



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109383781 B

(45) 授权公告日 2022. 12. 02

(21) 申请号 201810891468.2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2018.08.07

G05D 1/12 (2006.01)

B64C 27/12 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109383781 A

审查员 卓启威

(43) 申请公布日 2019.02.26

(30) 优先权数据

62/542,113 2017.08.07 US

16/030,687 2018.07.09 US

(73) 专利权人 贝尔直升机德事隆公司

地址 美国德克萨斯州

(72) 发明人 罗伯特·厄尔·沃沙姆二世

卢克·道菲德·吉莱特

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

公司 11227

专利代理师 王萍 杜诚

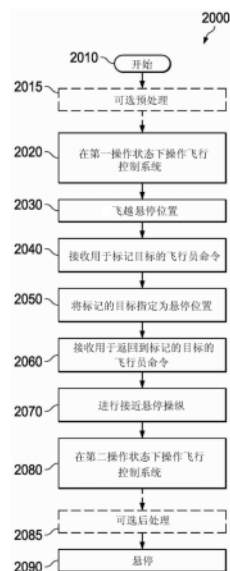
权利要求书4页 说明书19页 附图19页

(54) 发明名称

用于旋翼飞行器接近悬停的系统和方法

(57) 摘要

提供了用于旋翼飞行器接近悬停的系统和方法,旋翼飞行器具有:动力系;旋翼系统,其耦接至动力系并且包括多个旋翼桨叶;飞行控制系统FCS,其能够操作用于改变旋翼系统的至少一个操作状态;飞行控制组件PCA,其能够操作用于接收来自飞行员的命令;以及飞行控制计算机FCC,其在FCS与PCA之间进行电通信.FCC能够操作用于:接收用于标记目标的飞行员命令,响应于用于标记目标的飞行员命令指定悬停位置,接收用于返回到目标的飞行员命令,响应于用于返回到目标的飞行员命令进行接近悬停操纵,以及响应于进行接近悬停操纵转换到旋翼系统的第二操作状态,旋翼系统的第二操作状态对应于航向的变化、空速的降低以及海拔高度的下降。



1. 一种旋翼飞行器,包括:

耦接至本体的动力系,所述动力系包括动力源和耦接至所述动力源的驱动轴;

旋翼系统,其耦接至所述动力系并且包括多个旋翼桨叶;

飞行控制系统FCS,其能够操作用于改变所述旋翼系统的至少一个操作状态;

飞行员控制组件PCA,其能够操作用于接收来自飞行员的命令,其中,所述FCS是与所述PCA进行电通信的电传飞行控制系统;以及

飞行控制计算机FCC,其在所述FCS与所述PCA之间进行电通信,所述FCC能够操作用于:

接收用于当所述旋翼飞行器飞越目标时标记所述目标的飞行员命令,其中,通过所述飞行员按下飞行指引器FD模式面板的对目标标记MOT按钮接收所述用于标记目标的飞行员命令,其中,当所述飞行员按下MOT按钮时,在主飞行显示器上的FD武装模式字段中通知“RTT”,RTT表示返回到目标;

响应于所述用于标记目标的飞行员命令,指定悬停位置,其中,所述悬停位置被标记在所述主飞行显示器所显示的地图上;

接收用于返回到所述目标的飞行员命令,其中,通过所述飞行员按下所述FD模式面板的悬停HOV按钮接收所述用于返回到所述目标的飞行员命令;

响应于接收到所述用于返回到所述目标的飞行员命令、确定所述旋翼飞行器的位置处的现行风向,并且确定根据所述现行风向的顺风方向;

响应于接收到所述用于返回到所述目标的飞行员命令,根据所述顺风方向确定沿逆风方向的、用于接近悬停操纵的RTT路线;

响应于所述用于返回到所述目标的飞行员命令,根据所述RTT路线进行所述接近悬停操纵;以及

响应于进行所述接近悬停操纵,转换到所述旋翼系统的第二操作状态,其中,所述旋翼系统的所述第二操作状态对应于伴随着所述旋翼飞行器接近所述悬停位置航向的变化、空速的降低以及海拔高度的下降。

2. 根据权利要求1所述的旋翼飞行器,其中,所述FCC还能够操作用于:

改变第一飞行特性,其中,所述第一飞行特性的改变将导致对第二飞行特性的预期改变;

指示所述FCS基于所述第一飞行特性与所述第二飞行特性之间的卷绕关系来改变所述旋翼系统的第一操作状态;以及

指示所述FCS响应于对所述第二飞行特性的所述预期改变转换到所述旋翼系统的所述第二操作状态,其中,所述旋翼系统的所述第二操作状态能够操作用于至少部分地抵消对所述第二飞行特性的所述预期改变,使得所述FCS能够操作用于至少部分地分离卷绕的飞行特性。

3. 根据权利要求2所述的旋翼飞行器,其中,所述接近悬停操纵基于所述旋翼飞行器与所述悬停位置之间的距离。

4. 根据权利要求3所述的旋翼飞行器,其中,所述接近悬停操纵基于所述距离的平方根。

5. 根据权利要求2所述的旋翼飞行器,其中,所述接近悬停操纵包括以下中至少之一:

所述旋翼飞行器的俯仰的增大或减小;

所述旋翼飞行器的滚转的增大或减小；
所述旋翼飞行器的偏航的增大或减小；或者
所述旋翼系统的总距的增大或减小。

6. 根据权利要求5所述的旋翼飞行器，其中，所述FCC还能够操作用于维持所述接近悬停操纵，直到所述旋翼飞行器位于所述悬停位置处或直到所述FCC接收到飞行员命令。

7. 根据权利要求6所述的旋翼飞行器，其中，所述飞行员命令是从所述PCA的周期距控制装置或总距控制装置接收的。

8. 根据权利要求2所述的旋翼飞行器，其中，所述FCC还能够操作用于根据所述旋翼飞行器的至少一个传感器确定前进空速。

9. 根据权利要求2所述的旋翼飞行器，其中，所述第一操作状态包括所述旋翼飞行器由自动驾驶仪驾驶。

10. 根据权利要求2所述的旋翼飞行器，其中，所述第一操作状态包括所述旋翼飞行器以大于0节的空速进行前进飞行。

11. 根据权利要求2所述的旋翼飞行器，其中，所述悬停位置在所述目标上方约50英尺处。

12. 根据权利要求2所述的旋翼飞行器，其中，所述旋翼系统包括主旋翼系统和尾旋翼系统中至少之一。

13. 一种飞行控制计算机FCC，包括：

处理器；以及

非暂态计算机可读存储介质，其存储要由所述处理器执行以实现控制律的程序，所述程序包括用于以下操作的指令：

接收用于当所述FCC飞越目标时指定标记的目标作为悬停位置的第一飞行员命令，其中，通过飞行员按下飞行指引器FD模式面板的对目标标记MOT按钮接收所述第一飞行员命令，其中，当所述飞行员按下MOT按钮时，在主飞行显示器上的FD武装模式字段中通知“RTT”，RTT表示返回到目标，以及其中，所述悬停位置被标记在所述主飞行显示器所显示的地图上；

响应于接收到用于返回到所述目标的第二飞行员命令、确定当前位置处的现行风向，并且确定根据所述现行风向的顺风方向，其中，通过所述飞行员按下所述FD模式面板的悬停HOV按钮接收所述第二飞行员命令；

响应于接收到所述用于返回到所述目标的第二飞行员命令，根据所述顺风方向确定用于接近悬停操纵的RTT路线；

响应于所述用于返回到所述目标的第二飞行员命令，执行所述接近悬停操纵，使得具有所述FCC的旋翼飞行器根据所述RCC路线返回到标记的目标位置并悬停在所述标记的目标位置上方。

14. 根据权利要求13所述的FCC，其中，所述程序还包括用于以下中至少之一的指令：增大或减小俯仰角、滚转角、偏航率或总距角中的至少之一。

15. 根据权利要求14所述的FCC，其中，所述程序还包括用于以下的指令：

降低所述旋翼飞行器的空速；以及

降低所述旋翼飞行器的海拔高度。

16. 根据权利要求15所述的FCC, 其中, 用于降低所述旋翼飞行器的空速以及降低所述旋翼飞行器的海拔高度的指令包括: 用于根据所述旋翼飞行器与所述标记的目标位置之间的距离降低所述旋翼飞行器的空速以及降低所述旋翼飞行器的海拔高度的指令。

17. 根据权利要求16所述的FCC, 其中, 用于降低所述旋翼飞行器的空速以及降低所述旋翼飞行器的海拔高度的指令包括: 用于根据所述距离的平方根降低所述旋翼飞行器的空速以及降低所述旋翼飞行器的海拔高度的指令。

18. 一种方法, 包括:

在飞行控制系统FCS的第一操作状态下操作旋翼飞行器, 所述旋翼飞行器具有在所述FCS与飞行员控制组件PCA之间进行电通信的飞行控制计算机FCC;

由所述旋翼飞行器飞越悬停位置;

通过所述FCC接收用于当所述旋翼飞行器飞越所述悬停位置时标记所述悬停位置处的目标的飞行员命令, 其中, 通过飞行员按下飞行指引器FD模式面板的对目标标记MOT按钮接收所述用于标记目标的飞行员命令, 其中, 当所述飞行员按下MOT按钮时, 在主飞行显示器上的FD武装模式字段中通知“RTT”, 其中, RTT表示返回到目标;

响应于接收到所述用于标记目标的飞行员命令, 通过所述FCC指定所述悬停位置, 其中, 所述悬停位置被标记在所述主飞行显示器所显示的地图上;

在飞越所述悬停位置之后并且在指定所述悬停位置之后, 通过所述FCC接收用于返回到所述目标的飞行员命令, 其中, 通过所述飞行员按下所述FD模式面板的悬停HOV按钮接收所述用于返回到所述目标的飞行员命令;

响应于接收到所述用于返回到所述目标的飞行员命令、通过所述FCC确定所述旋翼飞行器的位置处的现行风向, 并且确定根据所述现行风向的顺风方向;

响应于接收到所述用于返回到所述目标的飞行员命令, 通过所述FCC根据所述顺风方向确定用于接近悬停操纵的RTT路线;

响应于所述用于返回到所述目标的飞行员命令, 通过所述FCC并且根据所述RTT路线进行所述接近悬停操纵; 以及

响应于所述FCC进行所述接近悬停操纵, 通过所述FCC转换到所述FCS的第二操作状态, 其中, 所述第二操作状态能够操作用于伴随着所述旋翼飞行器接近所述悬停位置来降低空速和降低海拔高度。

19. 根据权利要求18所述的方法, 其中, 所述FCC转换到所述第二操作状态包括:

改变第一飞行特性, 其中, 改变所述第一飞行特性将导致对第二飞行特性的预计改变, 并且其中, 所述第一飞行特性和所述第二飞行特性具有固有耦合关系;

指示所述FCS基于所述固有耦合关系来改变所述FCS的所述第一操作状态; 以及

指示所述FCS响应于对所述第二飞行特性的所述预计改变转换到所述FCS的所述第二操作状态, 其中, 所述第二操作状态能够操作用于至少部分地补偿对所述第二飞行特性的所述预计改变, 使得所述FCS能够操作用于至少部分地解耦所述第一飞行特性与所述第二飞行特性的所述固有耦合关系。

20. 根据权利要求19所述的方法, 其中, 所述方法包括以下中至少之一:

所述接近悬停操纵基于所述旋翼飞行器与所述悬停位置之间的距离;

基于所述距离的平方根确定所述接近悬停操纵的下降曲线;

所述下降曲线包括所述旋翼飞行器的垂直速度和减速率；

随着所述旋翼飞行器接近所述悬停位置，基于所述距离的平方根迭代地调节所述垂直速度和所述减速率；

迭代调节包括连续更新位置误差；

所述接近悬停操纵的持续时间在大约2分钟与大约3分钟之间；

确定所述下降曲线与使用“如果/则”阈值评估不同；

所述接近悬停操纵不包括“如果/则”速度阈值评估以应用所述下降曲线；

所述接近悬停操纵不包括“如果/则”海拔高度阈值评估以应用所述下降曲线；

所述接近悬停操纵包括以下中至少之一：

俯仰的增大或减小；

滚转的增大或减小；

偏航的增大或减小；或者

总距的增大或减小；

所述FCC还能够操作用于维持所述接近悬停操纵，直到所述旋翼飞行器位于所述悬停位置处或直到所述FCC接收到飞行员命令；

从所述PCA的周期距控制装置或总距控制装置接收所述飞行员命令；所述FCC还能够操作用于根据所述旋翼飞行器的至少一个传感器确定前进空速；

所述第一操作状态包括所述旋翼飞行器由自动驾驶仪驾驶；

所述第一操作状态包括所述旋翼飞行器以大于0节的空速进行前进飞行；

所述悬停位置在所述目标上方约50英尺处；或者

所述旋翼飞行器包括主旋翼系统和尾旋翼系统中至少之一。

用于旋翼飞行器接近悬停的系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2017年8月7日提交的美国临时申请第62/542,113号的权益,该申请通过引用而合并至本文中。

技术领域

[0003] 本公开内容总体上涉及飞行器飞行控制系统,并且更具体地涉及旋翼飞行器电传飞行(FBW)控制律。

背景技术

[0004] 旋翼飞行器可以包括一个或更多个旋翼系统。旋翼系统的示例包括主旋翼系统和尾旋翼系统。主旋翼系统可以产生气动升力以支撑飞行中的旋翼飞行器的重量,并且产生推力以抵消气动阻力并移动旋翼飞行器向前飞行。尾旋翼系统可以产生与主旋翼系统的旋转相对应的推力,以抵消由主旋翼系统产生的扭矩。

发明内容

[0005] 一种具有一个或更多个计算机的系统可以被配置成通过使软件、固件、硬件或它们的组合安装在系统上来执行操作或动作,所述软件、固件、硬件或它们的组合在操作中使该系统执行动作。一个或更多个计算机程序可以被配置成通过包括指令来执行操作或动作,所述指令在由数据处理装置执行时使该装置执行所述动作。

[0006] 一种实施方式的旋翼飞行器,包括:耦接至本体的动力系,动力系具有动力源和耦接至动力源的驱动轴;旋翼系统,其耦接至动力系并且包括多个旋翼桨叶;飞行控制系统(FCS),其能够操作用于改变旋翼系统的至少一个操作状态;飞行员控制组件(PCA),其能够操作用于接收来自飞行员的命令,其中FCS是与PCA进行电通信的电传飞行控制系统;飞行控制计算机(FCC),其在FCS与PCA之间进行电通信。FCC能够操作用于:接收用于标记目标的飞行员命令;响应于用于标记目标的飞行员命令指定悬停位置;接收用于返回到目标的飞行员命令;响应于用于返回到目标的飞行员命令进行接近悬停操纵(approach-to-hover maneuver);以及响应于进行接近悬停操纵转换到旋翼系统的第二操作状态,其中,旋翼系统的第二操作状态对应于伴随着旋翼飞行器接近悬停位置航向的变化、空速的降低以及海拔高度的下降。

[0007] 一种实施方式的飞行控制计算机(FCC)包括处理器和非暂态计算机可读存储介质,该非暂态计算机可读存储介质存储要由处理器执行以实现控制律的程序。该程序包括用于响应于飞行员命令执行接近悬停操纵的指令,其中飞行员命令使旋翼飞行器返回到标记的目标位置并悬停在标记的目标位置上方。

[0008] 一种实施方式的方法,包括:在飞行控制系统(FCS)的第一操作状态下操作旋翼飞行器,该旋翼飞行器具有在FCS与飞行员控制组件(PCA)之间进行电通信的飞行控制计算机(FCC);由旋翼飞行器飞越(overfly)悬停位置,通过FCC接收用于标记目标的飞行员命令;

响应于接收到用于标记目标的飞行员命令通过FCC指定悬停位置；在飞越悬停位置之后并且在指定悬停位置之后通过FCC接收用于返回到目标的飞行员命令；响应于用于返回到目标的飞行员命令通过FCC进行接近悬停操纵；以及响应于FCC进行接近悬停操纵通过FCC转换到FCS的第二操作状态，其中，第二操作状态能够操作用于伴随着旋翼飞行器接近悬停位置来降低空速和降低海拔高度。

[0009] 某些实施方式可能包括上述优点中的一些、全部或未包括上述优点。对于本领域技术人员而言，在查看了本文所包括的附图、说明书和权利要求书之后，一个或多个其他技术优点可以是明显的。

附图说明

[0010] 当结合附图阅读时，根据下面的详细描述可以理解本公开内容的代表性方面。要注意，根据行业内的标准实践，各种特征可能未按比例绘制。例如，为了清楚说明或描述，各种特征的尺寸可以任意增大或减小。除非另有说明，否则不同附图中的对应附图标记和符号通常指代对应部分。

[0011] 图1代表性示出了根据实施方式的旋翼飞行器。

[0012] 图2代表性示出了根据实施方式的驾驶舱配置。

[0013] 图3代表性示出了根据实施方式的周期距控制组件和总距控制组件的安装。

[0014] 图4代表性示出了根据实施方式的踏板组件的安装。

[0015] 图5代表性示出了根据实施方式的周期距配平组件。

[0016] 图6代表性示出了根据实施方式的总距配平组件。

[0017] 图7代表性示出了根据实施方式的反扭矩配平组件。

[0018] 图8代表性示出了根据实施方式的交叉馈送布置。

[0019] 图9代表性示出了根据实施方式的三环路飞行控制系统。

[0020] 图10代表性示出了根据实施方式的接近悬停飞行路径的平面图。

[0021] 图11代表性示出了根据实施方式的飞行指引器(FD)模式面板。

[0022] 图12代表性示出了根据实施方式的图10的接近悬停飞行路径的垂直下降曲线。

[0023] 图13代表性示出了根据实施方式的返回到目标(RTT)逻辑图。

[0024] 图14代表性示出了根据实施方式的总距控制逻辑图。

[0025] 图15代表性示出了根据实施方式的横向控制逻辑图。

[0026] 图16代表性示出了根据实施方式的俯仰控制逻辑图。

[0027] 图17示出了根据实施方式的可以在图16的俯仰控制逻辑中实现的代表性空速控制逻辑。

[0028] 图18示出了根据实施方式的可以在图16的俯仰控制逻辑中实现的代表性减速控制逻辑。

[0029] 图19示出了根据实施方式的可以在图16的俯仰控制逻辑中实现的代表性地速控制逻辑。

[0030] 图20代表性示出了根据代表性实施方式的电传飞行接近悬停方法。

[0031] 图21代表性示出了根据实施方式的用于执行返回到目标(RTT)操纵的电传飞行控制方法。

[0032] 图22代表性地示出了根据实施方式的用于执行返回到目标 (RTT) 操纵的控制律方法。

具体实施方式

[0033] 下面详细论述代表性实施方式。然而,应当理解,本文公开的构思可以在各种上下文中实现,并且本文讨论的具体实施方式仅仅是说明性的,并不意在限制权利要求的范围。此外,在不脱离由所附权利要求限定的精神和范围的情况下,可以在本文中进行各种改变、替换和更改。

