状态量进行无人飞行器的重心校准。

85. 根据权利要求 84 所述的计算机存储介质，其中，所述程序指令实现所述根据所述控制状态量进行无人飞行器的重心校准包括：

15 根据所述控制状态量，计算所述无人飞行器的重心与所述无人飞行器的拉力中心的偏置数据。

86. 根据权利要求 85 所述的计算机存储介质，其中，所述程序指令还用于实现：

存储所述偏置数据。

20 87. 根据权利要求 85 所述的计算机存储介质，其中，所述程序指令还用于实现：

根据所述偏置数据得到控制分量，并根据所述控制分量控制所述无人飞行器的动力装置。

25 88. 根据权利要求 85 所述的计算机存储介质，其中，所述程序指令还用于实现：

将所述偏置数据与预设阈值进行比较，根据比较结果确定所述无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安装范围。

89. 根据权利要求 88 所述的计算机存储介质，其中，所述程序指令实现所述根据比较结果确定所述无人飞行器的负载安装位置是否超过规定安

装范围包括：

在所述比较结果为所述偏置数据大于或等于所述预设阈值的情况下，确定所述无人飞行器的负载安装位置超过所述规定安装范围；

在所述比较结果为所述偏置数据小于所述预设阈值的情况下，确定所述无人飞行器的负载安装位置未超过所述规定安装范围。

90. 根据权利要求 84 所述的计算机存储介质，其中，所述程序指令还用于实现：

记录预设时间段内的控制状态量，并根据所述预设时间段内的控制状态量进行所述无人飞行器的重心校准。

91. 根据权利要求 84 至 90 中任一项所述的计算机存储介质，其中，所述程序指令还用于实现：

获取所述无人飞行器的状态数据，并判断所述状态数据是否满足重心校准条件；

当所述状态数据满足所述重心校准条件时，进入所述根据所述控制状态量进行所述无人飞行器的重心校准的步骤。

92. 根据权利要求 91 所述的计算机存储介质，其中，

所述状态数据包括以下一种或其组合：定位数据、图像数据、姿态数据、加速度数据、角速度数据。

93. 根据权利要求 91 所述的计算机存储介质，其中，

所述重心校准条件包括所述无人飞行器处于平衡状态。

94. 根据权利要求 93 所述的计算机存储介质，其中，

所述重心校准条件还包括所述无人飞行器的惯性测量单元已进行数据校准。

95. 根据权利要求 91 所述的计算机存储介质，其中，所述程序指令还用于实现：

获取所述无人飞行器的周围环境数据，并判断所述周围环境数据是否满足重心校准条件；

当所述周围环境数据满足所述重心校准条件时，进入所述根据所述控制状态量进行所述无人飞行器的重心校准的步骤。

96. 根据权利要求 95 所述的计算机存储介质，其中，
所述周围环境数据包括周围环境气流或周围环境风速。

97. 根据权利要求 95 所述的计算机存储介质，其中，
所述重心校准条件包括所述无人飞行器所处环境的风速小于预设风
5 速。

98. 根据权利要求 93 所述的计算机存储介质，其中，所述无人飞行器
距离地面的距离大于预设距离。

99. 根据权利要求 91 或 95 所述的计算机存储介质，其中，所述程序
指令还用于实现：当不满足所述重心校准条件时，停止校准，并发送第一
10 指令至控制终端。

