



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110789723 A

(43)申请公布日 2020.02.14

(21)申请号 201910707001.2

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2019.08.01

B64D 47/00(2006.01)

(30)优先权数据

16/052,021 2018.08.01 US

(71)申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 亨德里克·皮耶特·雅各布斯·

德·博克

马修·罗伯特·塞尔尼

加里·夸肯布什

埃里克·韦斯特维尔特

威廉·格斯特勒

(74)专利代理机构 上海华诚知识产权代理有限

公司 31300

代理人 肖华

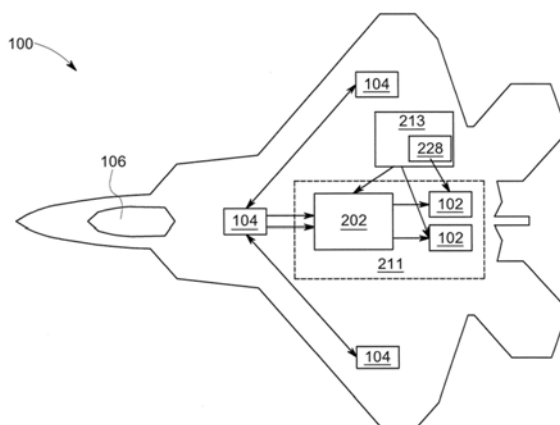
权利要求书2页 说明书17页 附图10页

(54)发明名称

智能任务热管理系统

(57)摘要

根据一些实施例,提供了一种系统和方法,包括:在任务执行模块处接收飞行器任务的一个或多个任务目标,以及条件数据;经由任务执行模块生成任务计划,任务计划能够执行以经由操纵动力热管理系统(PTMS)来解决一个或多个任务目标中的至少一个任务目标;在PTMS处,直接从任务执行模块接收在PTMS处生成的所述任务计划;以及自动执行生成的任务计划以操作飞行器。提供了许多其他方面。



1. 一种方法,其特征在于,包括:
在任务执行模块处接收飞行器任务的一个或多个任务目标以及条件数据;
经由所述任务执行模块生成任务计划,所述任务计划能够执行以经由操纵动力热管理系统 (PTMS) 来解决所述一个或多个任务目标中的至少一个任务目标;
在所述PTMS处,直接从所述任务执行模块接收生成的所述任务计划;和
自动执行所生成的所述任务计划以操作飞行器。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,进一步包括:
确定以下中的至少一个的改变:一个或多个任务目标和所述条件数据;
基于所述一个或多个任务目标和所述条件数据中的至少一个的所述改变,经由所述任务执行模块,生成附加任务计划;和
执行所生成的所述附加任务计划以操作所述飞行器。
3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,其中所生成的所述任务计划是基于由数字孪生模型提供的数据。
4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,进一步包括:
利用所述PTMS的一个或多个子系统来检测故障数据,并且利用检测到的所述故障数据来更新所述数字孪生。
5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,其中接收条件数据进一步包括以下中的至少一个:
接收或确定天气信息;
接收发动机状态;
接收推进系统状态;
接收飞行表面状态;和
接收动力热管理状态。
6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,其中所述发动机状态包括至少一个发动机的温度、燃料流量、速度和效率中的至少一个,所述推进系统状态包括燃料温度、电动机和涡轮之间的动力分配、指示燃料水平的燃料表,所述飞行表面状态包括飞行表面损坏/效能,所述动力热管理状态包括散热器温度、燃料流速和温度、冷却剂流速和温度、以及热能存储状态和温度中的至少一个。
7. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,其中估计所述天气信息、发动机状态、推进系统状态、飞行表面状态、和动力热管理状态中的至少一个。
8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,其中所述一个或多个任务目标是以下中的至少一个:减少燃料消耗,增加飞行范围,增加大功率系统使用的电气和散热片容量。
9. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,其中所述任务计划的执行进一步包括:
经由操作输入修改所述PTMS的至少一个子系统的所述操作。
10. 一种系统,其特征在于,包括:
任务执行模块,所述任务执行模块接收飞行器任务的一个或多个任务目标、以及条件数据;
存储器,所述存储器用于存储程序指令;
任务处理器,所述任务处理器耦接到所述存储器,并且与所述任务执行模块通信且能