[0034] 图1示出了根据代表性实施方式的旋翼飞行器100。旋翼飞行器100包括旋翼系统110、主旋翼桨叶120、机身130、起落架140以及尾桁150。旋翼系统110可以使主旋翼桨叶120旋转。旋翼系统110可以包括用于选择性地控制每个桨叶120的桨距 (pitch) 以选择性地控制旋翼飞行器100的方向、推力和升力的控制系统。机身130包括旋翼飞行器100的机体,并且可以耦接至旋翼系统110,使得旋翼系统110和主旋翼桨叶120在飞行中通过空气使机身130移动。起落架140在着陆期间或在旋翼飞行器100在地面上静止时支承旋翼飞行器100。尾桁150表示旋翼飞行器100的后部,并且具有旋翼系统110和尾旋翼桨叶120'的部件。尾旋翼桨叶120'抵消由旋翼系统110和主旋翼桨叶120产生的扭矩效应。与本文描述的旋翼系统有关的某些实施方式的教导可以应用于旋翼系统110或其他旋翼系统(例如,倾斜旋翼飞行器、纵列式旋翼飞行器或其他直升机旋翼系统)。还应当理解的是,旋翼飞行器100的代表性实施方式可以应用于旋翼飞行器以外的飞行器,例如飞机和无人驾驶飞行器等。

[0035] 飞行员可以操纵一个或多个飞行员飞行控制装置,以实现受控的空气动力飞行。由飞行员向飞行员飞行控制装置提供的输入可以以机械方式或电子方式(例如,经由电传飞行系统)发送至飞行控制设备。飞行控制设备可以包括能够操作用于改变飞行器的飞行特性的设备。代表性的飞行控制设备可以包括能够操作用于改变主旋翼桨叶120或尾旋翼桨叶120'的配置的控制系统。

[0036] 图2示出了根据代表性实施方式的旋翼飞行器100的驾驶舱配置260。旋翼飞行器100可以包括例如三组飞行员飞行控制装置(例如,周期距控制组件262、总距控制组件264和踏板组件266)。根据代表性实施方式,为飞行员和副飞行员(在本文中出于论述的目的,两者均可以被称为“飞行员”)提供各自包括不同的飞行员飞行控制组件的组。

[0037] 通常,周期距飞行员飞行控制装置可以使得飞行员能够向主旋翼桨叶120赋予周期距配置。主旋翼桨叶120的变化的周期距配置可以使旋翼飞行器100沿飞行员指定的方向倾斜。对于向前和向后倾斜(俯仰)或侧向倾斜(滚转),主旋翼桨叶120的迎角可以随着旋翼系统110的旋转期间的循环周期性而改变,从而在旋转循环中的变化的点处产生具有可变的量的升力。主旋翼桨叶120的周期距配置的改变可以通过来自周期距控制组件262的输入来完成。

[0038] 总距飞行员飞行控制装置可以使得飞行员能够向主旋翼桨叶120赋予总距配置(例如,集体桨叶桨距)。主旋翼桨叶120的总距配置可以改变由主旋翼桨叶120产生的总升力。为了增大或减小主旋翼桨叶120中的总升力,所有主旋翼桨叶120的迎角可以同时集体地被改变相等的量,从而导致上升、下降、加速或减速。主旋翼桨叶120的总距配置的改变可以通过来自总距控制组件264的输入来完成。

[0039] 反扭矩飞行员飞行控制装置可以使得飞行员能够改变施加到旋翼飞行器100的反扭矩力的量。尾旋翼桨叶120'可以进行操作以抵消由旋翼系统110和主旋翼桨叶120产生的扭矩。反扭矩飞行员飞行控制装置可以改变所施加的反扭矩力的量以改变旋翼飞行器100的航向(偏航)。例如,提供大于由旋翼系统110和主旋翼桨叶120产生的扭矩效应的反扭矩力可以使旋翼飞行器100在第一方向上旋转,而提供小于由旋翼系统110和主旋翼桨叶120产生的扭矩效应的反扭矩力可以使旋翼飞行器100在与第一方向相反的第二方向上旋转。在一些实施方式中,反扭矩飞行员飞行控制装置可以通过改变尾旋翼桨叶120'的桨距来改变所施加的反扭矩力的量,从而增大或减小由尾旋翼桨叶120'产生的推力并使旋翼飞行器100的机头沿与来自踏板组件266的输入的施加对应的方向偏航。

[0040] 在其他实施方式中,旋翼飞行器100可以包括另外的或不同的反扭矩设备,例如方向舵或无尾旋翼(NOTAR)反扭矩设备。结合的或替选的反扭矩实施方式可以操作成改变由这种另外的或不同的反扭矩设备或系统提供的反扭矩力的量。

[0041] 在一些实施方式中,可以在电传飞行控制(FBW)系统中使用周期距控制组件262、总距控制组件264以及踏板组件266。在如图2所代表性示出的示例中,每个周期距控制组件262位于飞行员座椅的右侧,每个总距控制组件264位于飞行员座椅的左侧,并且每个踏板组件266位于飞行员座椅的前方。在其他实施方式中,周期距控制组件262、总距控制组件264以及踏板组件266可以设置在驾驶舱配置的任何合适的位置。

[0042] 在一些实施方式中,周期距控制组件262、总距控制组件264以及踏板组件266可以与将机械输入转换成FBW系统飞行控制命令的配平组件机械上连通。除了其他项之外,这些配平组件还可以包括用于测量机械输入(例如,测量或以其他方式确定输入位置)的测量设备以及用于反向驱动周期距控制组件262、总距控制组件264或踏板组件266的中心位置的配平马达。

[0043] 例如,图3代表性示出了根据实施方式的两个周期距控制组件262和两个总距控制组件264的安装。在该示例中,周期距控制组件262和总距控制组件264耦接至三个集成的配平组件:两个周期距配平组件300和一个总距配平组件350。一个周期距配平组件300管理左/右周期距倾斜移动(例如,滚转),而另一周期距配平组件300管理前/后周期距倾斜移动(例如,俯仰)。

[0044] 周期距配平组件300和总距配平组件350能够操作用于接收并测量来自飞行员的周期距运动和总距运动的机械通信。在代表性方面中,周期距配平组件300和总距配平组件350可以包含FBW飞行控制系统的部件,并且来自周期距配平组件300和总距配平组件350的测量结果可以被发送至飞行控制计算机(FCC),所述飞行控制计算机(FCC)能够操作用于基于所接收的或以其他方式确定的测量结果来指示旋翼系统110改变主旋翼桨叶120的位置或配置。例如,FCC可以与能够操作用于改变主旋翼桨叶120的桨距或位置的致动器或其他设备通信。

[0045] 图4代表性示出了根据实施方式的踏板组件266的安装。两个踏板组件266耦接至反扭矩配平组件400。踏板连杆例如经由摇臂和踏板调节连杆机械连通。摇臂能够操作用于围绕旋转点旋转,使得推入一个踏板会致使踏板调节连杆旋转摇臂,这又使踏板调节连杆沿相应的相反方向推出另一踏板。

[0046] 旋转摇臂还使配平连杆重新定位与反扭矩配平组件400相关联的机械输入。以这

种方式,飞行员可以通过移动踏板将反扭矩命令机械地传送至反扭矩配平组件400。此外,配平连杆将相邻的踏板组件266耦接在一起,使得飞行员踏板和副飞行员踏板机械连通。

[0047] 图5、图6和图7示出了根据代表性实施方式的图3和图4的配平组件(300、350、400)。图5示出了根据实施方式的周期距配平组件300,图6示出了根据实施方式的总距配平组件350,图7示出了根据实施方式的反扭矩配平组件400。

[0048] 图5代表性示出了周期距配平组件300的实施方式,周期距配平组件300具有配平马达510、离合器515、缓降阻尼器520、位置测量设备530、梯度弹簧540、阻尼器550、剪切设备560、位置测量设备570、机械止动设备580以及输出轴590。虽然输出轴590可以被描述为单个轴,但是应当理解,输出轴590可以具有多个部件。例如,输出轴590可以包括由梯度弹簧540分开的两个轴。在另一示例中,输出轴590可以具有单个轴,其中扭力弹簧附接至该单个轴。

[0049] 在操作中,根据实施方式,输出轴590和周期距控制组件262机械连通,使得飞行员控制组件(PCA)手柄的移动导致输出轴590的移动,并且输出轴590的移动同样导致PCA手柄的移动。输出轴590的移动可以由位置测量设备530和570来测量或以其他方式确定。可以使用来自测量设备530和570的测量结果来指示旋翼系统110改变主旋翼桨叶120的位置。

[0050] 周期距配平组件300可以在三种操作模式下操作。在第一操作模式下,离合器515被接合并且配平马达510驱动输出轴590。该第一操作模式可以表示例如周期距配平组件300在自动驾驶操作期间的操作。在该示例中,配平马达510可以驱动输出轴590的移动,以驱动周期距控制组件262的PCA手柄的移动。位置测量设备530和570还可以测量配平马达510如何驱动输出轴590并且将这些测量结果传送至旋翼系统110。

[0051] 在第二操作模式下,离合器515分离并且飞行员通过周期距控制组件262来驱动输出轴590。在该示例中,飞行员改变输出轴590的位置,这可以由位置测量设备530和570测量。位置测量设备530和570可以测量飞行员如何驱动输出轴590并且将这些测量结果传送至旋翼系统110。

[0052] 在第三操作模式下,离合器515被接合并且配平马达510将其输出臂保持在配平位置处,以向输出轴590提供接地点。在该示例中,飞行员可以相对于由配平马达510设定的配平位置来改变输出轴590的位置。当飞行员释放PCA手柄时,PCA手柄可以移动至与由配平马达510确立的位置对应的配平位置。在一些实施方式中,可以对第一操作模式和第三操作模式进行组合,使得配平马达510在操作期间移动配平位置。

[0053] 因此,配平马达510可以通过输出轴590向周期距控制组件262提供周期距力(或配平)。在实施方式中,配平马达510可以是28伏直流永磁马达。在操作中,配平马达510可以为飞行控制系统(FCS)提供绕锚定点(或“止动器”)的人工力感觉(或“力反馈”)。离合器515提供用于接合和分离配平马达510的机构。

[0054] 图6示出了总距配平组件350的实施方式,该总距配平组件350具有配平马达610、行星齿轮组615、可变摩擦设备620、分解器630、剪切设备640、位置测量设备650、机械止动设备660以及输出轴670。输出轴670可以耦接至各种连杆。虽然输出轴670可以被描述为单个轴,但是应当理解,输出轴670可以包括多个部件或零件。

[0055] 输出轴670和总距控制组件264机械连通,使得总距控制装置的PCA手柄的移动导致输出轴670的移动,并且输出轴670的移动同样导致总距控制装置的PCA手柄的移动。输出

轴670的移动可以由位置测量设备650测量或以其他方式确定。可以使用来自测量装置650的测量结果来指示旋翼系统110,例如指示如何改变主旋翼桨叶120的位置。

[0056] 总距配平组件350可以在三种操作模式下操作。在第一操作模式下,可变摩擦设备620被接合并且配平马达610驱动输出轴670。该第一操作模式可以表示例如总距配平组件350在自动驾驶操作期间的操作。在该示例中,配平马达610可以驱动输出轴670的移动,以驱动总距控制组件264的PCA手柄的移动。位置测量设备650还可以测量配平马达610如何驱动输出轴670并将这些测量结果传送至旋翼系统110。

[0057] 在第二操作模式下,可变摩擦设备620被分离并且飞行员通过总距控制组件264驱动输出轴670。在该示例中,飞行员改变输出轴670的位置,输出轴670的位置可以由位置测量设备650测量或以其他方式确定。位置测量设备650可以测量或以其他方式确定飞行员如何驱动输出轴670并将这些测量结果传送至旋翼系统110。

[0058] 在第三操作模式下,可变摩擦设备620被接合并且配平马达610将其输出臂保持在配平位置,以向输出轴670提供接地点。在该示例中,飞行员可以相对于由配平马达610设定的配平位置来改变输出轴670的位置。当飞行员释放PCA手柄时,PCA手柄可以移动至与由配平马达610确立的位置对应的配平位置。在一些实施方式中,可以对第一操作模式和第三操作模式进行组合,使得配平马达610在操作期间移动配平位置。

[0059] 因此,配平马达610可以通过输出轴670向总距控制组件264提供总距力(或配平)。在一个示例性实施方式中,配平马达610可以是28伏直流永磁马达。在操作中,配平马达610可以为FCS提供绕锚定点的人工力感觉。可变摩擦设备620提供用于接合和分离配平马达610的机构。

[0060] 图7示出了反扭矩配平组件400的实施方式,反扭矩配平组件400具有:梯度弹簧740、阻尼器750、剪切设备760、位置测量设备770、机械止动设备780以及输出轴790。虽然输出轴790可以被描述为单个轴,但是可以理解的是,输出轴790可以包括多个零件或部件。

[0061] 在操作中,根据实施方式,输出轴790和踏板组件266机械连通,使得踏板的移动导致输出轴790的移动,并且输出轴790的移动同样导致踏板的移动。输出轴790的移动可以由位置测量设备770测量或以其他方式确定。可以使用来自测量设备770的测量结果来指示旋翼系统110,例如指示如何改变尾旋翼桨叶120'的桨距(或者如何改变替选的反扭矩设备或系统的操作)。

[0062] 虽然周期距控制组件262、总距控制组件264和踏板组件266通常可以分别控制旋翼飞行器100的周期距移动、总距移动和反扭矩移动,但是飞行器动力学通常会导致飞行器运动(或飞行特性)的耦合。作为示例,将横向周期距的变化输入到周期距控制组件262中可以导致旋翼飞行器100的俯仰力矩的变化。即使没有向周期距控制组件262提供纵向周期距输入,也会发生俯仰力矩的这种变化。更确切地,这种俯仰力矩的变化将是飞行器动力学的结果。在这样的示例中,飞行员可以应用反作用纵向周期距输入来补偿俯仰力矩的变化。因此,飞行器飞行特性的耦合通常会增加飞行员的工作量。

[0063] 不同的飞行器可以与不同的飞行器运动耦合相关联。例如,具有倾斜尾旋翼的旋翼飞行器会与高水平的耦合相关联,这是因为由倾斜的尾旋翼产生的“升力”与偏航运动和总距的正常耦合以及常规单旋翼飞行器的周期距输入的耦合进行组合。在这样的示例中,反馈环路可能不足以补偿这种耦合,这是因为直到耦合响应发生之后反馈环路才接合。

[0064] 因此,本文描述的旋翼飞行器电传飞行控制系统认识到利用考虑了飞行器运动的固有耦合的前馈控制交叉馈送来增强飞行控制命令的能力。图8示出了电传飞行交叉馈送布置800。如图8所示,交叉馈送布置800具有五个输入:总距轴输入810、纵向周期距轴输入820、横向周期距轴输入830、踏板轴输入840和内环路输入850。内环路输入850的示例将在后面关于图9的描述进行论述。

[0065] 如图8中代表性示出的,每个输入可以被交叉馈送到不同的轴。在一些示例中,高通滤波器(例如,高通滤波器812、822、832、842和852)可以用于通过允许高频信号通过而使低于截止频率的频率衰减来对交叉馈送信号进行滤波。在通过高通滤波器之前,向输入应用固定增益。然后通过限制器(例如,限制器814、824、834或844)将交叉馈送信号传递至致动器位置转换器860,致动器位置转换器960处理信号并且将信号转换成用于一个或多个致动器870的指令。每个致动器870可以表示向飞行控制设备提供飞行控制输入的任何设备。致动器870的示例可以包括但不限于斜盘致动器、浆距连杆致动器、桨叶上致动器等。

[0066] 图8的示例具有五个代表性交叉馈送。第一交叉馈送801是基于提供纵向周期距、用于抵消由横向周期距的变化所产生的俯仰力矩的横向周期距至纵向周期距交叉馈送。第二交叉馈送802是基于提供横向周期距、用于抵消由纵向周期距的变化所产生的滚转力矩的纵向周期距至横向周期距交叉馈送。第三交叉馈送803是基于提供纵向周期距、用于抵消尾旋翼总距的俯仰力矩的踏板轴线(例如,尾旋翼总距)至纵向周期距交叉馈送。第四交叉馈送804是基于提供横向周期距、用于抵消例如尾旋翼总距的滚转力矩的尾旋翼总距至横向周期距交叉馈送。第五交叉馈送805是基于提供尾旋翼总距、用于抵消主旋翼总距的偏航力矩的主旋翼总距至尾旋翼总距交叉馈送。

[0067] 虽然图8以五个交叉馈送代表性示出,但是可以使用更多、更少或不同的交叉馈送布置。通常,每当飞行员提供用于改变第一飞行特性的命令时,可以使用交叉馈送,其中,改变第一飞行特性将导致对第二飞行特性的预计改变。交叉馈送可以产生响应于所接收的飞行员命令而改变FCS的第一操作状态的指令以及响应于对第二飞行特性的预计改变而改变第二操作状态的指令。该第二指令可以至少部分地补偿、抵消或以其他方式解决对第二飞行特性的预计改变。

[0068] 代表性实施方式认识到,应用交叉馈送以“解耦”具有耦合的飞行动力学的飞行器可以通过在不需要飞行员干预的情况下自动应用交叉馈送命令来减少飞行员工作量。例如,在一些实施方式中,应用解耦交叉馈送可以减少或消除对飞行员通过飞行员控制装置来施加意在至少部分地补偿飞行器的耦合运动的命令的需要。在某些情况下,与飞行员可以手动进行的情况相比,FCS可以更快地应用交叉馈送输入。例如,交叉馈送可以预期(并且因此更快地解决)固有耦合的飞行器运动或飞行特性。

[0069] 周期距控制组件262可以被配置成作为位移配平设备来操作,使得纵向杆的移动与斜盘的位置相关。在这样的示例中,应用交叉馈送来预期飞行器运动的固有耦合可能会导致杆位置不能精确地表示斜盘的位置,除非或者直到配平马达反向驱动飞行员控制设备以匹配斜盘位置。然而,由于飞行器动力学,持续地驱动杆特别是以高频率驱动杆可能会增加飞行员配平系统的工作量,并且可能由于随着斜盘移动将斜盘的瞬时运动传递至飞行员的手并迫使飞行员的手跟随杆而增加飞行员疲劳。