100. 根据权利要求 91 或 95 所述的计算机存储介质，其中，所述程序
指令还用于实现：当校准失败时，停止校准，并发送第二指令至控制终端。

101. 根据权利要求 85 至 89 中任一项所述的计算机存储介质，其中，
所述偏置数据包括以下一种或其组合：偏置位置、偏置质量、偏置力、偏
15 置力矩。

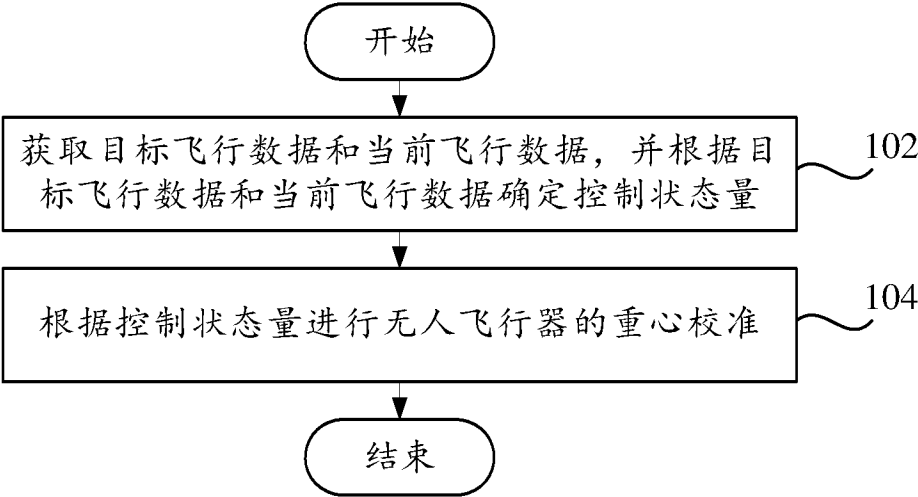


图 1

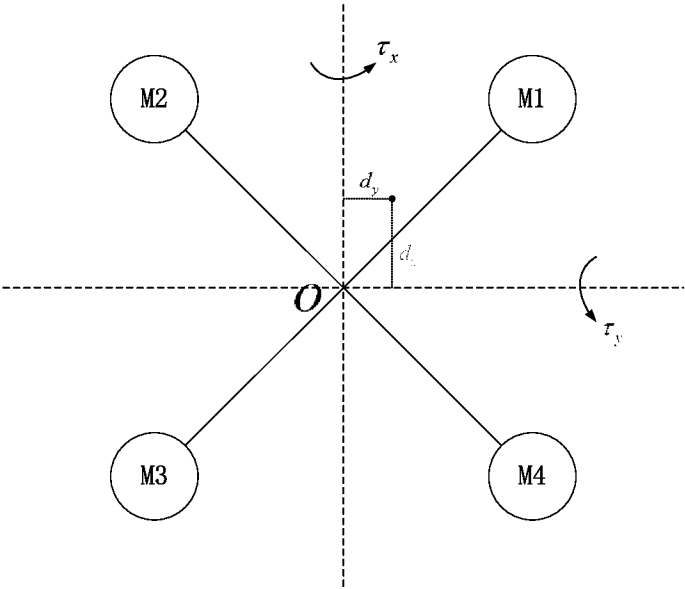


图 2

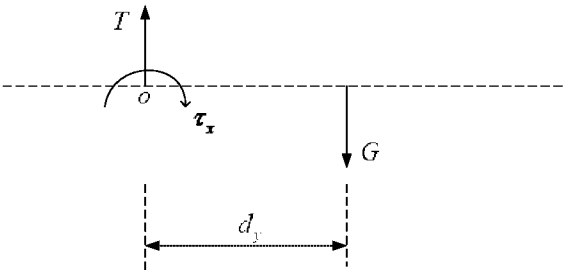


图 3

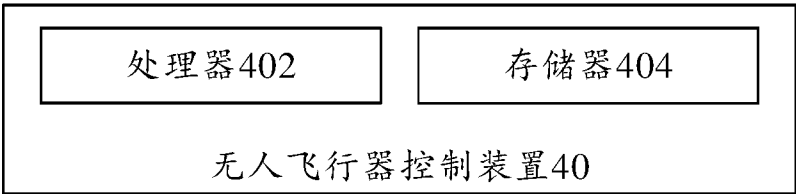


图 4

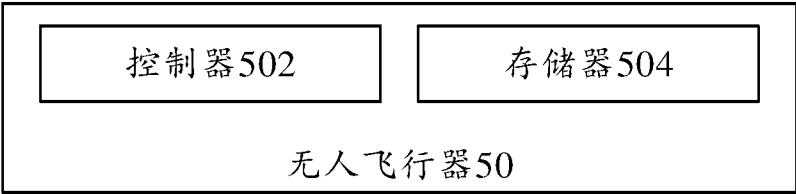


图 5

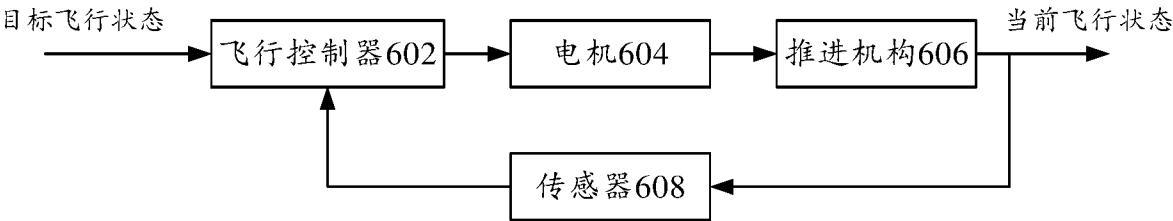


图 6

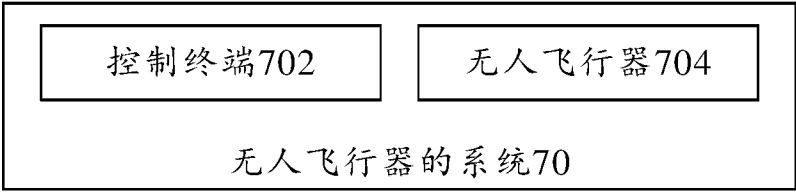


图 7

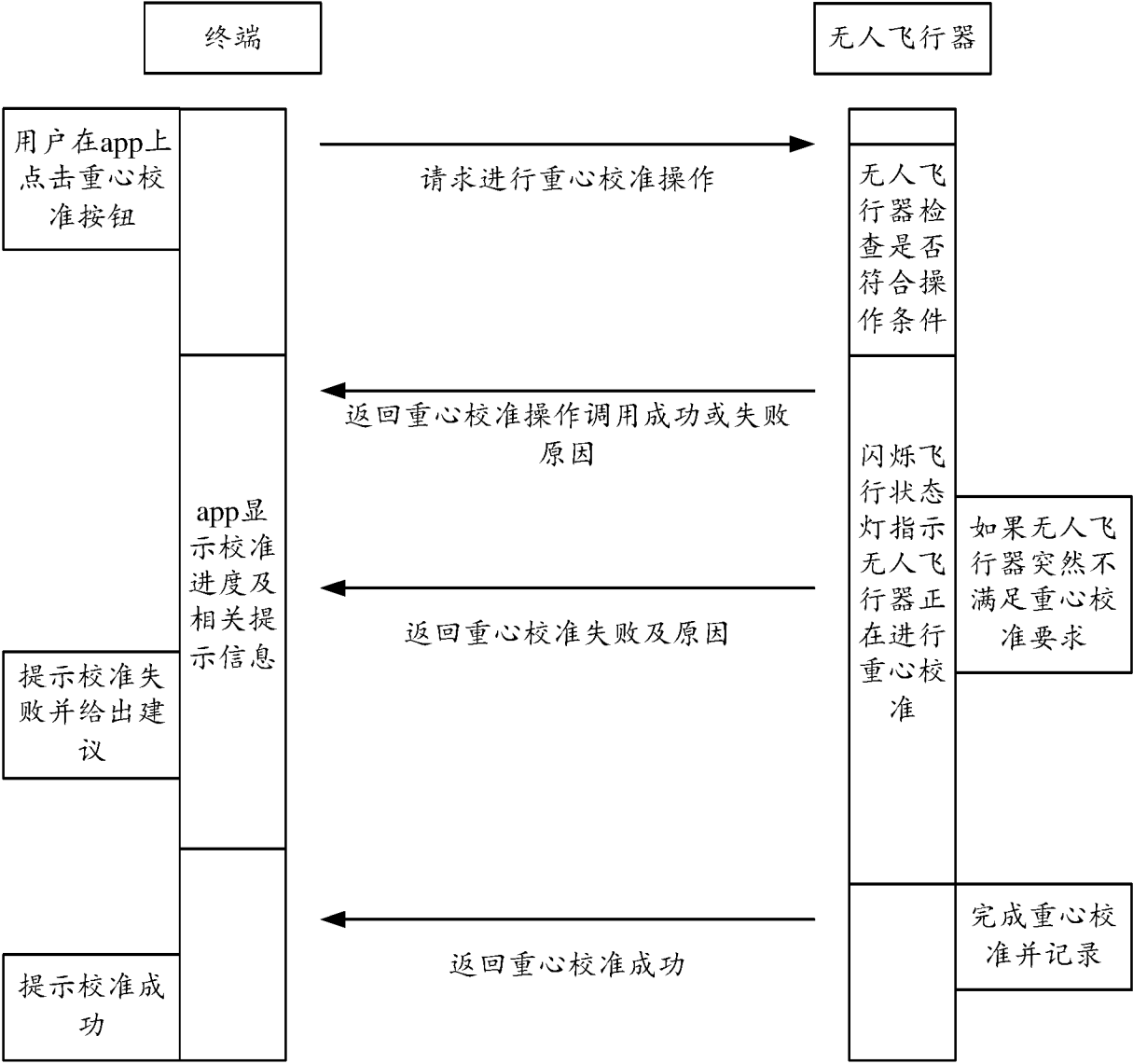


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/118099

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B64C 27/08(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B64C27/-; G01M1/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI: 深圳市大疆创新科技有限公司, 校准, 无人机, 重心, 调, 控制, aircraft?, airplane?, gravity, UVA, center, central, adjust+, balanc+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 107284653 A (JIANGSU GAOJING MECHANICAL & ELECTRICAL EQUIPMENT CO., LTD.) 24 October 2017 (2017-10-24) description, paragraphs 23-27, and figures 1-3	1-7, 18-25, 36-44, 55-68, 83-90, 101
A	CN 108445913 A (CHENGDU SKYLIN TECH CO., LTD.) 24 August 2018 (2018-08-24) entire document	1-101
A	US 9464958 B2 (BELL HELICOPTER TEXTRON INC.) 11 October 2016 (2016-10-11) entire document	1-101