够操作以执行程序指令,从而:

生成任务计划,所述任务计划能够执行以经由操纵动力热管理系统 (PTMS) 来解决所述一个或多个任务目标中的至少一个任务目标;

在所述PTMS处,直接从所述任务执行模块接收生成的所述任务计划;和
自动执行所生成的所述任务计划以操作所述飞行器。

智能任务热管理系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 这是2017年5月31日提交的题为“飞行器任务执行指导器”的共同未决的在先美国专利申请No.15/609,974的部分继续申请,其全部内容通过引用合并于此用于所有目的。

技术领域

[0003] 本发明涉及一种智能任务热管理系统。

背景技术

[0004] 对于商用和军用飞行器而言,朝着电气化飞行器(MEA)方向发展。MEA趋势描述了对机载电力(对抗,航空电子设备,干扰,定向能武器等)需求的快速增长。对于军用飞行器,MEA的好处不仅用于增加航程,而且还可能转化为增加的能力。动力热管理系统(PTMS)可用于解决各种飞行器系统的热负载。随着对机载电力的需求的增加,管理PTMS的不同目标之间存在的权衡可能越来越困难。

[0005] 期望提供改进PTMS的操作以优化PTMS的操作控制的系统和方法。

发明内容

[0006] 根据一些实施例,一种方法包括:在任务执行模块处接收飞行器任务的一个或多个任务目标以及条件数据;经由任务执行模块生成任务计划,任务计划能够执行以经由操纵动力热管理系统(PTMS)来解决一个或多个任务目标中的至少一个任务目标;在PTMS处,直接从任务执行模块接收生成的任务计划;和自动执行生成的任务计划以操作飞行器。

[0007] 根据一些实施例,一种系统包括:任务执行模块,其接收飞行器任务的一个或多个任务目标,以及条件数据;存储器,其用于存储程序指令;任务处理器,其耦接到存储器,并且与任务执行模块通信且能够操作以执行程序指令,从而:生成任务计划,任务计划能够执行以经由操纵动力热管理系统(PTMS)来解决一个或多个任务目标中的至少一个任务目标;在PTMS处直接从任务执行模块接收生成的任务计划;以及自动执行生成的任务计划以操作飞行器。

[0008] 根据一些实施例,一种存储指令的非暂时性计算机可读介质,该指令在由计算机处理器执行时使计算机处理器执行包括以下步骤的方法:在任务执行模块处接收飞行器任务的一个或多个任务目标;经由任务执行模块生成任务计划,任务计划能够执行以经由操纵动力热管理系统(PTMS)来解决一个或多个任务目标中的至少一个任务目标;在PTMS处直接从任务执行模块接收生成的任务计划;以及自动执行生成的任务计划以操作飞行器。

[0009] 本发明的一些实施例的技术效果是用于具有动力热管理系统(PTMS)的飞行器的任务执行计划指导器和任务执行模块的改进的和/或计算机化的技术和系统。实施例提供PTMS架构,其可考虑可用的散热器(包括燃料,冲压空气和发动机二次流动流),以有效地管理增加的飞行器热负荷,以用于预计的下一代飞行器需求。发明人注意到,潜在的下一代热负荷增加可能是关键任务系统能力,高级的定向能量武器(DEW)系统和更大的电气化飞行

器发动机附件(例如发电机)驱动增强的任务能力的结果。实施例提供了由可变循环发动机提供的运载工具负载和散热器之间的关系优化。实施例经由自适应子系统的集成而提供优化,自适应子系统提供以最有效的方式最大化散热器利用所需的热升力。实施例提供用于“热升力”(例如,使热能“足够热”以在更热的环境中排出)的动力源(例如,发动机引气,电力或独立TMS燃烧器)。在实施例中,热升力可以是系统目标/约束。实施例提供了发动机(如果是多发动机),线轴(高压与低压)和热升力选项(例如,VCS与ACM),用于混合引气的较小的高压和低压发电机、和多个环境控制系统(ECS)包之间的工作分配。