[0070] 因此,代表性实施方式的教导认识到以下能力:在短时间段内清除交叉馈送,使得

位移配平飞行控制设备在稳态飞行期间基本上反映斜盘的位置,但在短暂的瞬时时段期间不反映斜盘的位置。例如,配平马达可以在某些条件下(例如,在自动驾驶受控飞行期间或建立新的配平位置期间)驱动杆,但是FCC可以被配置成不响应于交叉馈送的应用来命令配平马达移动飞行员控制杆。在一些实施方式中,FCC可以被配置成在稳态条件期间基于斜盘的位置来命令马达移动飞行员控制杆,并且可以被配置成在瞬时条件期间不命令马达移动飞行员控制杆。

[0071] 清除时间段可以小于大约十秒(例如,大约2秒至7秒)。在一些实施方式中,当首次应用交叉馈送时,清除时间段开始。在其他实施方式中,在飞行器返回至稳定状态之后,清除时间段开始。在一些实施方式中,飞行器返回至与应用交叉馈送之前存在的稳态条件相同的稳态条件。在其他实施方式中,可以在应用交叉馈送之后建立新的稳态条件。

[0072] 交叉馈送布置800的元素可以至少部分地由一个或更多个计算机系统10实现。交叉馈送布置800的所有部件、一些部件或没有部件可以位于飞行器例如旋翼飞行器100之上或附近。

[0073] 用户5可以通过计算机系统10来访问交叉馈送布置800。例如,在一些实施方式中,用户5可以提供可以使用计算机系统10来处理的飞行控制输入。用户5可以包括与计算机系统10交互的任何个体、一群个体、实体、机器或机构。用户5的示例包括但不限于飞行员、副飞行员、服务人员、工程师、技术人员、承包商、代理、雇员等。用户5可以与组织相关联。组织可以包括追求集体目标的任何社会布置。组织的一个示例是企业。企业可以包括被设计为向消费者、政府实体或其他企业提供商品或服务或者商品和服务二者的组织。

[0074] 计算机系统10可以包括处理器12、输入/输出设备14、通信链路16以及存储器18。在其他实施方式中,计算机系统10可以包括更多部件、更少部件或其他部件。计算机系统10可操作成执行各种实施方式的一个或更多个操作。尽管代表性示出的实施方式示出了可以使用的计算机系统10的一个示例,但是其他实施方式可以利用不同于计算机系统10的计算机。其他实施方式可以采用在一个或更多个公用计算机网络或专用计算机网络例如一个或更多个网络30中联网在一起的多个计算机系统10或者其他计算机。

[0075] 处理器12表示能够操作于执行包含在计算机可读介质内的逻辑的设备。处理器12的示例包括一个或更多个微处理器、一个或更多个应用程序、虚拟机或其他逻辑。计算机系统10可以包括一个或更多个处理器12。

[0076] 输入/输出设备14可以包括能够操作于使得能够进行计算机系统10与外部部件之间的通信的任何设备或接口,所述通信包括与用户或另一系统的通信。示例性输入/输出设备14可以包括但不限于鼠标、键盘、显示器、打印机等。

[0077] 网络接口16可以操作成促进计算机系统10与网络的另一个元件例如其他计算机系统10之间的通信。网络接口(通信链路16)可以连接至适合于数据传输的任何数量的有线网络或无线网络或者有线网络与无线网络的组合,所述数据传输包括通信传输。

[0078] 存储器18表示任何合适的存储机构,并且可以存储供计算机系统10使用的任何数据。存储器18可以包括一个或更多个有形的、计算机可读的或计算机可执行的存储介质,并且可以是存储具有指令的程序的非暂态计算机可读介质。在一些实施方式中,存储器18存储逻辑20。逻辑促进计算机系统10的操作。逻辑20可以包括硬件、软件或其他逻辑。逻辑20可以被编码在一个或更多个有形的非暂态介质中,并且可以在由计算机执行时执行操作。

逻辑20可以包括计算机程序、软件、计算机可执行指令或能够由计算机系统10执行的指令。

[0079] 计算机10或计算机10的部件之间的各种通信可以跨网络例如网络30发生。网络30可以表示适合于数据传输的任何数量的网络和网络的组合。例如,网络30可以在网络地址之间传送因特网协议分组、帧中继帧、异步传送模式信元或其他合适的数据。虽然代表性示出的实施方式示出了一个网络30,但是其他实施方式可以包括更多或更少的网络。并非包括各种网络实施方式的所有元件都可以经由网络进行通信。代表性的方面和实现方式将认识到,跨网络的通信是用于在各方之间进行通信的机制的一个示例,并且可以使用任何合适的机制。

[0080] 图9代表性地示出了根据实施方式的三环路FCS 900。类似于图8的交叉馈送布置800,三环路FCS 900的元素可以至少部分地由一个或更多个计算机系统10实现。三环路FCS 900的所有部件、一些部件或没有部件可以位于飞行器例如旋翼飞行器100之上或附近。

[0081] 图9的三环路FCS 900具有飞行员输入910、外环路920、速率(中)环路930、内环路940、解耦器950以及飞行器装置960。内环路940和解耦器950的示例可以包括但不限于图8的交叉馈送布置800和内环路850。飞行器装置960的代表性示例可以包括但不限于图8的致动器位置转换器860和致动器870。

[0082] 在图9的示例中,三环路设计将内部稳定性和速率反馈环路与外部引导和跟踪环路分开。控制律结构主要向内环路940分配整体稳定性任务。接下来,中环路930提供速率增强。外环路920关注引导和跟踪任务。由于内环路940和速率环路930提供了大部分的稳定性,因此在外环路层面上需要较少的控制努力。如图9中代表性地示出的,提供开关925以接通和关断第三环路飞行增强。

[0083] 在一些实施方式中,内环路和速率环路包括应用于滚转/俯仰/偏航3轴速率陀螺仪和加速度反馈传感器的一组增益和滤波器。内环路和速率环路二者均可以与各种外环路保持模式无关地保持激活。外环路920可以包括级联的环路层,级联的环路层包括姿态环路、速度环路、位置环路、垂直速度环路、海拔高度环路以及航向环路。

[0084] 内环路940、速率环路930和外环路920的总和被施加至解耦器950。解耦器950近似地将4轴(俯仰、滚转、偏航和总距(垂直))解耦,使得例如向前纵向杆输入不需要飞行员对角地推动杆以用于手动解卷绕(deconvolution)。类似地,由于总距拉力增加扭矩并且导致反扭矩需求增加,解耦器950可以提供必要的踏板和一部分周期距(例如,如果旋翼飞行器100具有倾斜的尾旋翼)二者以抵消增加的扭矩。

[0085] 根据代表性实施方式,多个飞行特性的解耦使得能够例如伴随着接近悬停操纵的执行进行俯仰角、滚转角、偏航角或总距角(collective pitch angle)的控制律自动的、控制律调解的或至少控制率辅助的变化。如图10代表性示出,可以采用根据各种代表性方面的旋翼飞行器电传飞行控制律系统来使用FCC和FCS的控制操作增强旋翼飞行器100的飞行特性以执行返回到目标(RTT)操纵1000。

[0086] 在代表性实施方式中,旋翼飞行器1010可以在航向1030上进行前进飞行以接近目标位置1020。当旋翼飞行器1010经过目标位置1020时,对目标位置1020进行标记(例如,通过飞行员按下飞行指引器(FD)模式面板1100的对目标标记(MOT)按钮1110;参见下面的图11的讨论)。然后,旋翼飞行器1010在航向1040上前进以飞越标记的目标位置1020。在RTT进行位置1050处,旋翼飞行器1010接收命令以进行自动的RTT过程(例如,通过飞行员按下FD

模式面板1100的悬停 (HOV) 按钮1130;参见下面的图11的讨论)。根据代表性实施方式,该系统被配置成在执行RTT过程时改变航向/航迹、速度和海拔高度。

[0087] RTT过程开始于一个或多个传感器和飞行管理系统 (FMS) 测量或以其他方式确定风向1060。然后,FMS确定相对于现行风向1060的顺风方向。然后,FCC和航空电子系统计算RTT路线,以沿逆风接近将旋翼飞行器1010返回到标记的目标位置1020。然后采用旋翼飞行器1010的FCC的控制律 (CLAWS) 来使旋翼飞行器1010转向1070顺风。在转向1070之后,FCC采用CLAWS将旋翼飞行器1010放置成在航向1080上下降,以将旋翼飞行器1010返回到标记的目标位置1020并悬停在标记的目标位置1020上方。在代表性实施方式中,自动垂直下降可以在RTT进行位置1050处进行并且通过转向1070并在航向1080上继续。在其他实施方式中,FCC自动垂直下降可以在转向1070的某些部分进行或在完成转向1070之后进行,并且在航向1080上继续下降。

[0088] 在代表性方面,FCC可以被配置成连续地或至少迭代地测量或以其他方式确定RTT飞行路径上的旋翼飞行器1010的位置误差 (例如,根据全球定位系统 (GPS) 数据或其他位置/定位传感器数据),并计算对RTT飞行路径的调整,以使旋翼飞行器1010返回到标记的目标位置1020。在另一代表性方面,旋翼飞行器1010在自动RTT接近悬停操纵结束时悬停在标记的目标位置1020上方50英尺处。然而,应当理解,可以采用大于或小于50英尺的海拔高度作为标记的目标位置1020上方的悬停海拔高度。在进一步的代表性方面,接近悬停操纵的持续时间可以在大约2分钟与大约3分钟之间。然而,应当理解,可以采用大于3分钟或小于2分钟的其他时间段作为执行接近悬停操纵的持续时间。将参照下面的图12的讨论描述减速率和垂直下降率。

[0089] 如图11中代表性地示出的,FD模式面板1100包括MOT按钮1110、耦合 (CPL) 按钮1120和HOV按钮1130。在实施方式中,当旋翼飞行器1010经过目标位置1020时,通过飞行员按下FD模式面板1100的MOT按钮1110对目标位置1020进行标记。当飞行员按下MOT按钮1110时,在主飞行显示器 (PFD) 上的FD武装模式字段中通知“RTT” (例如,对于所有三个轴:总距、俯仰、滚转)。标记的目标位置1020可以被标记在显示的地图上,其中指示出距标记的目标位置1020的距离。随着沿着RTT飞行路径前进,可以连续地或至少迭代地更新对距离的指示,以用于刷新显示。在图11的面板中,BARO表示气压计,COM/NAV表示通信/导航,PROC表示程序,→表示指向 (位置),FPL表示飞行计划,CLR表示清除,ENT表示输入,PFD表示主飞行显示器,CRS表示路线,FD表示飞行指引器,APR表示接近,NAV表示导航,HDG表示航向,DCL表示解耦,XFR表示传送,SPD表示速度,CAT A表示A类接近,VNV表示垂直导航,VS表示垂直速度,RA表示雷达测高计,ALT表示海拔高度,ALT SEL表示海拔高度选择。

[0090] 在代表性实施方式中,可以基于GPS值之间 (例如,在标记的目标位置1020的第一GPS位置与旋翼飞行器1010的第二GPS位置之间) 的差来测量或以其他方式确定距标记的目标位置1020的距离。在其他实施方式中,可以基于激光测距测量、干涉测量等替代地或结合地测量或以其他方式确定距标记的目标位置1020的距离。可以视觉地例如在航空电子显示器的移动地图上显示距标记的目标位置1020的近似距离。距标记的目标位置1020的距离也可以被显示为飞行计划图形表示的组成部分。在飞行路径中的某个点处,标记的目标位置1020可以成为飞行计划的“下一个航路点”,并且可以如此可视地显示 (例如,在移动地图的横幅中)。

[0091] 在代表性方面,通过记录、记载或以其他方式识别与目标位置1020相关联的GPS数据来标记目标位置1020。在其他代表性方面,目标位置1020可以通过用激光或其他电磁束(例如,前视红外(FLIR)系统等)“绘制”或照射目标位置1020来进行标记。在飞越标记的目标位置1020之后,飞行员按下FD模式面板1100的HOV按钮1130以进行RTT。如果FCS已经耦接到FD(例如,在先前的FD模式中),则结合CLAWS和FCS进行操作的FCC将发起朝向RTT飞行路径的顺风支路的转向1070。如果FCS尚未耦接到FD,则飞行员可以选择FD模式面板1100的CPL按钮1120以将FCS耦接到FD并且进行RTT飞行路径。

[0092] 在代表性实施方式中,当飞行员按下HOV按钮1130时,PFDD的飞行模式通知横幅可以在活动模式字段中显示“RTT”(例如,对于所有三个轴:总距、俯仰、滚转)。结合地或可替代地,可以向飞行员显示其他总距、俯仰或滚转引导提示以用于飞行路径视觉引导。例如,如果启用,PFDD可以显示提供RTT飞行路径的三维表示的空中公路(HITS)框。当旋翼飞行器1010接近标记的目标位置1020时,目标悬停位置可以显示在悬停显示器上,例如,在PFDD的一部分中。可替代地或结合地,目标悬停位置可以在水平情况指示器(HSI)覆盖中示出。在代表性方面,系统可以在到达并维持悬停在标记的目标位置1020上方时继续通知RTT模式(与转换到HOV模式相反)。

[0093] 图12示出了根据代表性实施方式的沿图10中代表性示出的飞行路径的垂直下降曲线1200。水平轴在约7920英尺(约1.5英里)至约0(零)英尺(即,悬停位置)的代表性范围上绘制标记的目标位置1020与旋翼飞行器1010之间的距离。垂直轴绘制以英尺为单位在大约2000英尺与大约50英尺(即,悬停海拔高度)之间的海拔高度。在代表性实施方式中,旋翼飞行器1010以基本恒定的初始海拔高度1230接近目标位置1020。应当理解,可以可替代地采用大于或小于2000英尺的各种其他初始海拔高度。根据代表性方面,可以在初始海拔高度1230标记并飞越目标位置1020。在下降进行海拔高度1240处,旋翼飞行器1010或者进行RTT飞行路径,或者已经完成了RTT飞行路径的顺风转向。与计算RTT路线同时或伴随着计算RTT路线,FCC和航空电子系统计算下降的垂直速度和减速率。

[0094] 在代表性实施方式中,一个或更多个传感器测量或以其他方式确定旋翼飞行器1010的地速。FCC和航空电子系统基于地速和距标记的目标位置1020的当前距离来计算减速率。例如,垂直下降路径1250代表性地示出了对应于基于旋翼飞行器1010与标记的目标位置1020之间的距离的平方根降低海拔高度的函数的基本上平滑的下降曲线。在代表性方面,减速率可以至少部分地基于距标记的目标位置1020的距离的平方根。在代表性的同时或结合的实施方式中,垂直下降速度可以至少部分地基于距标记的目标位置1020的距离的平方根。例如,可以基本上同时计算期望的垂直下降速度和减速率——例如,两者都基于旋翼飞行器1010与标记的目标位置1020之间的距离的平方根。在代表性方面,可以在考虑旋翼飞行器1010的位置误差的同时连续地或至少迭代地调整垂直下降速度和减速率。

[0095] 旋翼飞行器1010遵循垂直下降路径1250,直到达到悬停海拔高度1260(例如,在标记的目标位置1020上方约50英尺)。因此,代表性实施方式允许计算并应用下降曲线而无需评估阈值标准。在代表性方面,下降曲线的确定不包括“如果/则(if/then)”阈值评估(例如,速度阈值、海拔高度阈值等)。例如,在代表性方面,接近悬停操纵不包括“如果/则”速度阈值评估或“如果/则”海拔高度阈值评估以应用下降曲线。因此,代表性实施方式的优点包括与消除轮询协议和评估阈值标准相关联的计算效率的提高。本文描述的代表性实施方式

不是在代码中具有“如果/则”语句,而是基于距离(例如,旋翼飞行器1010与标记的目标位置1020之间的距离的平方根)计算简化的下降曲线和飞行路径。在代表性实现中,平方根函数提供平滑的过渡——特别是在最终接近标记的目标位置1020时。然而,应当理解,除了基于旋翼飞行器1010与标记的目标位置1020之间的距离的平方根的那些之外的各种其他平滑函数或曲线可以替代地、结合地或顺序地用于计算省略“如果/则”阈值评估的简化的下降曲线。

[0096] 图13示出了代表性RTT逻辑1300,其可以由包括FCC的旋翼飞行器100/1010的系统实现。旋翼飞行器定位/位置数据1305、传感器数据1310(例如,飞行数据)和先前接近阶段数据被提供给RTT逻辑块1320。RTT逻辑块1320的输出对应于指示旋翼飞行器100/1010当前正在进行接近悬停操纵的哪个阶段的数据。RTT逻辑块1320向模式逻辑块1330、纵向控制块1340、横向控制块1350和总距控制块1360提供接近阶段数据。模式逻辑块1330接收来自传感器数据1310的飞行数据,并从RTT逻辑块1320接收接近阶段数据。将纵向模式输出从模式逻辑块1330提供给纵向控制块1340。将横向模式输出从模式逻辑块1330提供给横向控制块1350。将总距模式输出从模式逻辑块1330提供给总距控制块1360。

[0097] 纵向控制块1340对来自RTT逻辑块1320的接近阶段数据、来自模式逻辑块1330的纵向模式数据和来自传感器数据1310的飞行数据进行操作,以产生俯仰命令1370。在代表性实施方式中,俯仰命令1370由FCC提供给FCS,以用于实施,以影响伴随着接近悬停操纵的部件俯仰运动的执行俯仰角的CLAWS自动的、CLAWS调解的或至少CLAWS辅助的增大或减小。

[0098] 横向控制块1350对来自RTT逻辑块1320的接近阶段数据、来自模式逻辑块1330的横向模式数据和来自传感器数据1310的飞行数据进行操作,以产生横向命令1380(即,滚转或偏航)。在代表性实施方式中,横向命令1380由FCC提供给FCS,以用于实施,以影响伴随着接近悬停操纵的部件横向运动的执行滚转角或偏航率的CLAWS自动的、CLAWS调解的或至少CLAWS辅助的增大或减小。

[0099] 总距控制块1360对来自RTT逻辑块1320的接近阶段数据、来自模式逻辑块1330的总距模式数据和来自传感器数据1310的飞行数据进行操作,以产生总距命令1390。在代表性实施方式中,总距命令1390由FCC提供给FCS,以用于实施,以影响伴随着接近悬停操纵的部件总距运动的执行总距的CLAWS自动的、CLAWS调解的或至少CLAWS辅助的增大或减小。

[0100] 图14示出了代表性总距模式逻辑1400,其可以由包括FCC的旋翼飞行器100/1010的系统实现。接近阶段数据1405和飞行数据1415被提供给气压海拔高度保持模式块1420、无线电海拔高度保持模式块1430、飞行路径跟踪模式块1440和拉平模式块1450。总距多端口开关1460被适当地配置成使得能够选择总距模式1410、气压海拔高度保持模式、无线电海拔高度保持模式、飞行路径跟踪模式或拉平模式,以产生总距命令1470。在代表性实施方式中,总距命令1470由FCC提供给FCS,以用于实施,以影响伴随着与总距多端口开关1460选择的模式对应的接近悬停操纵的部件总距运动的执行总距的CLAWS自动的、CLAWS调解的或至少CLAWS辅助的增大或减小。