A	CN 103979106 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 13 August 2014 (2014-08-13) entire document	1-101
A	WO 2017214858 A1 (SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) 21 December 2017 (2017-12-21) entire document	1-101
A	WO 2018200879 A1 (DETROIT AIRCRAFT CORP.) 01 November 2018 (2018-11-01) entire document	1-101



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 July 2019

Date of mailing of the international search report

30 July 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

National Intellectual Property Administration, PRC (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/118099

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	107284653	A	24 October 2017	None			
CN	108445913	A	24 August 2018	CN	208367542	U	11 January 2019
US	9464958	B2	11 October 2016	US	2016209290	A1	21 July 2016
CN	103979106	A	13 August 2014	CN	103979106	B	06 July 2016
WO	2017214858	A1	21 December 2017	CN	109562829	A	02 April 2019
				US	2019084675	A1	21 March 2019
WO	2018200879	A1	01 November 2018	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/118099

A. 主题的分类

B64C 27/08 (2006.01) i

按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)

B64C27/-; G01M1/-

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))

CNPAT, CNKI, EPDOC, WPI: 深圳市大疆创新科技有限公司, 校准, 无人机, 重心, 调, 控制, aircraft?, airplane?, gravity, UVA, center, central, adjust+, balance+

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 107284653 A (江苏高精机电装备有限公司) 2017年 10月 24日 (2017 - 10 - 24) 说明书第23-27段; 附图1-3	1-7、18-25、36-44、 55-68、83-90、101
A	CN 108445913 A (成都天麒科技有限公司) 2018年 8月 24日 (2018 - 08 - 24) 全文	1-101
A	US 9464958 B2 (BELL HELICOPTER TEXTRON INC.) 2016年 10月 11日 (2016 - 10 - 11) 全文	1-101
A	CN 103979106 A (浙江大学) 2014年 8月 13日 (2014 - 08 - 13) 全文	1-101
A	WO 2017214858 A1 (SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) 2017年 12月 21日 (2017 - 12 - 21) 全文	1-101
A	WO 2018200879 A1 (DETROIT AIRCRAFT CORP.) 2018年 11月 1日 (2018 - 11 - 01) 全文	1-101

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2019年 7月 17日

国际检索报告邮寄日期

2019年 7月 30日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局 (ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

郭研岐

电话号码 (86-10)53960844

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/118099

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	107284653	A	2017年 10月 24日	无	
CN	108445913	A	2018年 8月 24日	CN 208367542 U	2019年 1月 11日
US	9464958	B2	2016年 10月 11日	US 2016209290 A1	2016年 7月 21日
CN	103979106	A	2014年 8月 13日	CN 103979106 B	2016年 7月 6日
WO	2017214858	A1	2017年 12月 21日	CN 109562829 A	2019年 4月 2日
				US 2019084675 A1	2019年 3月 21日
WO	2018200879	A1	2018年 11月 1日	无	