[0010] 预计未来的飞行器将使用高级的集成推进-动力-热管理系统(IPPTMS),其是对当今使用的PTMS或基本飞行管理系统(FMS)航空电子设备的改进。例如,实施例在任务指导模块和任务执行模块的指导下提供IPPTMS的操作,其管理生存性,能力,范围和散热片可用性之间的权衡。关于冷却燃料(或其他热存储),例如,任务指导模块和任务执行模块可以在预期未来需求的情况下管理即时冷却燃料的权衡,代价是增加的即时燃料消耗。作为更具体的例子,权衡可能是现在创建更多的热存储并飞越更高威胁的环境,或者现在节省燃料,并在环境周围飞行更长的路径。实施例可以经由任务指导模块提供任务选项(例如,在哪里飞以及如何飞),以实现额外的权衡。

[0011] 实施例可以经由任务执行模块内部管理权衡,并基于一个或多个规则自选择优化任务,然后自动地将所选任务作为输入提供给一个或多个子系统以执行任务。例如,实施例提供飞行器子系统的耦接以实现最佳任务执行。该策略可以包括修改自适应子系统特征,例如低和高线轴动力提取之间的分配,散热器使用的优先级,以及实现优化结果的其他方面。与传统方法相比,实施例还可以提供:改进的战斗损伤容限,以在资产不能执行动作之前更好地承受对资产的某些方面的损害(例如,如果第一热管理装置被禁用,则具有类似功能的第二热管理装置可以补偿因为第一热管理装置的损失);自适应PTMS调整和功能控制,其中其他系统可以从其他部件的丢失的功能中获得松弛(slack),从而系统不只是停止工作;智能故障隔离和缓解;和响应于飞行器命令和控制的能量兼容选择性散热器利用。

[0012] 应注意,任务指导模块和任务执行模块之间的区别在于任务指导模块为飞行员或系统生成若干任务计划选项以进行选择然后执行,而任务执行模块生成单个任务计划,其由系统在其生成时自动执行。还应注意,任务执行模块的益处在于系统不需要依赖通信来确定动作,这可以提供增强的安全性,如同没有通信一样,执行任务计划可以避免拦截。

[0013] 利用下面将变得明显的这个和其它优点和特征,通过参考以下详细描述和所附的附图,可以获得对本发明的本质的更完整的理解。

[0014] 其他实施例与存储指令以执行本文描述的任何方法的系统和/或计算机可读介质相关联。

附图说明

[0015] 图1示出了根据一些实施例的系统。

[0016] 图2A示出了根据一些实施例的系统图。

[0017] 图2B示出了根据一些实施例的系统图。

[0018] 图3示出了根据一些实施例的流程图。

[0019] 图4示出了根据一些实施例的地图。

- [0020] 图5示出了根据一些实施例的用户界面。
- [0021] 图6A示出了根据一些实施例的系统图。
- [0022] 图6B示出了根据一些实施例的系统图。
- [0023] 图7示出了根据一些实施例的流程图。
- [0024] 图8示出了根据一些实施例的系统的框图。
- [0025] 图9示出了根据一些实施例的表格。

具体实施方式

[0026] 对于商用和军用飞行器而言,朝着电气化飞行器(MEA)的方向发展。MEA趋势描述了对机载电力需求的快速增长。对于军用飞行器,MEA的好处不仅用于增加航程,而且还可能转化为增加的能力。动力热管理系统(PTMS)可用于解决各种飞行器系统的热负荷。随着对机载电力的需求的增加,管理PTMS的不同目标之间存在的权衡可能越来越困难。

[0027] 发明人注意到,潜在的下一代热负荷增加可能是关键任务系统能力,高级定向能量武器(DEW)系统以及更大的电气化飞行器发动机附件(例如发电机)驱动增强的任务能力的结果。虽然现代飞行器仅在飞行中的某些时间需要大量电力,但传统的PTMS会对某种情况做出反应,并通过设计成始终支持最大需求来解决按需系统的潜在瞬时使用的问题。但是,如果系统设计为输出峰值功率并吸收所有产生的热能(例如,产生的每瓦特是需要作为热量移除的瓦特),则飞行器在任何时候都可能具有非常有限的范围,并且可能会耗尽所有内部容积。例如,使PTMS设备的尺寸过大以处理稳态(即连续)条件下的峰值负载可能导致物理上更大(体积和重量)的系统。例如,较大的系统可能源自VCS,ACM和热交换器中较大的涡轮机械,管道和关联连接以及控制硬件。此外,在PTMS系统中具有较大设备的情况下,可能为燃料箱留下较少的飞行器容积(例如,可以限制燃料部分而不使飞行器机体更大,导致更大的阻力和更小的范围)。另外,因为传统系统可能具有增加的重量和体积,以及增加的成本和降低的燃料效率,与可以提供可以预期/计划使用潜在需求的更小的系统的实施例相比,传统系统可能具有最小的或没有机会来处理损坏或退化。例如,在一个或多个实施例中,如果散热器损坏,则可以使用其他散热器,或者可以降低总冷却潜力(冷却时减少的时间常数)。任务指导模块和任务执行模块可以各自计算准备热存储所需的额外时间,并且在任务指导模块的情况下向飞行员告知减少的能力,然后各自计划围绕其的任务。