[0101] 图15示出了代表性横向模式逻辑1500,其可以由包括FCC的旋翼飞行器100/1010的系统实现。接近阶段数据1505和飞行数据1515被提供给航向/地面跟踪模式块1520、航线跟踪模式块1530、横向地速模式块1540和位置保持模式块1550。横向多端口开关1560被适当地配置成使得能够选择横向模式1510、航向/地面跟踪模式、航线跟踪模式、横向地速模

式或位置保持模式,以产生横向命令1570。在代表性实施方式中,横向命令1570由FCC提供给FCS,以用于实施,以影响伴随着与由横向多端口开关1560选择的模式对应的接近悬停操纵的部件横向运动的执行滚转角或偏航率的CLAWS自动的、CLAWS调解的或至少CLAWS辅助的增大或减小。

[0102] 图16示出了代表性纵向模式逻辑1600,其可以由包括FCC的旋翼飞行器100/1010的系统实现。接近阶段数据1605和飞行数据1615被提供给空速控制模式块1620、减速模式块1630和地速控制模式块1640。纵向多端口开关1660被适当地配置成使得能够选择纵向模式1610、空速控制模式、减速模式或地速控制模式,以产生纵向命令1670。在代表性实施方式中,纵向命令1670由FCC提供给FCS,以用于实施,以影响伴随着与由纵向多端口开关1660选择的模式对应的接近悬停操纵的部件纵向运动的执行俯仰的CLAWS自动的、CLAWS调解的或至少CLAWS辅助的增大或减小。

[0103] 在如图17中代表性示出的实施方式中,FCC和FCS可以被配置成进行接近悬停操纵的前进速度空速控制部分1700。接近阶段数据1605和飞行数据1615可以被提供给空速控制模式块1620。空速控制模式块1620将目标空速输出提供给空速控制比较器1710。纵向多端口开关1660将模式选择的空速飞行数据提供给空速控制比较器1710。空速控制比较器1710确定模式选择的空速飞行数据与针对当前接近阶段的期望的或计算的前进速度之间的矢量差。例如,确定感测的空速与期望的前进速度之间的差的绝对值(或大小)以及差的符号(或方向)(例如,正指示实现期望的前进速度的加速,负指示实现期望的前进速度的减速)。空速控制比较器1710的输出被提供给空速控制增益级1720,其中,K指示期望的加速度或减速度。来自空速控制增益级1720的输出被作为纵向命令1670提供。根据该代表性实施方式,纵向命令1670由FCC提供给FCS,以用于实施,以影响伴随着与对空速控制模式的选择对应的接近悬停操纵的部件纵向运动的执行俯仰的CLAWS自动的、CLAWS调解的或至少CLAWS辅助的增大或减小。

[0104] 在如图18中代表性示出的实施方式中,FCC和FCS可以被配置成进行接近悬停操纵的前进速度减速部分1800。接近阶段数据1605和飞行数据1615可以被提供给减速模式块1630。减速模式块1630将目标空速输出提供给减速比较器1810。纵向多端口开关1660将模式选择的空速飞行数据提供给减速比较器1810。减速比较器1810确定模式选择的空速飞行数据与针对当前接近阶段的期望的或计算的前进速度之间的矢量差。例如,确定感测的空速与期望的前进速度之间的差的绝对值(或大小)以及差的符号(或方向)(例如,正指示实现期望的前进速度的加速,负指示实现期望的前进速度的减速)。减速比较器1810的输出被提供给减速增益级1820,其中,K指示期望的加速度或减速度。来自减速增益级1820的输出被作为纵向命令1670提供。根据该代表性实施方式,纵向命令1670由FCC提供给FCS,以用于实施,以影响伴随着与对减速模式的选择对应的接近悬停操纵的部件纵向运动的执行俯仰的CLAWS自动的、CLAWS调解的或至少CLAWS辅助的增大或减小。

[0105] 在如图19中代表性示出的实施方式中,FCC和FCS可以被配置成进行接近悬停操纵的前进速度地速控制部分1800。接近阶段数据1605和飞行数据1615可以被提供给地速控制模式块1640。地速控制模式块1640将目标空速输出提供给地速控制比较器1910。纵向多端口开关1660将模式选择的地速飞行数据提供给地速控制比较器1910。地速控制比较器1910确定模式选择的地速飞行数据与针对当前接近阶段的期望的或计算的前进速度之间的矢

量差。例如,确定感测的地速与期望的前进速度之间的差的绝对值(或大小)以及差的符号(或方向)(例如,正指示实现期望的前进速度的加速,负指示实现期望的前进速度的减速)。地速控制比较器1910的输出被提供给地速控制增益级1920,其中,K指示期望的加速度或减速度。来自地速控制增益级1920的输出被作为纵向命令1670提供。根据该代表性实施方式,纵向命令1670由FCC提供给FCS,以用于实施,以影响伴随着与对地速控制模式的选择对应的接近悬停操纵的部件纵向运动的执行俯仰的CLAWS自动的、CLAWS调解的或至少CLAWS辅助的增大或减小。

[0106] 图20示出了根据代表性实施方式的接近悬停方法2000。方法2000从2010开始,并且具有可选预处理步骤2015。例如,可选预处理2015可以包括控制律,该控制律在以飞行控制系统(FCS)的第一操作状态操作2020旋翼飞行器100之前(或在旋翼飞行器100的上述操作的一些部分期间)执行各种调节。旋翼飞行器具有与FCS进行电通信的飞行控制计算机(FCC)。方法2000还包括旋翼飞行器飞越悬停位置的步骤2030。在飞越悬停位置之后,FCC在步骤2040接收用于标记目标的飞行员命令。响应于接收到用于标记目标的飞行员命令,方法2000还包括FCC指定悬停位置的步骤2050。在飞越悬停位置并标记目标悬停位置之后,方法2000还包括FCC接收用于返回到目标的飞行员命令的步骤2060。响应于用于返回到目标的飞行员命令,方法2000还包括FCC进行接近悬停操纵的步骤2070。响应于FCC进行接近悬停操纵,方法2000还包括FCC转换到FCS的第二操作状态(或者一连串或一系列第二操作状态)的步骤2080,其中,第二操作状态(或一连串第二操作状态)能够操作用于伴随着旋翼飞行器接近悬停位置(例如,在标记的目标位置上方50英尺)来降低空速和降低海拔高度。方法2000还包括可选后处理步骤2085。例如,可选后处理2085可以包括在FCS的第一操作状态下操作旋翼飞行器100期间或之后执行各种调节的控制律。方法2000还包括旋翼飞行器100悬停在标记的目标位置上方的步骤2090。

[0107] 根据如图21中代表性示出的实施方式,用于以控制律来实现自动的、调解的或至少辅助的RTT操纵的方法2100从在初始操作状态下操作旋翼飞行器100的FCS的步骤2120开始2110。初始操作状态可以是操作FCS的任何状态(例如,通常被认为是稳定的操作状态)。例如,初始操作状态可以对应于旋翼飞行器100以相对恒定的非零速度进行前进飞行。步骤2130表示可选预处理,在步骤2140的在FCC接收用于进行RTT操纵的飞行员命令之前FCC可以进行(或参与)所述可选预处理。例如,可选预处理2130可以包括在旋翼飞行器100以初始操作状态进行操作2120期间执行各种调节的控制律。在步骤2140中接收到用于进行RTT操纵的飞行员命令之后,FCC确定(在步骤2145中)俯仰角、滚转角、偏航率或者总距角,以用于使旋翼飞行器100转向至顺风路径以开始RTT操纵。在步骤2150中,FCC确定用于在执行RTT操纵时实现的俯仰角、滚转角、偏航率或总距角。之后,在步骤2160中FCS转换到过渡操作状态(例如,过渡操作状态对应于用于使旋翼飞行器100返回到标记的目标位置的RTT操纵的组成部分)。之后,RTT接近处理被循环2165以迭代地或顺序地确定用于在RTT操纵的后续阶段的执行中实现的俯仰角、滚转角、偏航率或总距角。步骤2150和2160被循环2165,直到在步骤2180中飞行员取消RTT操纵或者在步骤2190中到达目标位置。如果到达目标位置,则在步骤2190中旋翼飞行器置于在目标位置上方悬停。如果飞行员可选地取消RTT操纵,则旋翼飞行器100可以可选地返回到在进行RTT操纵之前存在的初始操作状态。在步骤2170中,FCC可以进行可选后处理。例如,可选后处理2170可以包括执行各种自动控制功能的控制律。

[0108] 根据如图22中示出的代表性方法2200,将FCS转换成过渡操作状态的步骤2160(也参见图21)包括可选预处理2262的步骤。可选预处理2262可以包括与图21的可选预处理步骤2130相同、类似或不同的元素。在步骤2264中,FCC对第一飞行特性作出改变。在步骤2266中,与和第一飞行特性(如之前所论述的)固有地耦合或卷绕的第二飞行特性的预计改变对应地、一致地或者以其他方式理解地,FCC将FCS的先前操作状态改变为FCS的后续操作状态,以便抵消或以其他方式解决第二飞行特性的预计改变(例如,影响滚转操纵的主旋翼倾斜参与可能会需要修改总距)。之后,可以在步骤2268中执行可选后处理。可选后处理2268可以同样地包括或者找到与图21的可选后处理步骤2170相同或相似或不同的要素的对应关系。例如,可选后处理2268中的一些或者全部可以是图21的可选后处理步骤2170的子集。

[0109] 一种实施方式的旋翼飞行器,包括:耦接至本体的动力系,动力系具有动力源和耦接至动力源的驱动轴;旋翼系统,其耦接至动力系并且包括多个旋翼桨叶;飞行控制系统(FCS),其能够操作用于改变旋翼系统的至少一个操作状态;飞行员控制组件(PCA),其能够操作用于接收来自飞行员的命令,其中FCS是与PCA进行电通信的电传飞行控制系统;飞行控制计算机(FCC),其在FCS与PCA之间进行电通信。FCC能够操作用于:接收用于标记目标的飞行员命令;响应于用于标记目标的飞行员命令指定悬停位置;接收用于返回到目标的飞行员命令;响应于用于返回到目标的飞行员命令进行接近悬停操纵;以及响应于进行接近悬停操纵转换到旋翼系统的第二操作状态,其中,旋翼系统的第二操作状态对应于伴随着旋翼飞行器接近悬停位置航向的变化、空速的降低以及海拔高度的下降。

[0110] 在一些实施方式中,FCC还能够操作用于:改变第一飞行特性,其中,第一飞行特性的改变将导致对第二飞行特性的预期改变;指示FCS基于第一飞行特性与第二飞行特性之间的卷绕关系来改变旋翼系统的第一操作状态;以及指示FCS响应于对第二飞行特性的预期改变转换到旋翼系统的第二操作状态,其中,旋翼系统的第二操作状态能够操作用于至少部分地抵消对第二飞行特性的预期改变,使得FCS能够操作用于至少部分地分离卷绕的飞行特性。在一些实施方式中,接近悬停操纵基于旋翼飞行器与悬停位置之间的距离。在一些实施方式中,接近悬停操纵基于该距离的平方根。在一些实施方式中,接近悬停操纵包括旋翼飞行器的俯仰的增大或减小、旋翼飞行器的滚转的增大或减小、旋翼飞行器的偏航的增大或减小或者旋翼系统的总距的增大或减小中至少之一。在一些实施方式中,FCC还能够操作用于维持接近悬停操纵,直到旋翼飞行器位于悬停位置处或直到FCC接收到飞行员命令。在一些实施方式中,从PCA的周期距控制装置或总距控制装置接收飞行员命令。在一些实施方式中,FCC还能够操作用于根据旋翼飞行器的至少一个传感器确定前进空速。在一些实施方式中,第一操作状态包括旋翼飞行器由自动驾驶仪驾驶。在一些实施方式中,第一操作状态包括旋翼飞行器以大于0节的空速进行前进飞行。在一些实施方式中,悬停位置在目标上方约50英尺处。在一些实施方式中,旋翼系统是主旋翼系统和尾旋翼系统中至少之一。

[0111] 一种实施方式的飞行控制计算机(FCC)包括处理器和非暂态计算机可读存储介质,该非暂态计算机可读存储介质存储要由处理器执行以实现控制律的程序。该程序包括用于响应于飞行员命令执行接近悬停操纵的指令,其中所述飞行员命令使旋翼飞行器返回标记的目标位置并悬停在标记的目标位置上方。

[0112] 在一些实施方式中,程序还包括用于以下中至少之一的指令:增大或减小俯仰角、滚转角、偏航率或总距角中的至少之一。在一些实施方式中,程序还包括用于降低旋翼飞行

器的空速以及降低旋翼飞行器的海拔高度的指令。在一些实施方式中,用于降低旋翼飞行器的空速以及降低旋翼飞行器的海拔高度的指令包括用于根据旋翼飞行器与标记的目标位置之间的距离降低旋翼飞行器的空速以及降低旋翼飞行器的海拔高度的指令。在一些实施方式中,用于降低旋翼飞行器的空速以及降低旋翼飞行器的海拔高度的指令包括用于根据该距离的平方根降低旋翼飞行器的空速以及降低旋翼飞行器的海拔高度的指令。

[0113] 一种实施方式的方法,包括:在飞行控制系统(FCS)的第一操作状态下操作旋翼飞行器,该旋翼飞行器具有在FCS与飞行员控制组件(PCA)之间进行电通信的飞行控制计算机(FCC);由旋翼飞行器飞越悬停位置;通过FCC接收用于标记目标的飞行员命令;响应于接收到用于标记目标的飞行员命令,通过FCC指定悬停位置;在飞越悬停位置之后并且在指定悬停位置之后,通过FCC接收用于返回到目标的飞行员命令;响应于用于返回到目标的飞行员命令,通过FCC进行接近悬停操纵;以及响应于FCC进行接近悬停操纵,通过FCC转换到FCS的第二操作状态,其中,第二操作状态能够操作用于伴随着旋翼飞行器接近悬停位置来降低空速和降低海拔高度。

[0114] 在一些实施方式中,FCC转换到第二操作状态包括:改变第一飞行特性,其中,改变第一飞行特性将导致对第二飞行特性的预计改变,并且其中,第一飞行特性和第二飞行特性具有固有耦合关系。FCC转换到第二操作状态还可以包括指示FCS基于固有耦合关系来改变FCS的第一操作状态,以及指示FCS响应于对第二飞行特性的预计改变转换到FCS的第二操作状态,其中,第二操作状态能够操作用于至少部分地补偿对第二飞行特性的预计改变,使得FCS能够操作用于至少部分地解耦第一飞行特性与第二飞行特性的固有耦合关系。在一些实施方式中,该方法包括以下中至少之一:接近悬停操纵基于旋翼飞行器与悬停位置之间的距离;基于距离的平方根确定接近悬停操纵的下降曲线;下降曲线包括旋翼飞行器的垂直速度和减速率;随着旋翼飞行器接近悬停位置,基于距离的平方根迭代地调节垂直速度和减速率;迭代调节包括连续更新位置误差;接近悬停操纵的持续时间在大约2分钟到大约3分钟之间;确定下降曲线与使用“如果/则”阈值评估不同;接近悬停操纵不包括“如果/则”速度阈值评估以应用下降曲线;接近悬停操纵不包括“如果/则”海拔高度阈值评估以应用下降曲线;接近悬停操纵包括俯仰的增大或减小、滚转的增大或减小、偏航的增大或减小或者总距的增大或减小中的至少之一;FCC还能够操作用于维持接近悬停操纵,直到旋翼飞行器位于悬停位置或直到FCC接收到飞行员命令;从PCA的周期距控制装置或总距控制装置接收飞行员命令;FCC还能够操作用于根据旋翼飞行器的至少一个传感器确定前进空速;第一操作状态包括旋翼飞行器由自动驾驶仪驾驶;第一操作状态包括旋翼飞行器以大于0节的空速进行前进飞行;悬停位置在目标上方约50英尺处;或者旋翼飞行器可以包括主旋翼系统和尾旋翼系统中至少之一。

[0115] 如本文所使用的,术语“包括(comprises)”、“包括(comprising)”、“包含(includes)”、“包含(including)”、“具有(has)”、“具有(having)”或其任何上下文变型意在引用非排他性的包含。例如,包括一系列要素的过程、产品、物品或装置不一定仅限于那些要素,而是可以包括没有明确列出的或者对这样的过程、产品、物品或装置固有的其他元素。此外,除非另有明确说明,否则“或”是指包含性的“或”和非排他性的“或”。也就是说,除非另有说明,否则本文所用的术语“或”通常意在表示“和/或”。例如,条件“A或B”满足以下任何一项:A为真(或存在)且B为假(或不存在),A为假(或不存在)且B为真(或存在),以及A

和B均为真(或存在)。如本文所使用的,除非上下文另有清楚指明,否则前面是“一(a)”或“一个(an)”(以及引用基础是“一”或“一个”时的“该(the)”)的术语包括对于这样的术语的单数和复数含义。

[0116] 如本文所使用的,术语“测量(measure)”、“测量(measuring)”、“测量(measurement)”、“确定(determining)”、“确定(determination)”、“检测(detected)”、“检测(detection)”,“检测器”、“感测”、“传感器”或其上下文变型是指为直接测量、间接测量或计算测量中的至少一个分配或以其他方式提供输出值的功能或设备部件。例如,确定或检测两条线之间的角度可以包括线之间的角度的直接测量、角度的间接测量(例如,在将两条非平行线的长度延伸到观察区域外以预测其交叉角度的情况下),或计算的测量结果(例如,使用三角函数计算角度)。因此,“确定”交叉角度可以被认为等同于“检测”交叉角度,并且用于确定角度的“检测器”可以被视为直接测量、间接测量或计算线之间的角度。

[0117] 如先前所论述的,本公开内容的代表性实施方式可以在通信上耦接至网络的计算机中实现。网络可以包括例如公共网络、专用网络、因特网、内联网、互联网、广域网(WAN)、局域网(LAN)、存储区域网络(SAN)、个域网(PAN)、城域网(MAN)、卫星网络、公共交换电话网(PSTN)、蜂窝网络、光网络、本地网络、区域网络、全球网络、无线网络、有线网络、另一台计算机、独立计算机等。如本领域技术人员已知的,计算机可以包括中央处理单元(“CPU”)或处理器、至少一个只读存储器(“ROM”)、至少一个随机存取存储器(“RAM”)、至少一个硬盘驱动器(“HDD”)以及一个或多个输入/输出(“I/O”)设备。I/O设备可以包括键盘、监视器、打印机、电子指向设备(例如,鼠标、轨迹球、指示笔等)等。在各种实施方式中,服务器计算机可以通过网络来访问至少一个数据库。对于服务器计算机而言,数据库可以是本地的或远程的。

[0118] 另外,代表性功能可以在一台计算机上实现或者在网络中的或跨网络的两台或更多台计算机之间共享或以其他方式分配。计算机之间的通信可以使用任何电子信号、光学信号、射频信号或者其他合适的通信方法或工具按照现在已知的或者另外以后衍生的网络协议来完成。将要理解,出于本公开内容的目的,各种飞行控制实施方式可以包括被配置成执行一个或多个功能的一个或多个计算机进程、计算设备或前述二者。可以存在可以用来访问这些功能的一个或多个接口。这样的接口包括应用程序编程接口(API)、针对远程规程调用、远程方法调用而存在的接口等。

[0119] 可以使用任何合适的编程语言来实现本文描述的実施方式的例程、方法、程序或指令,所述编程语言包括:例如,C、C#、C++、Java、Ruby、MATLAB、Simulink、汇编语言等。可以采用不同的编程技术,例如面向程序或面向对象的本体。任何例程可以在单个计算机处理设备或多个计算机处理设备、单个计算机处理器或多个计算机处理器上执行。数据可以存储在单个存储介质中或者可以分布在多个存储介质上,并且可以驻留在单个数据库或多个数据库(或其他数据存储技术)中。

[0120] 虽然可以按特定顺序来呈现步骤、操作或计算,但是在不同实施方式中可以改变该顺序。在一些实施方式中,在一定程度上,在前面的描述中多个步骤被示为顺序执行,而在替选实施方式中,可以同时执行这样的步骤的一些组合。本文所描述的操作顺序可以被另一进程例如操作系统、内核、守护进程等中断、暂停或以其他方式控制。例程可以在操作系统环境下运行或者可以作为独立的例程运行。本文所描述的功能、例程、方法、步骤或操

作可以在硬件、软件、固件或前述的任意组合中执行。

[0121] 本文所描述的实施方式可以在软件或硬件或前述两者的组合中以控制逻辑的形式来实现。控制逻辑可以作为适于指导信息处理设备执行各种实施方式中公开的步骤集的多个指令被存储在信息存储介质例如计算机可读介质中。基于本文所提供的公开内容和教导,本领域普通技术人员将认识到实现类似的或基本类似的功能的其他方式或方法。

[0122] 以软件、程序或者其他步骤来实现本文所描述的操作、方法、例程或其一部分也在本文的精神和范围内,其中,这样的软件程序或代码可以存储在计算机可读介质中并且可以由处理器操作以允许计算机执行本文所描述的任何步骤、操作、方法、例程或其一部分。通过使用例如专用集成电路(ASIC)、可编程逻辑器件、现场可编程门阵列(FPGA)或光学、量子或纳米工程系统、部件或机构,可以使用一个或更多个通用数字计算机中的软件程序或代码来实现实施方式。通常,本文公开的功能可以通过任何方式实现,无论是现在已知的还是以后在本领域中得出的。例如,可以使用分布式或联网的系统、部件或电路。在另一示例中,数据的通信或传输(或者另外从一个地方移动至另一地方)可以是有线的、无线的、或者通过任何其他手段来完成的。

[0123] “计算机可读介质”可以是能够包含、存储、传送、传播或传输用于由指令执行系统、装置、系统或设备使用或与前述各项结合使用的程序的任何介质。计算机可读介质可以是但不限于电子的、磁的、光学的、电磁的、红外的或半导体系统、装置、系统、设备、传播介质或计算机存储器。这样的计算机可读介质通常将是机器可读的并且包括易于人类读取(例如源代码)或机器读取(例如目标代码)的软件程序或代码。

[0124] “处理器”包括处理数据、信号或其他信息的任何硬件系统、机构或部件。处理器可以包括具有用于实现功能的通用中央处理单元、多个处理单元、专用电路系统的系统或者其他系统。处理不必限于地理位置或者具有时间限制。例如,处理器可以“实时”地、“离线”地、以“批量模式”等来执行其功能。处理的各部分可以在不同(或相同)时间和不同(或相同)位置处由不同(或相同)处理系统执行。

[0125] 还将要理解,附图所示出的一个或更多个元件还可以以更分离或更集成的方式实现,或者甚至在某些情况下被移除或变得不可操作,这可以根据特定应用和实施方式而是有用的。此外,除非另有特别说明,否则附图中的任何信号线或箭头应该被认为仅是代表性的,并且因此不是限制性的。

[0126] 本文所提供的示例或说明不以任何方式被认为是限定、限制或表示对与其相关联的任何一个或更多个术语的限定。相反,这些示例或说明应被视为关于特定实施方式描述并且仅仅是说明性的。本领域技术人员将理解,与这些示例或说明相关联的任何一个或更多个术语将涵盖可以与之一起或者可以不与之一起或在说明书的其他地方给出的其他实施方式,并且所有这样的实施方式意在包括在该一个或更多个术语的范围内。指定这些非限制性示例和说明的语言包括但不限于:“例如(for example)”、“例如(for instance)”、“例如(e.g.)”、“等等(etc)”、“在代表性实施方式中”、“在一个实施方式中”、“在另一实施方式中”或“在一些实施方式中”。贯穿本说明书对“一个实施方式”、“实施方式”、“代表性实施方式”、“特定实施方式”或“具体实施方式”或上下文相似术语的引用意味着结合所描述的实施方式描述的特定特征、结构、性质或特性包括在至少一个实施方式中,但是可以不必存在于所有实施方式中。因此,贯穿说明书中各个地方相应出现的短语“在一

个实施方式中”、“在实施方式中”或“在具体实施方式中”或类似术语不一定是指同一实施方式。此外,任何具体实施方式的特定特征、结构、性质或特性可以以任何合适的方式与一个或更多个其他实施方式组合。

[0127] 本公开内容的范围不意在限制于本文描述的任何过程、产品、机器、制品、组件、装置、手段、方法或步骤的特定实施方式。如本领域技术人员将认识到的,执行与本文描述的实施方式对应的基本上相同功能或实现基本上相似结果的各种过程、产品、机器、制品、组件、装置、手段、方法或步骤(不论当前存在还是以后开发的)可以根据本文的描述来使用。所附权利要求意在在其范围内包括这样的过程、产品、机器、制品、组件、装置、手段、方法或步骤。

[0128] 本文已经针对代表性实施方式描述了益处、优点以及问题的解决方案。然而,可能导致任何益处、优点或问题的解决方案出现或变得更明显的任何益处、优点、问题的解决方案或其任何部件不应该被解释为关键的、必需的或基本的特征或部件。