[0028] 传统的PTMS解决了按需系统的使用,该系统可以通过在空闲时段期间减少冷却子系统需求来总体上减少这些热负荷,从而提高总的运载工具操作效率,额外的燃料节省,增加的范围/耐久性和改进的任务能力。

[0029] 实施例提供PTMS架构(和如下所述的IPPTMS架构),其可考虑可用的散热器(包括燃料,冲压空气和发动机二次流动流,当前和未来环境),以有效地管理增加的飞行器热负荷,以满足预计的下一代飞行器的要求。例如,关于当前和未来的环境(例如,天气),系统可以预期飞行器将在其任务的稍后时间点处于较冷的空域中,并且基于目标确定任务计划,该任务计划继续以较高的花费排出热量,并在飞行通过冷环境期间最大限度地排出热量。作为另一示例,关于当前和未来环境(例如,敌方或友军领地),在其中飞行器可能以隐身模式操作以避免敌人检测到热特征的敏感特征环境期间,系统可以减少或重新引导热排放,使得热特征减少并且额外的热量将在安全空域上被排出(例如,在安全空域中时,热量可能

被排出,使得当飞行器处于敌方环境中时,飞行器是冷的);或者可以从飞行器的不同部分排出热量(例如,热量可以在飞行器上方而不是在飞行器下方释放,因为更可能在飞行器下方检测到热量)。

[0030] 实施例提供了由可变循环发动机提供的运载工具负载和散热器之间的关系优化。实施例经由自适应子系统的集成提供优化,自适应子系统提供以最有效的方式最大化散热器利用所需的热升力(例如,用最少量的燃料燃烧或其他合适的任务目标实现所需的冷却)。发明人注意到,如本文所用,“热升力”是指使热能“足够热”,以在较热的环境中排出。相反的思路可能是使冷却空气/流体冷却到足以冷却系统/子系统(例如电子设备)的敏感部件。如本文所用,散热器利用的最大化可以指最有效地使用散热器(例如,燃料,旁路空气,冲压空气等)。散热器可能具有不同的热能力,温度和效率,并且选择一个而不是另一个可能会影响系统性能。

[0031] 预计未来的飞行器将使用高级的集成推进-动力-热管理系统(IPPTMS),其是对传统PTMS的改进。实施例在任务指导模块或任务执行模块的指导下提供IPPTMS(和PTMS)的操作,其管理在降低燃料消耗,生存性,增加的飞行范围,使用大功率系统的电气和热容量以及散热片可用性之间的权衡。

[0032] 实施例提供了任务指导模块,其可以向飞行员(和/或任务计算机)提供用于执行任务的一个或多个选择。每个选择可以具有至少一个期望的特征(例如,降低的燃料消耗,增加的飞行范围,以及使用大功率系统的散热片可用性)。任务指导模块可以接收任务目标和关于系统状态的信息作为输入。然后,任务指导模块可以生成用于执行任务的一个或多个任务计划。在一个或多个实施例中,任务指导模块可以预测和利用变化的热力学条件,推进系统条件和预期的威胁,例如,以生成任务计划并向飞行员提供任务计划。与选择该特定计划的权衡相比,每个生成的任务计划可以包括关于选择该特定计划的益处的信息。

[0033] 实施例提供了任务执行模块,其可以确定任务计划并自动执行所确定的任务计划。任务执行模块可以接收任务目标和关于系统状态的信息作为输入。然后,任务执行模块可以基于一个或多个规则,生成用于执行任务的任务计划。与任务指导模块一样,任务执行模块可以预测和利用变化的热力学条件,推进系统条件和预期威胁,例如,以生成并执行任务计划。接下来,任务执行模块可以通过向用于执行任务计划的一个或多个子系统提供输入来自动执行任务计划。