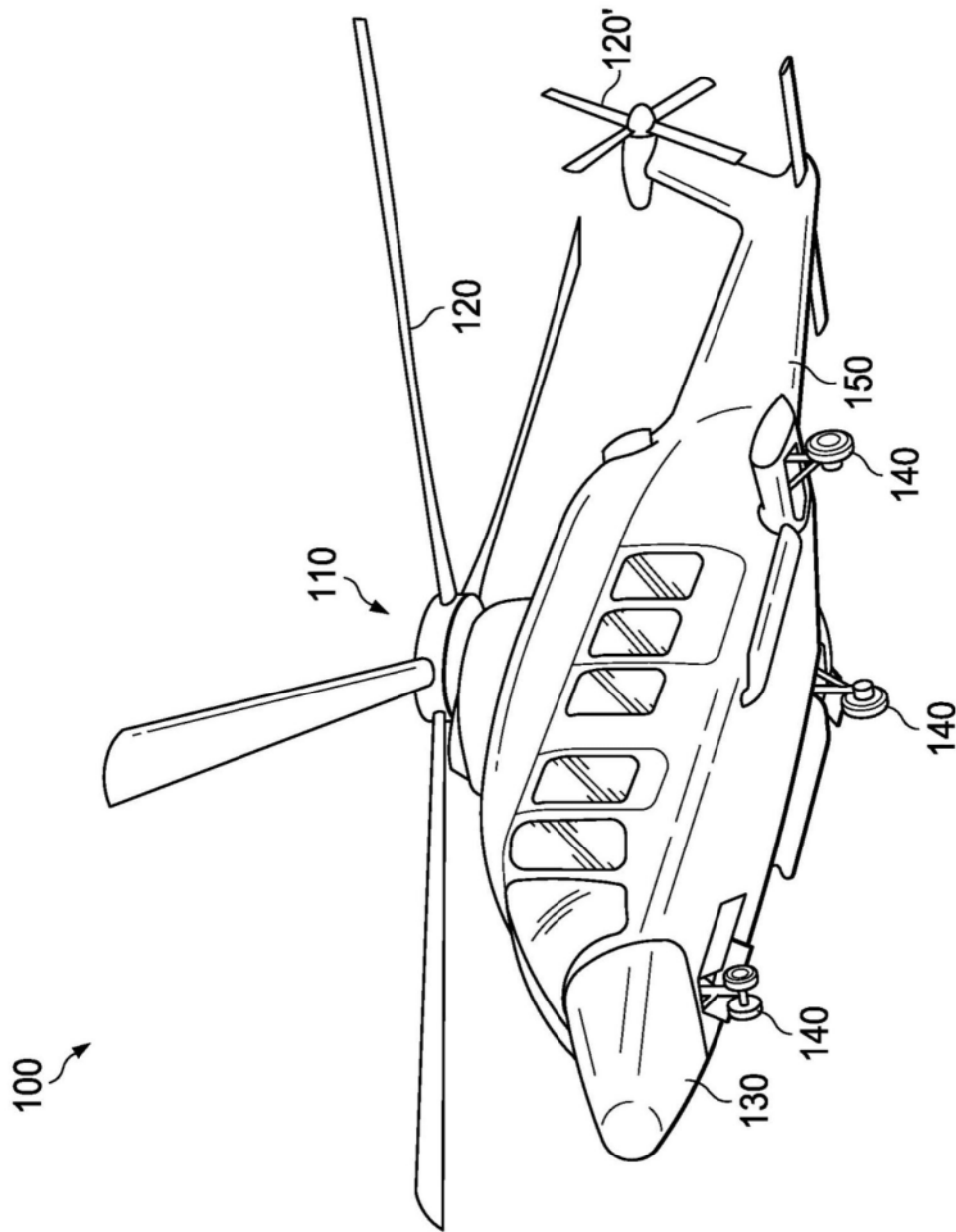


图1

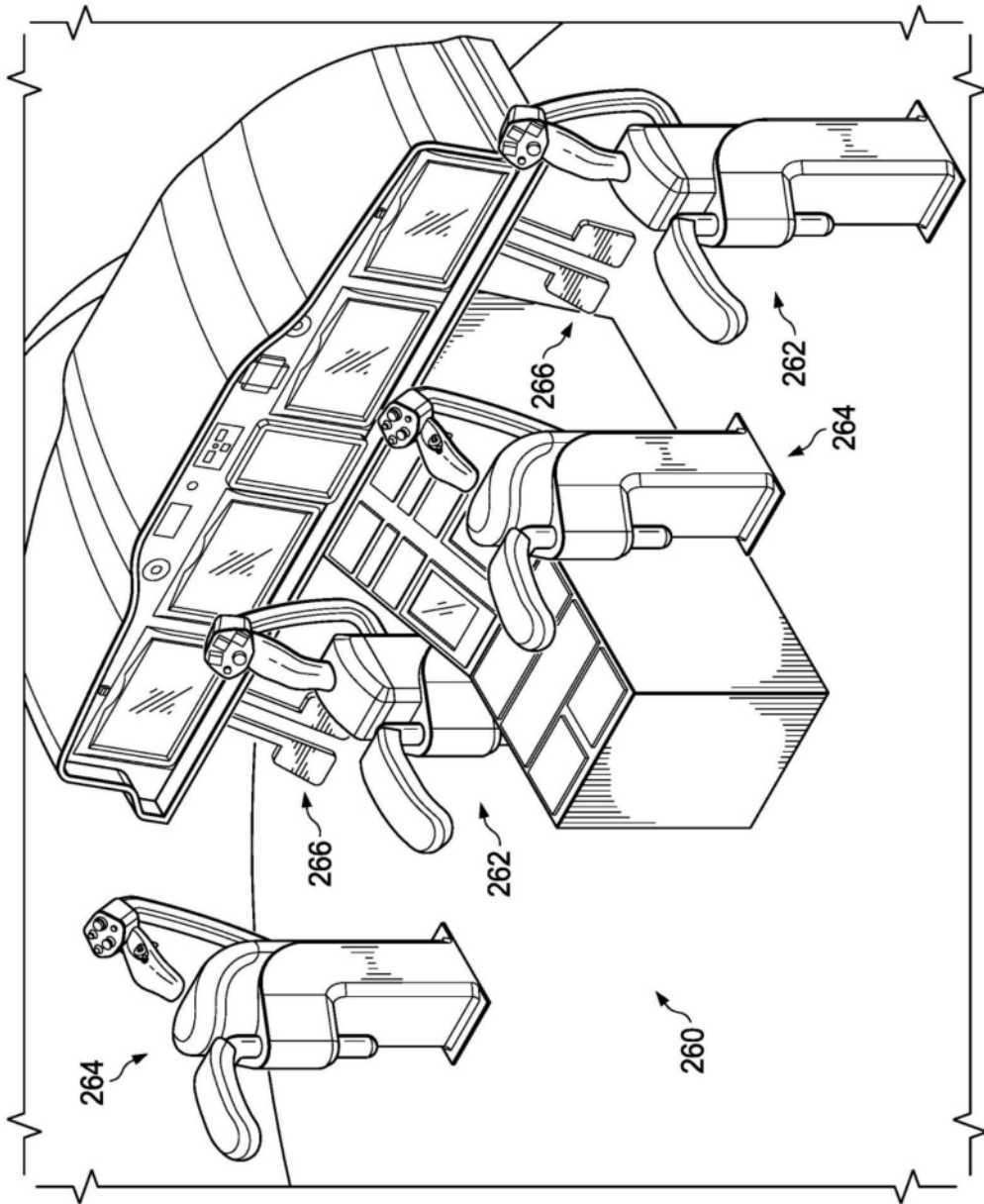


图2

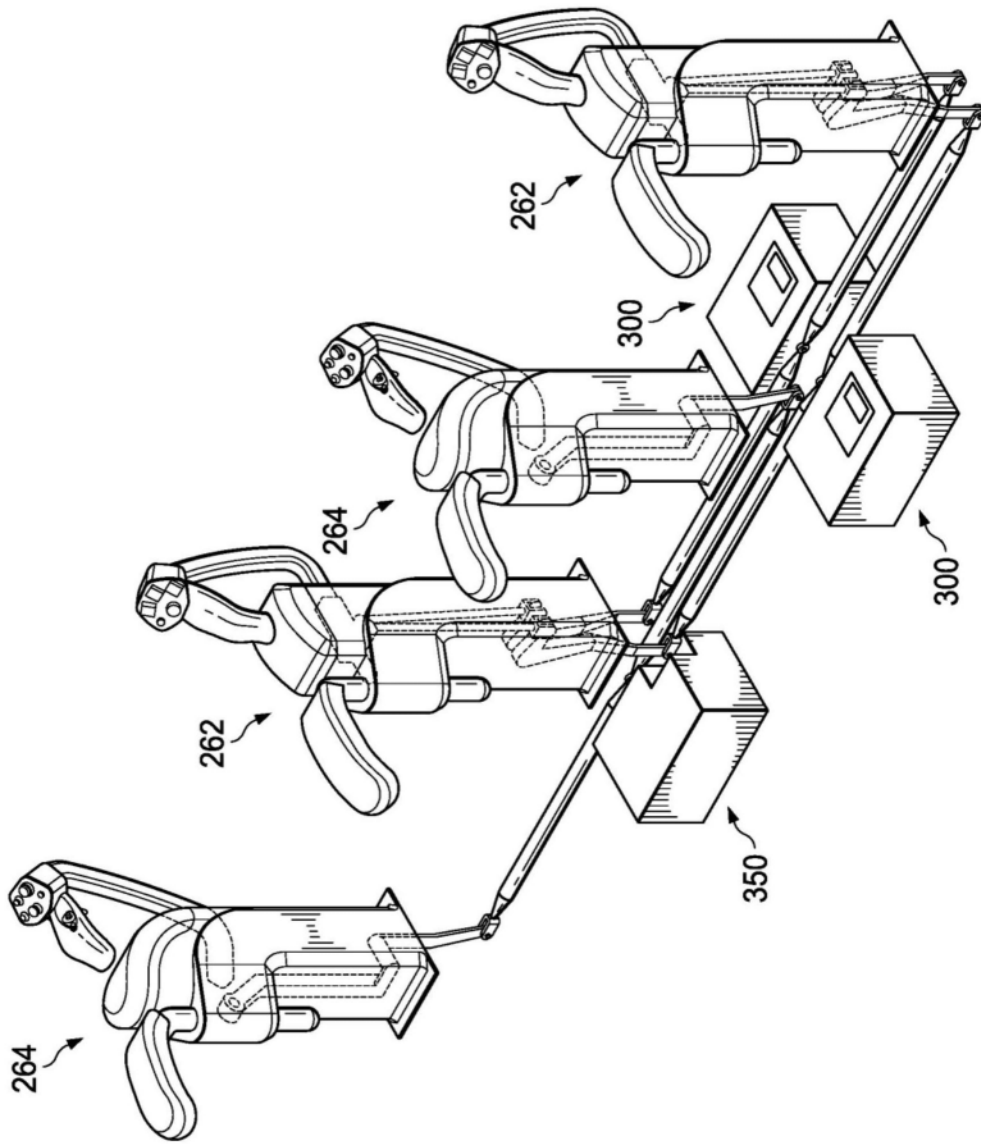


图3

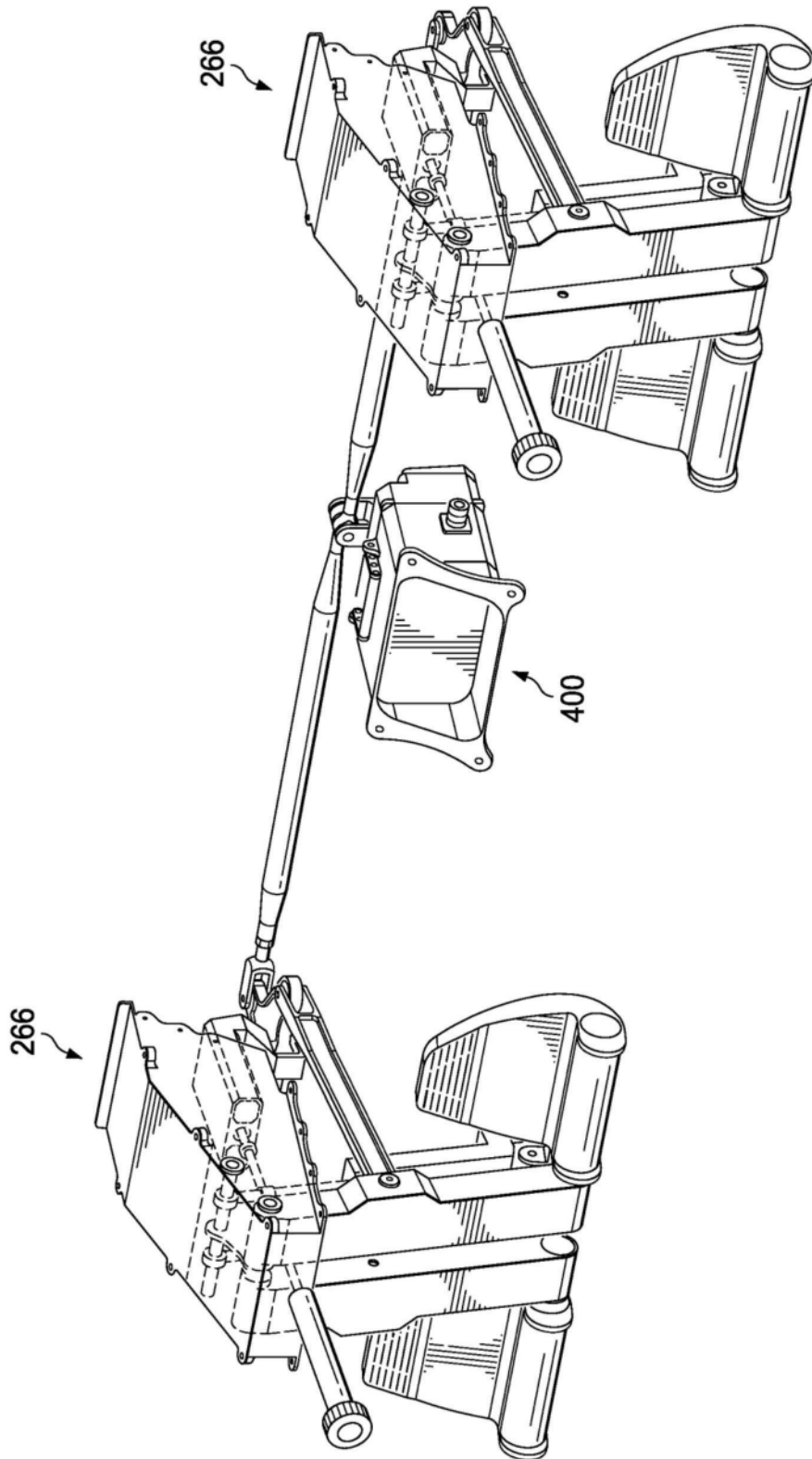


图4

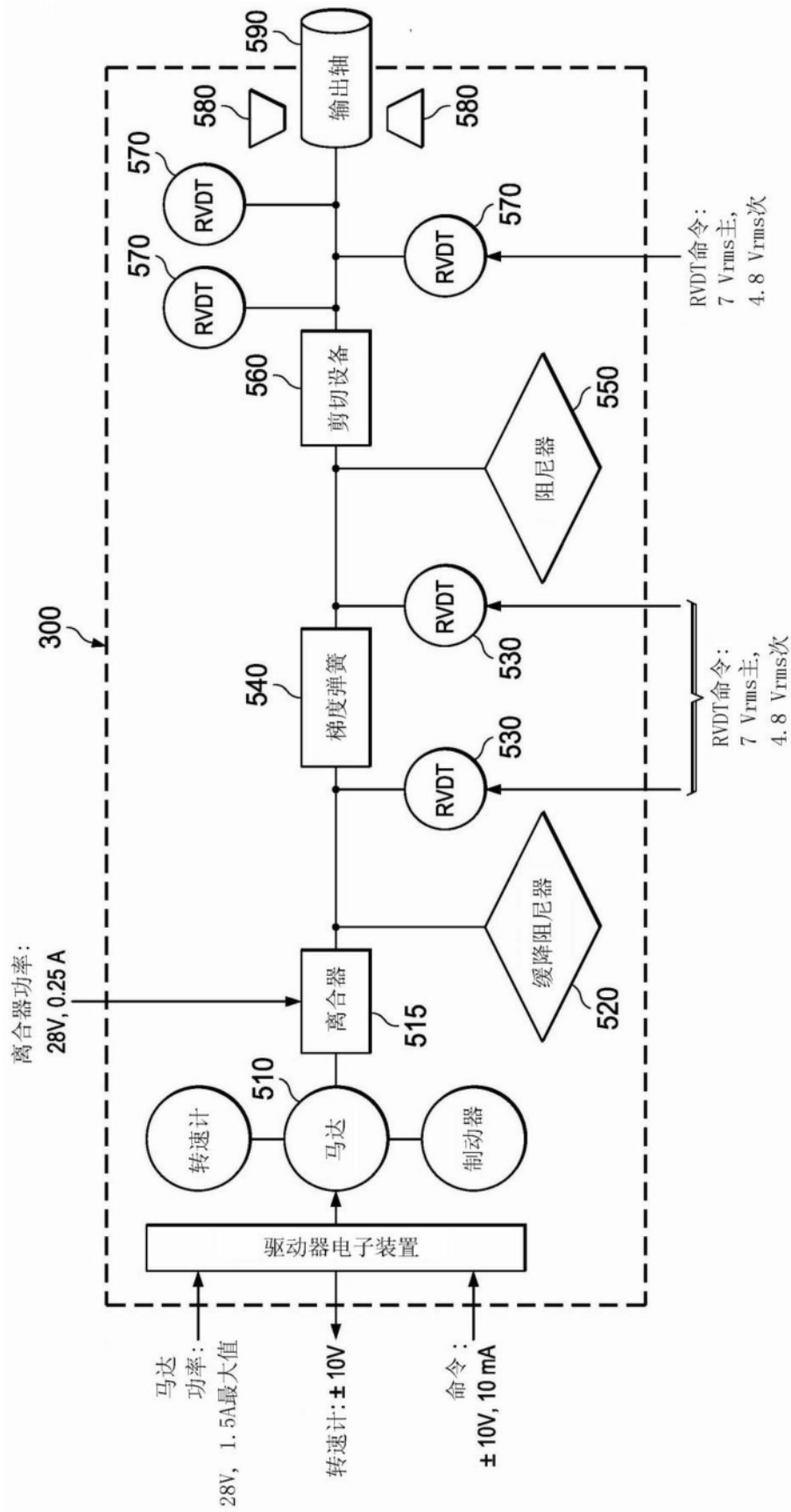


图5

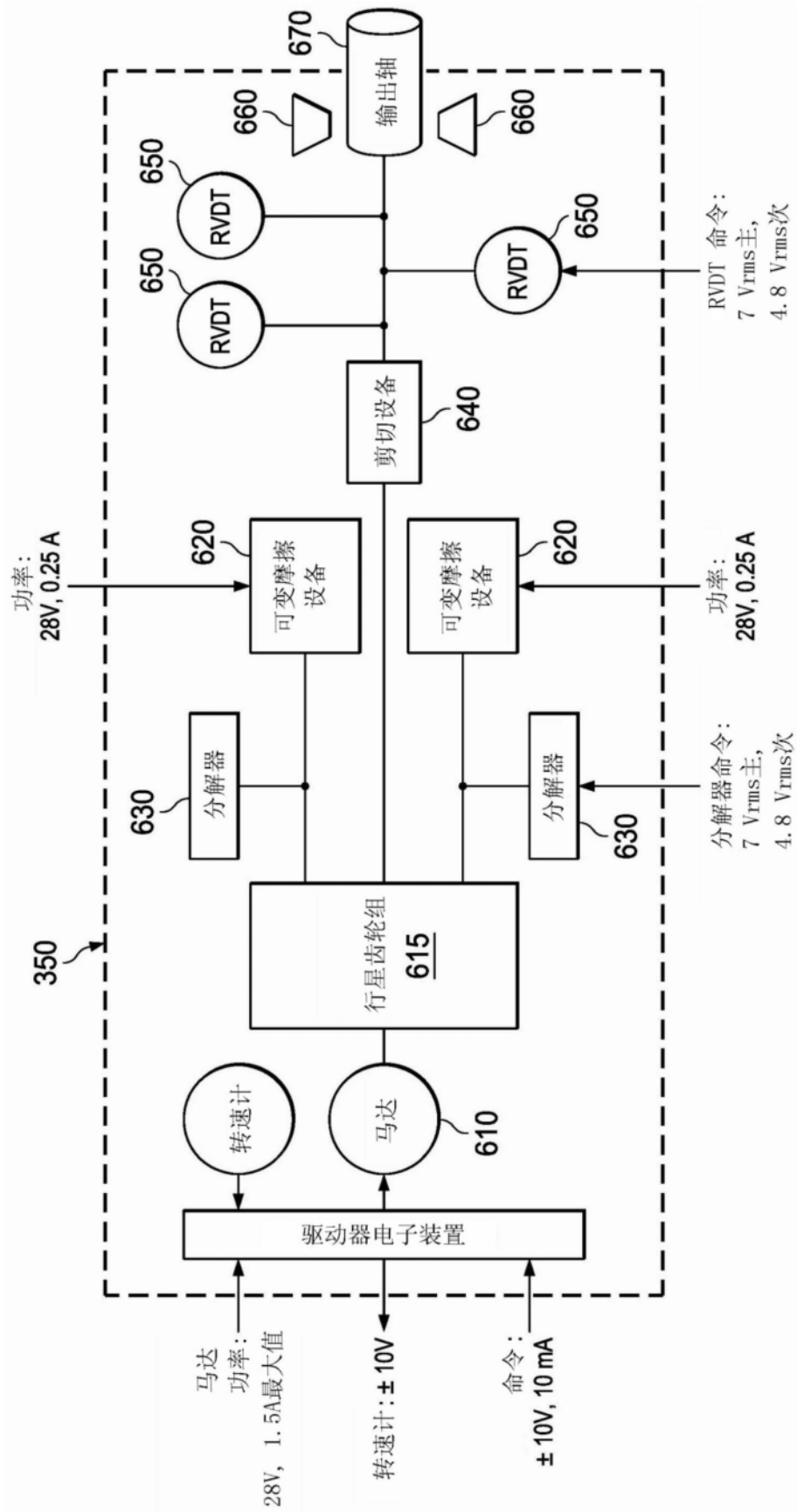


图6

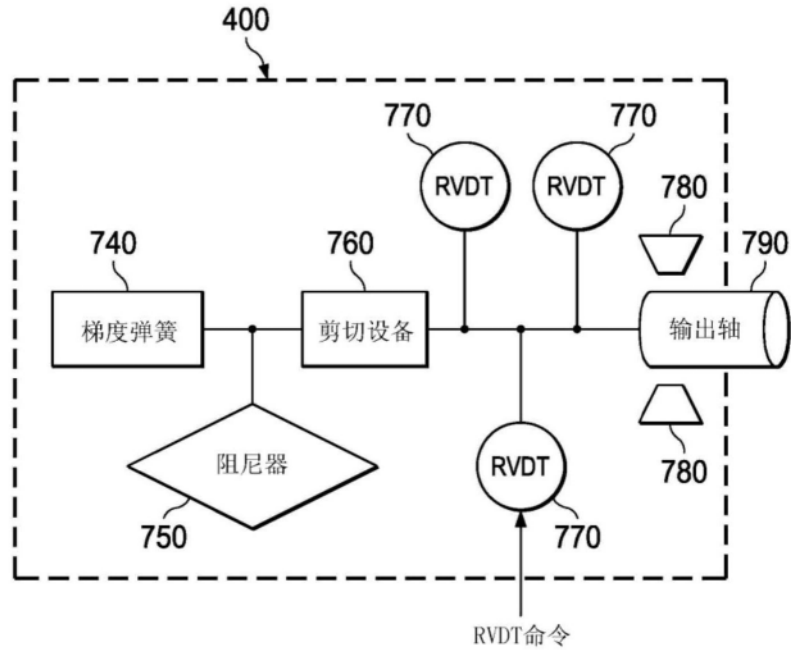


图7

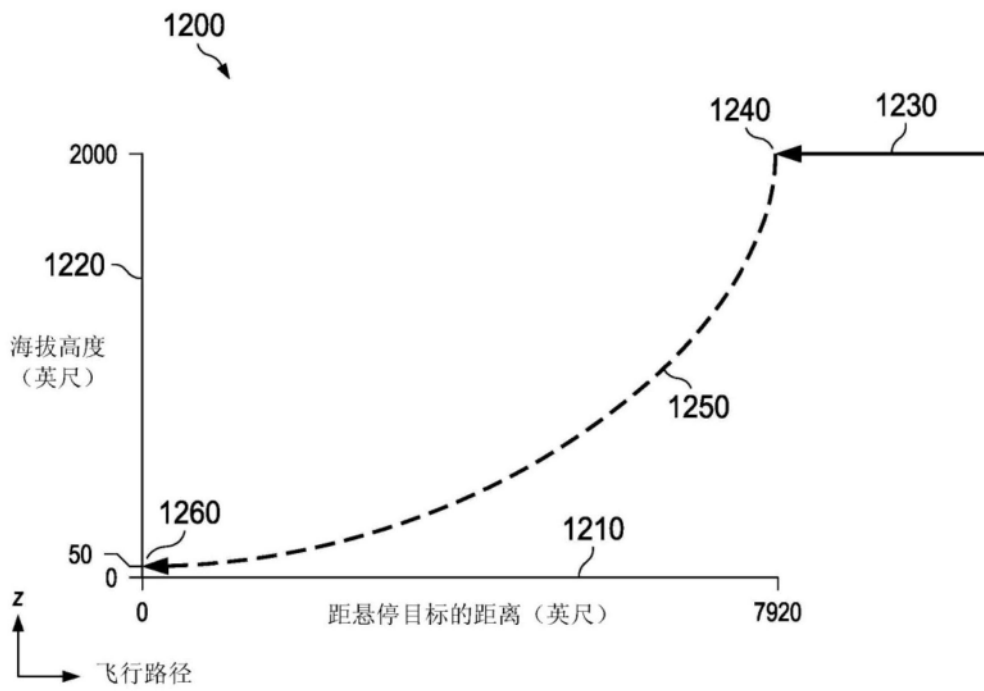


图12

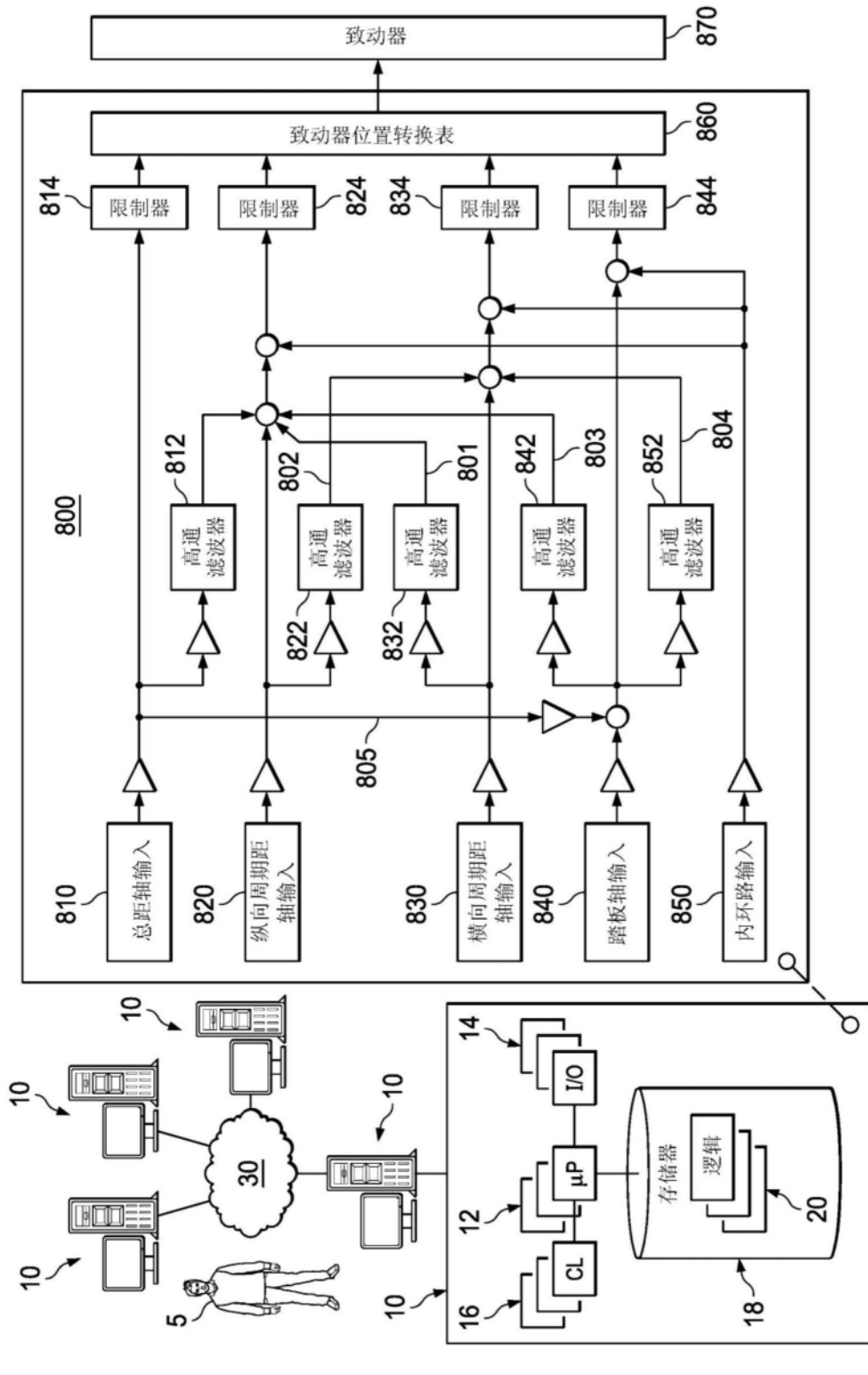


图8

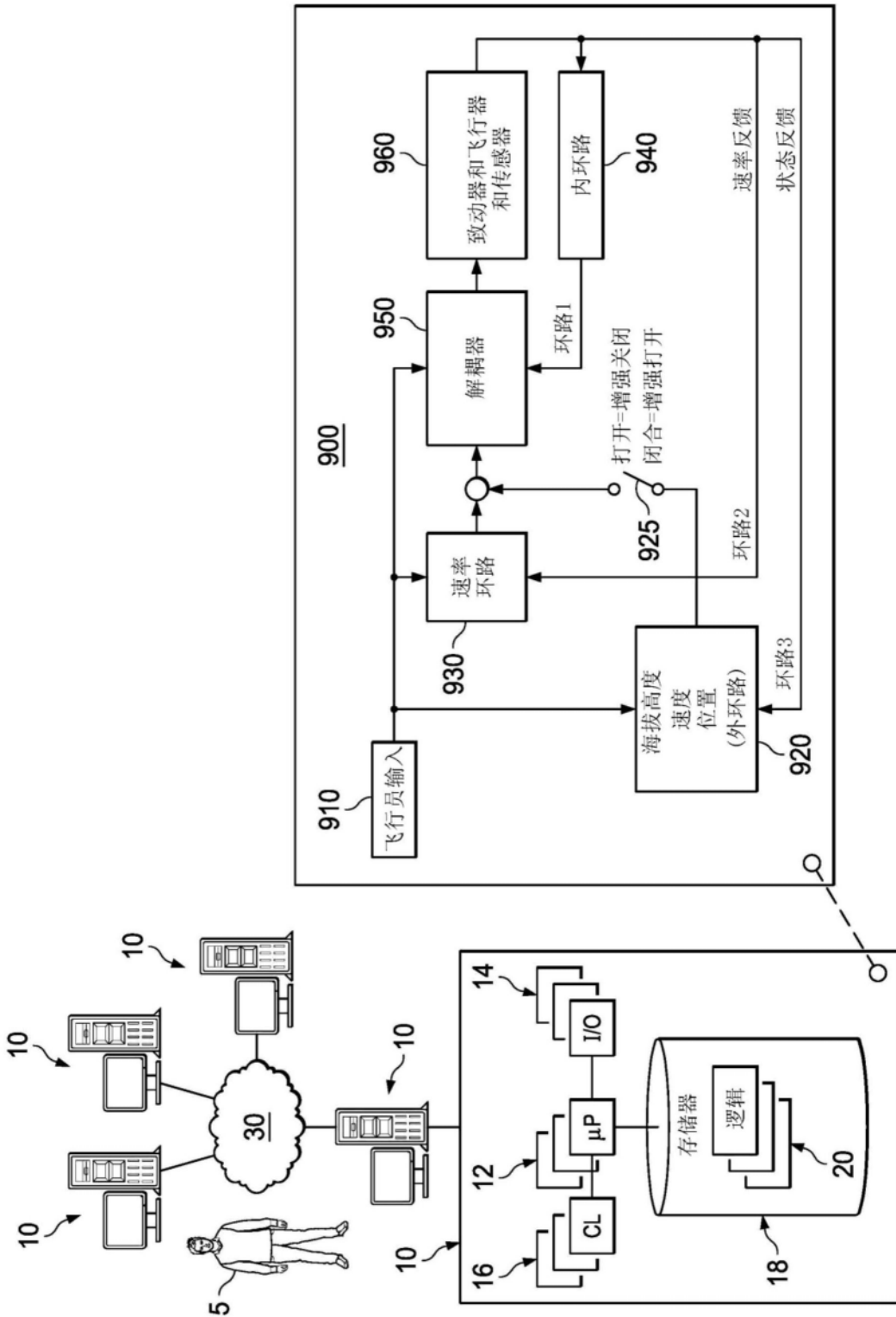


图9

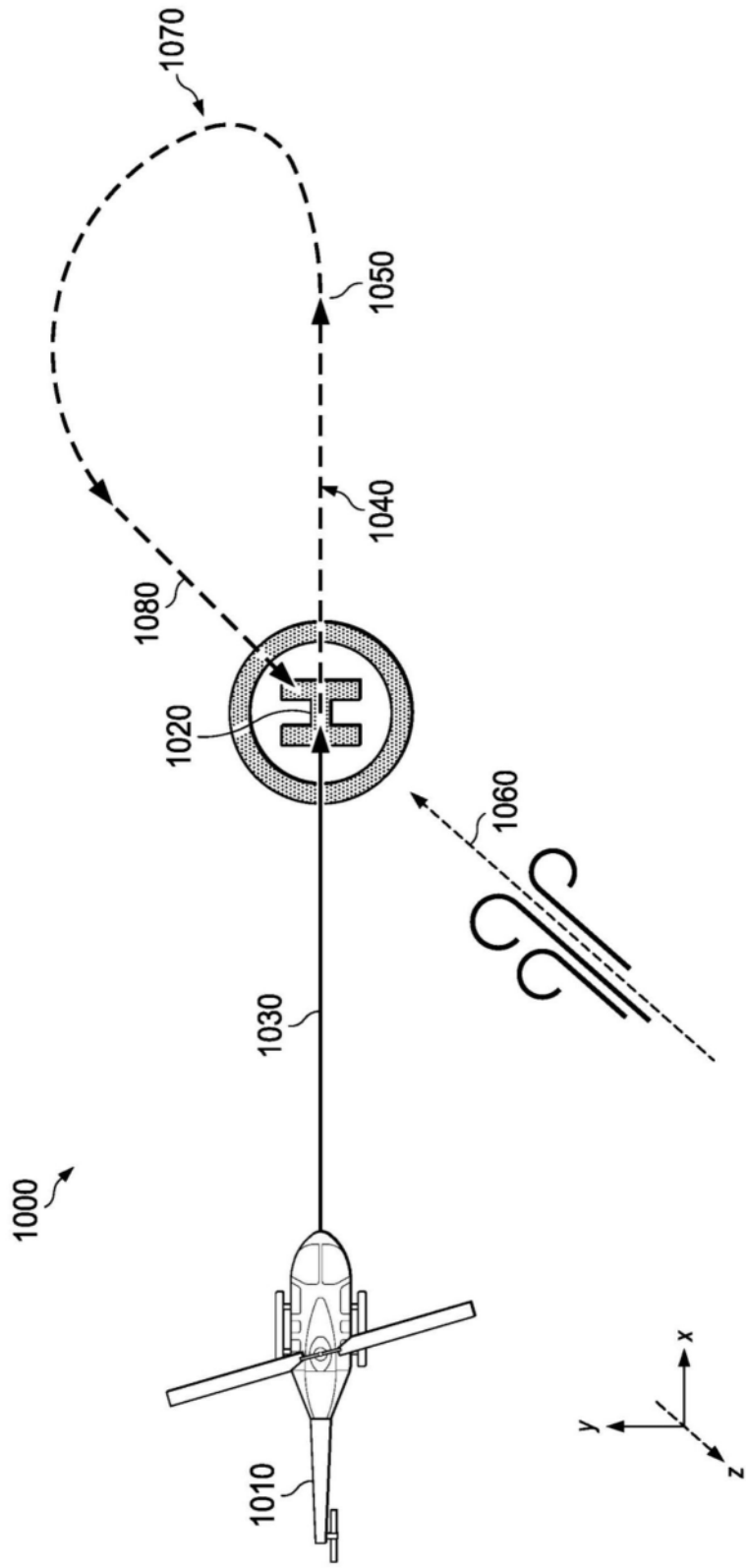


图10

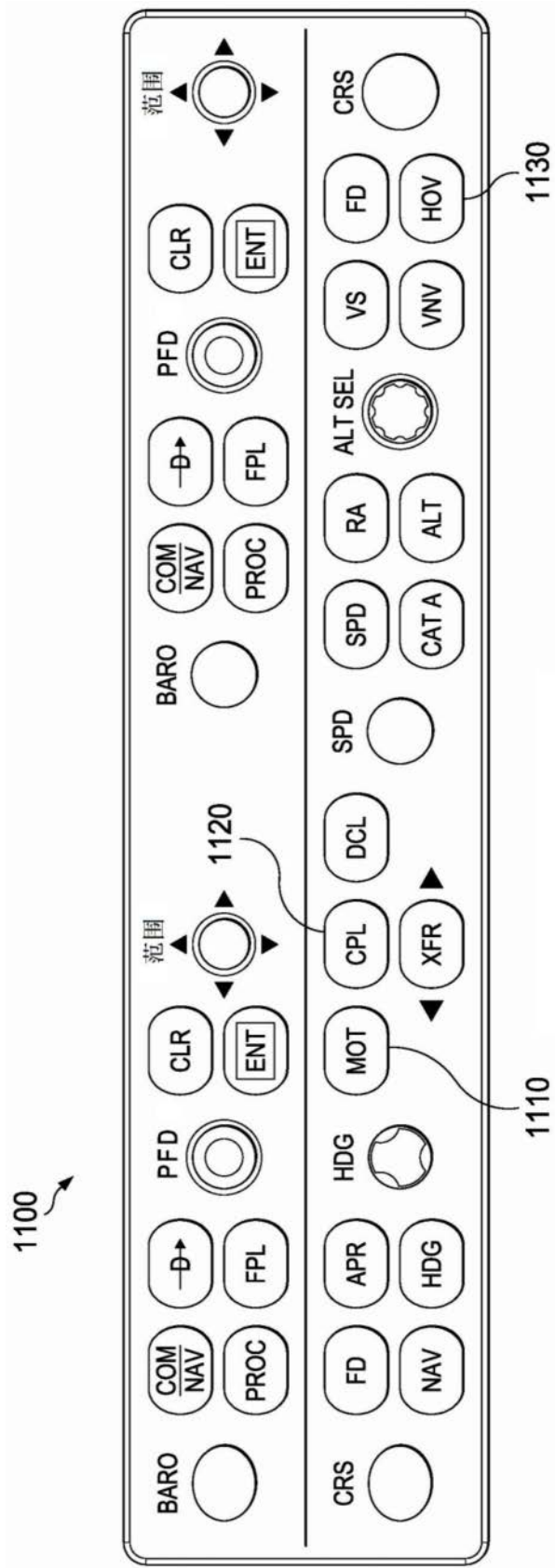


图11

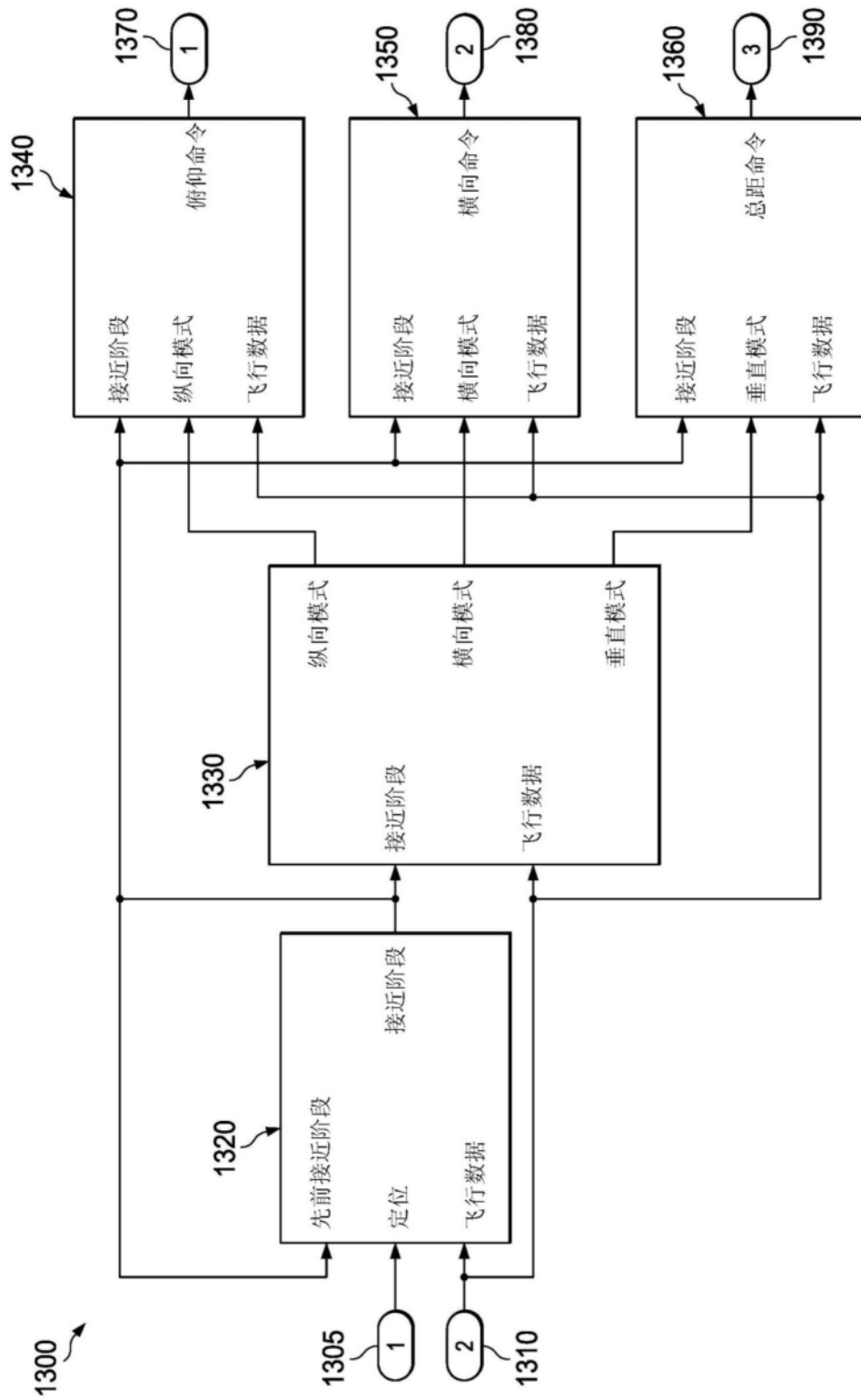


图13

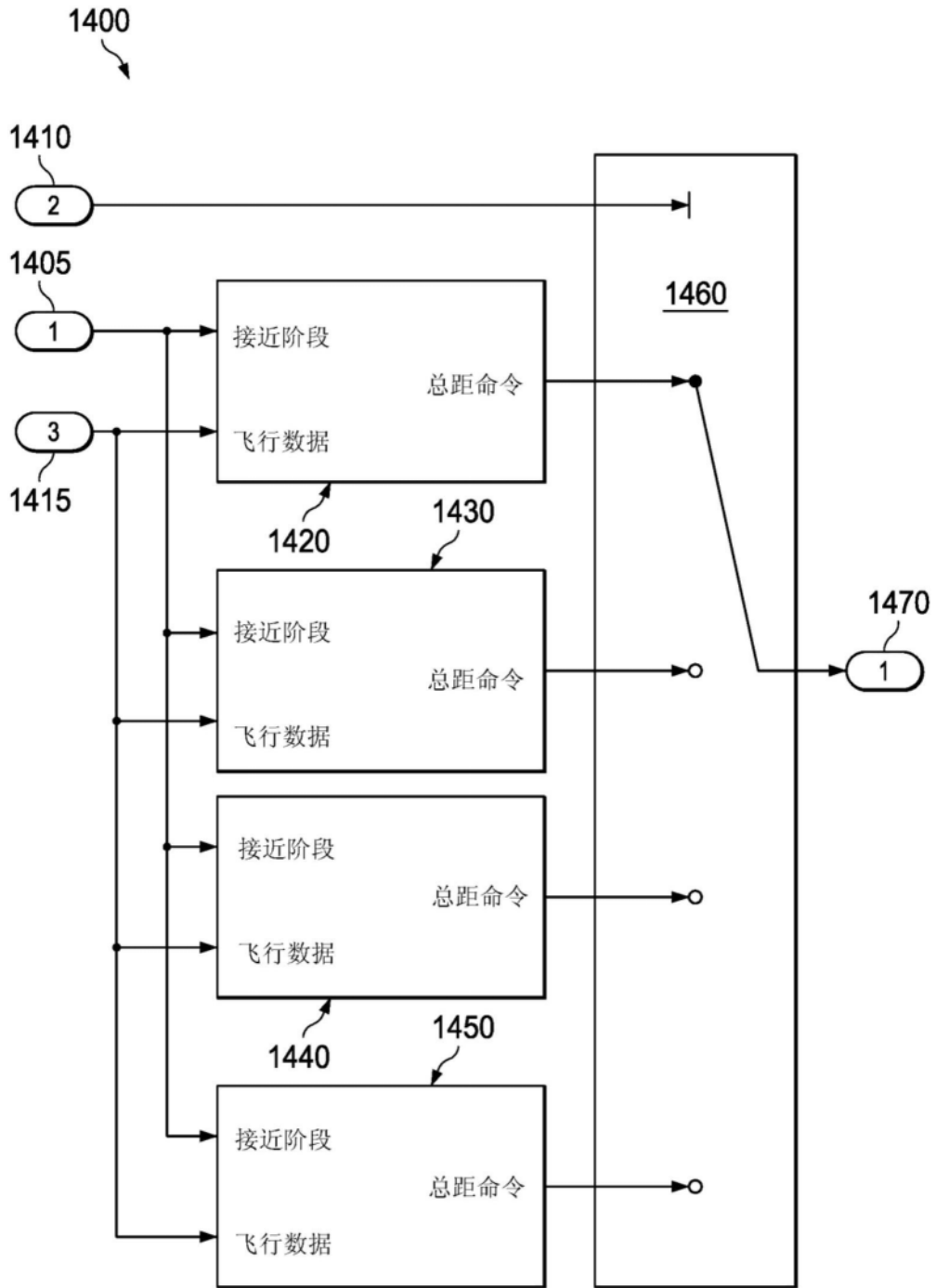


图14

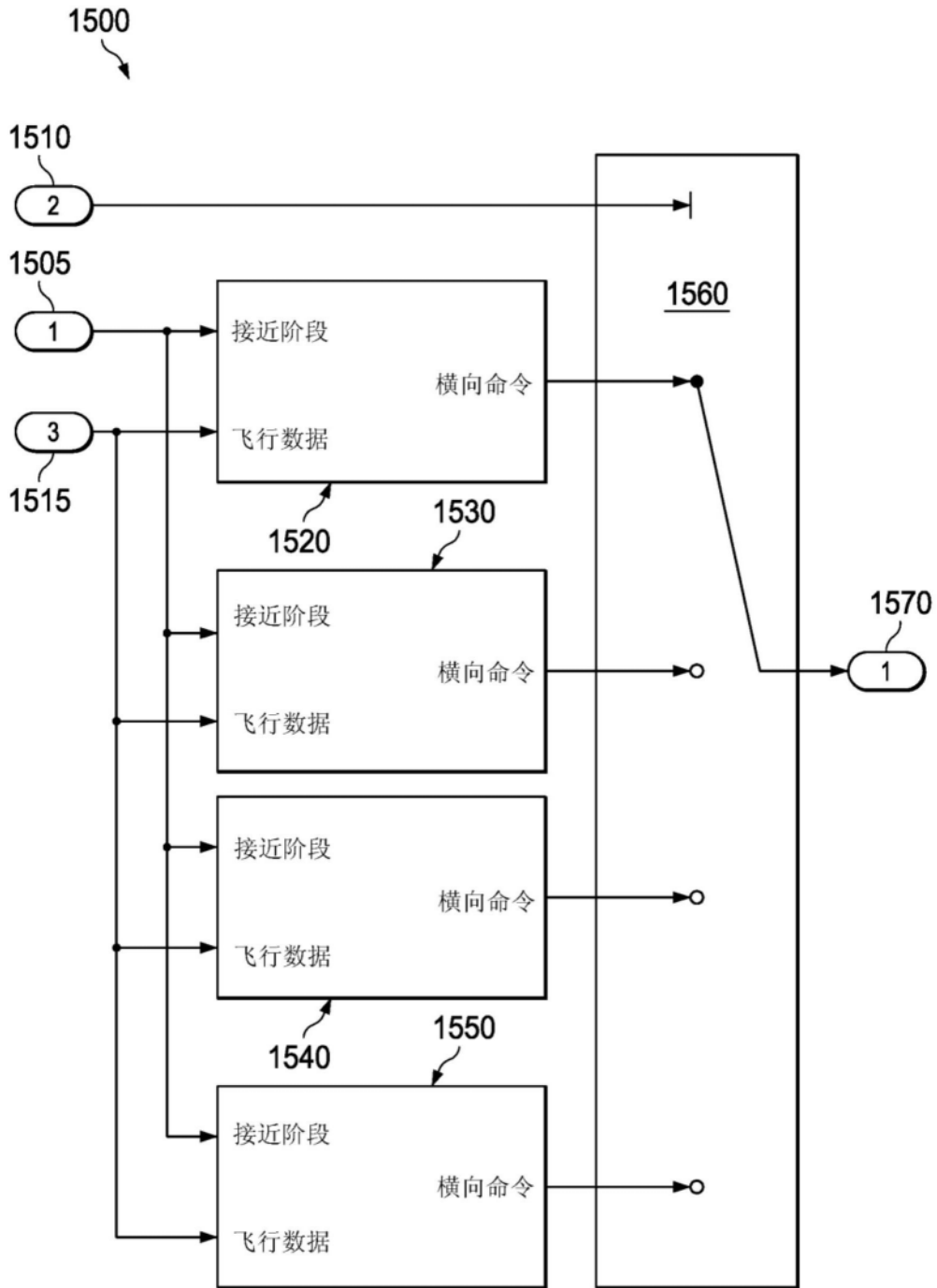