[0034] 作为非穷举示例,由任务执行模块生成的任务计划的执行可以调整飞行的巡航部分,以实现使得热贮存器可以以低成本(电力)冷却到低设定点的条件,为计划的未来参与做准备,否则将需要大量的电力来将热量排放到热贮存器。

[0035] 一个或多个实施例将飞行管理的管理与热和动力管理相结合。一个或多个实施例还可以实现通过高级多模式性能寻求控制(PSC)的电力管理和转换方法的能量兼容实现解决方案,以及检测和减轻故障状况的机载预测健康管理(PHM)处理方法的扩展。

[0036] 实施例可以利用自适应子系统特征的修改,诸如低和高线轴功率提取之间的划分,散热器使用的优先级以及生成用于选择和/或执行的任务计划的其他特征。在一个或多个实施例中,任务计划可估计系统参数,包括恶化或持续的子系统战斗损坏,以优化整体系统性能,并提供具有耦接至发动机的电力热管理系统的飞行器的自适应任务管理和飞行管理。

[0037] 在一个或多个实施例中,任务目标和状态数据的接收可以指示在任务期间的特定未来时间可能需要的热输出,然后由任务指导模块生成的一个或多个任务计划,或任务执行模块生成的任务计划,允许系统准备随时间的热量存储;这可能优于传统系统的瞬时要求,该传统系统在飞行器的其他方面可能更加有限,更小和更轻。

[0038] 在一个或多个实施例中,在任务指导模块生成一个或多个任务计划之后,飞行员和/或任务计算机然后可以选择任务计划之一。在选择任务计划之一之后,PTMS可以操纵飞行器的一个或多个子系统/部件以执行所选择的选项。类似地,在任务执行模块生成任务计划之后,PTMS自动接收任务计划,使得PTMS可以操纵飞行器的一个或多个子系统/部件以执行所生成的任务计划。在一个或多个实施例中,任务计划可以包括改进的战斗损伤容限,自适应PTMS调整和功能控制,平衡发动机之间的散热片,以及响应于飞行器命令和控制的能量兼容选择性散热器利用。如这里所使用的,术语“任务计划”和“任务选项”可以互换使用。在一个或多个实施例中,当更新可能影响任务计划的任何因素时(例如,任务要求,天气,发动机状态,飞行器状态等的变化),任务指导模块可以生成新的用于执行任务的选项,并且该处理可以重复,或者任务执行模块可以生成随后自动执行的新任务计划。

[0039] 如本文所使用的,术语“自动地”可以指例如可以在很少或没有人类交互的情况下执行的动作。

[0040] 参考图1,飞行器100可包括一个或多个发动机102,以及用于存储飞行器燃料的一个或多个燃料箱104。发动机102可以是涡轮风扇,涡轮轴发动机,涡轮螺旋桨发动机,涡轮喷气发动机,自适应或可变循环燃气涡轮发动机,或任何其他合适的发动机。尽管示出了两个发动机,但是应当理解,可以向飞行器100提供一个发动机或多于两个的发动机。飞行器100可包括系统200(图2A/2B)或600(图6A/6B),包括一个或多个动力和热管理系统(PTMS)202。在一个或多个实施例中,PTMS可以是集成推进动力热管理系统(IPPTMS)211。如这里所使用的,IPPTMS 211可以包括一个或多个发动机102并由一个或多个发动机102供以动力。虽然将主要关于IPPTMS 211(图2A/6A)描述实施例的以下描述,但是实施例的描述也可以应用于PTMS 202(图2B/6B)。发明人注意到图2A/6A中的IPPTMS 211与图2B/6B中的PTMS 202之间的差异在于,在图2A/6A中,发动机102和发动机控制器212与IPPTMS集成,而在图2B/6B中,发动机102和发动机控制器212可以是分开的。当仅涉及PTMS 202时,可以不包括发动机和它们各自的控制器。当提到IPPTMS时,发动机和发动机控制器与PTMS和监管控制器集成在一起。发明人注意到,传统系统可以具有物理附接到发动机的PTMS,但是它们的控制器具有有限的(如果有的话)通信,并且发动机可以适应动力提取和有限的热排放的影响。在IPPTMS中,动力和热系统可以与发动机协调,然后发动机可以对这些需求作出反应。