图15

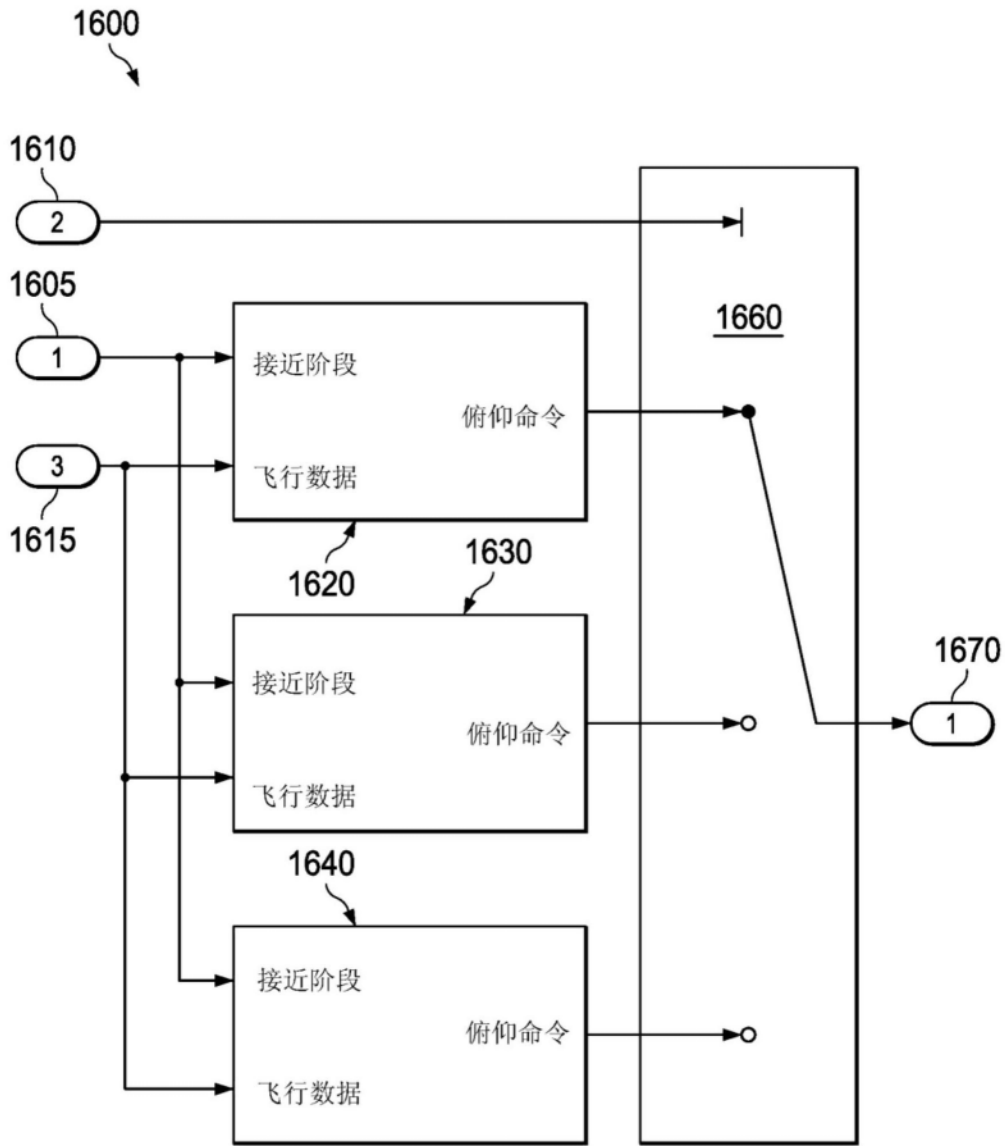


图16

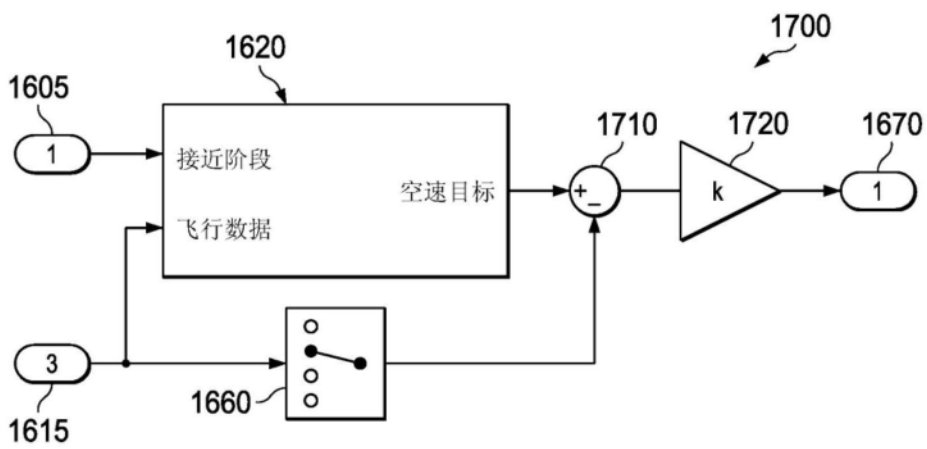


图17

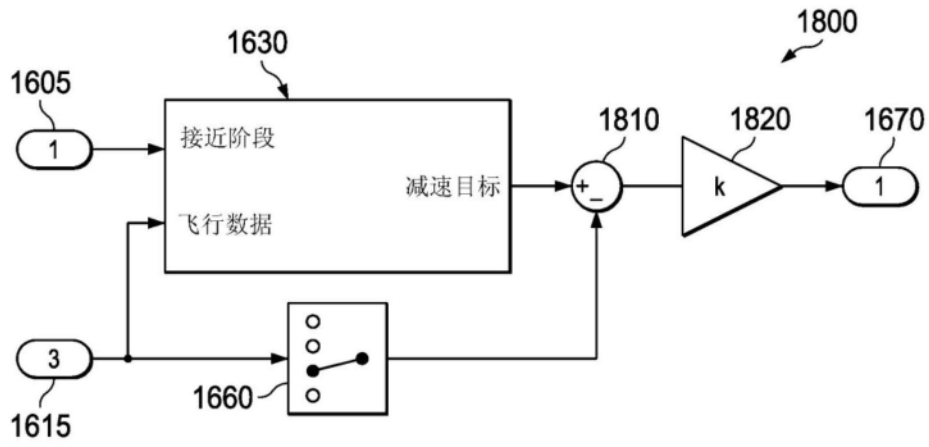


图18

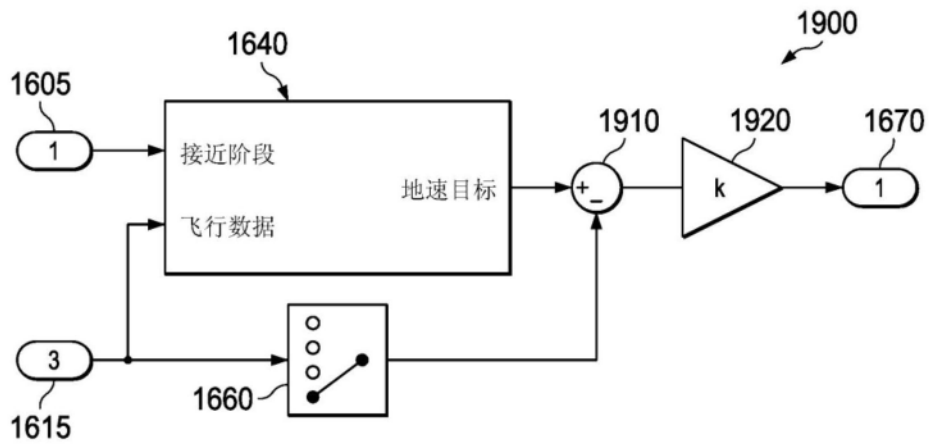


图19

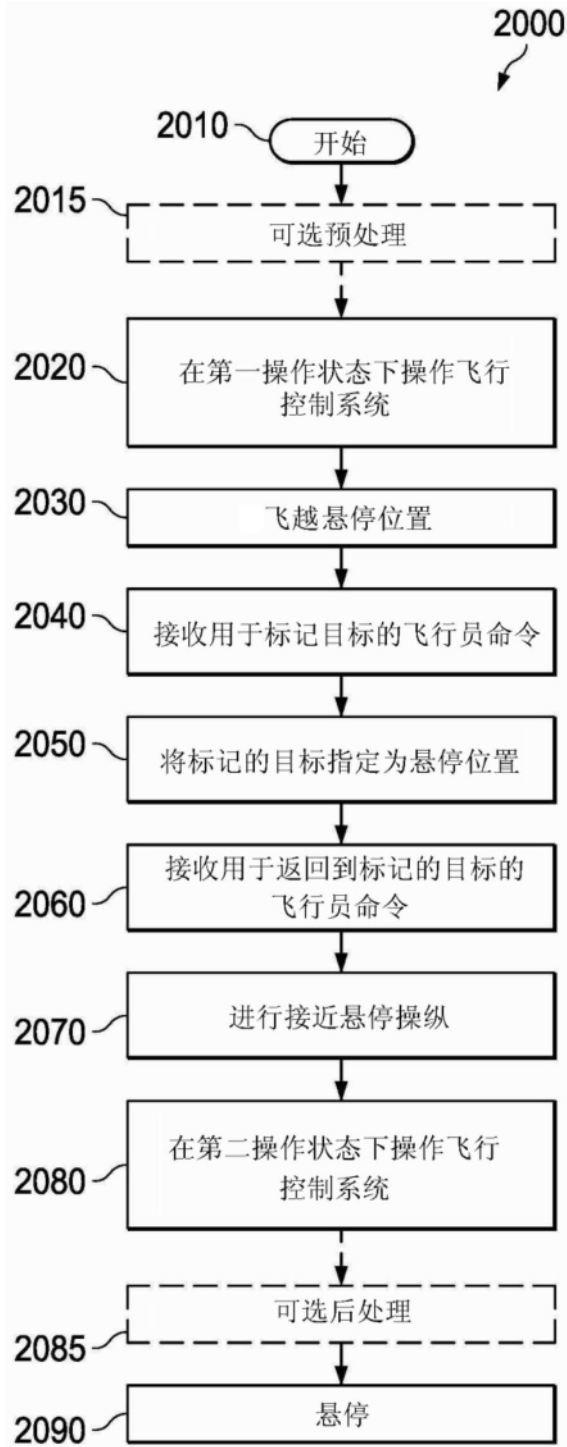


图20

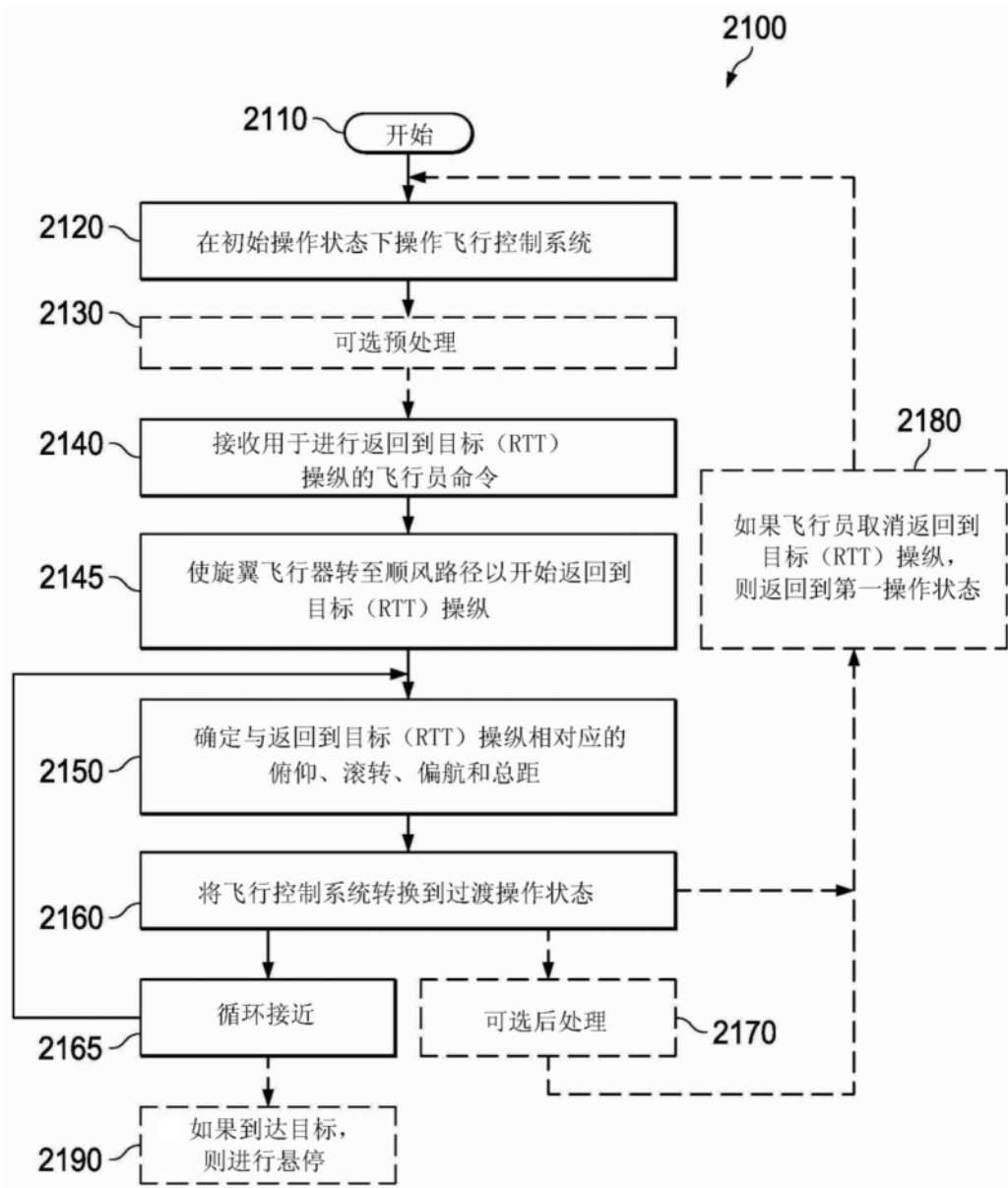


图21

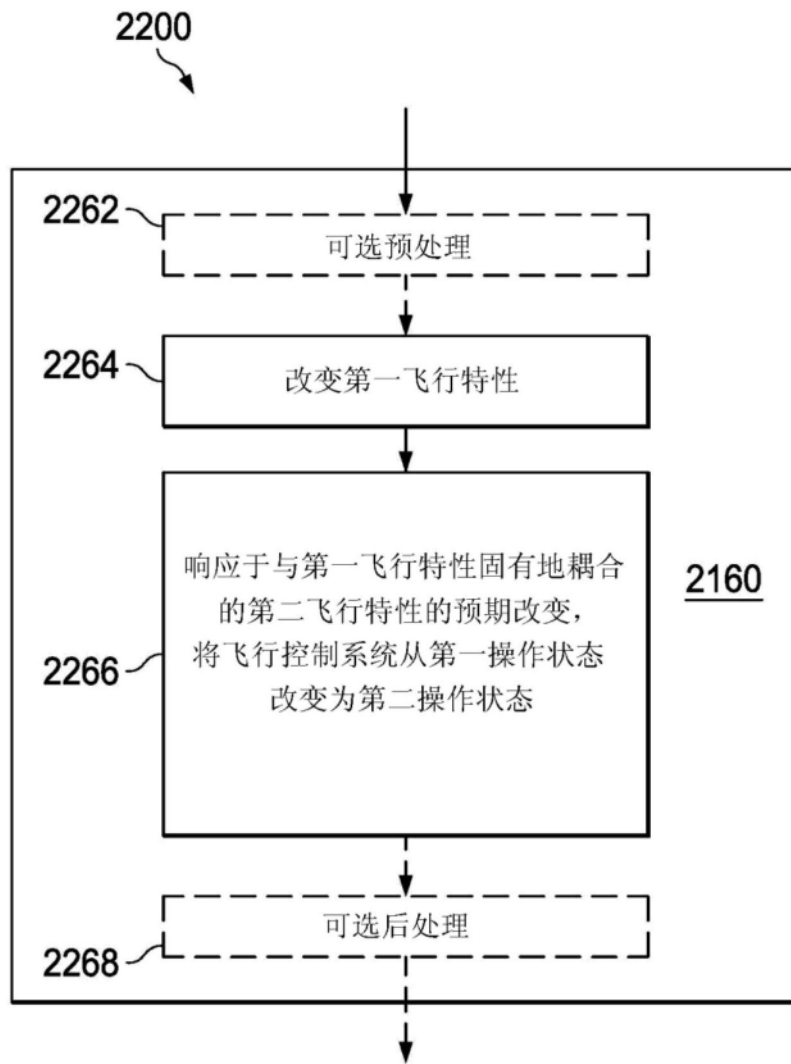


图22