[0041] 在一个或多个实施例中,IPPTMS 211可以用作环境控制系统(ECS),以为液体和空气冷却的飞行器部件和设备提供冷却,以及为驾驶舱106提供热控制和加压。

[0042] 在一个或多个实施例中,系统200/600可以包括系统协调控制系统213,其可以分别包括任务指导模块228或任务执行模块628。系统协调控制系统可以控制PTMS 202和发动机102的操作。

[0043] IPPTMS 211可以包括一个或多个连接的子系统(图2A/6A),并控制其操作。子系统可包括空气循环系统(ACS)控制器206,蒸汽循环系统(VCS)控制器208,高功率电子控制器210,下一代航空器发动机控制器212和燃料管理系统(FMS)控制器214。

[0044] 在一个或多个实施例中,ACS控制器206可以操作ACS 216。ACS 216可包括空气循环机,发动机流,一个或多个冷凝器,一个或多个热交换器和空气阀。

[0045] 在一个或多个实施例中,VCS控制器208可以操作VCS 218。VCS 218可包括冷凝器,一个或多个蒸发器,制冷剂阀和制冷剂泵。

[0046] 在一个或多个实施例中,电子控制器210可以操作发电机220和能量存储器222。在一个或多个实施例中,能量存储器222可以是电池,电容器或其他合适的电存储器。

[0047] 在一个或多个实施例中,ACS控制器206和VC控制器208可以操作热存储器217。在一个或多个实施例中,热存储器217可包括冷却剂和热交换器(例如,蒸发器)以移除热量。

[0048] 在一个或多个实施例中,发动机控制器212可以操作发动机102。

[0049] 在一个或多个实施例中,FMS控制器214可以操作燃料箱104,燃料泵和燃料阀。

[0050] 在一个或多个实施例中,IPPTMS 211可以通过经由IPPTMS监管控制器215操纵其一个或多个子系统/部件的控制、来提供自适应地解决各种飞行器系统热负荷(例如,通过空气/燃料224的热耦合)的能力。IPPTMS监管控制器215可以表示软件和硬件电路,其包括和/或连接到执行控制子部件的操作的一个或多个处理器201(例如,微处理器,集成电路,现场可编程门阵列等)。理想地,所有废热可以在供应给发动机102时被传递给燃料,因为燃料是飞行器最有效的散热器。然而,增加的热负荷与减少的燃料燃烧相结合可能导致较少的燃料热容量。结果,热量可能被移除到环境空气或发动机旁路流中,并且可能导致阻力并降低电气化的益处。IPPTMS 211可以尽可能地将热量移动到燃料中,但是在必要时将热量引导到环境空气中。包括任务指导模块228的实施例提供IPPTMS 211以计算将热量移动到燃料中的不同版本,以及每个版本对任务目标的影响。包括任务执行模块628的实施例提供IPPTMS 211以最佳地满足任务目标的方式移动热量。

[0051] 在一个或多个实施例中,系统200可包括武器系统226。在一个或多个实施例中,武器系统226可能消耗大量电能,从而产生IPPTMS系统211然后可能必须容纳的显著的废热,否则武器系统226可能过热,导致降低的能力或永久性损坏。

[0052] 在一个或多个实施例中,系统200还可以包括任务指导模块228。任务指导模块228可以与飞行员/任务计算机234,IPPTMS 211和武器系统226通信。

[0053] 在一个或多个实施例中,包括与系统200/600相关联的设备和本文描述的任何其他设备的设备可以经由任何通信网络交换信息,该通信网络可以是局域网(“LAN”),城域网(“MAN”),广域网(“WAN”),ARINC 429,MIL-STD-1553,IEEE-1394,专有网络,公共交换电话网(“PSTN”),无线应用协议(“WAP”)网络,蓝牙网络,无线LAN网络和/或互联网协议(“IP”)网络(例如因特网,内联网或外联网)中的一个或多个。注意,这里描述的任何设备可以经由一个或多个这样的通信网络进行通信。

[0054] 在一个或多个实施例中,任务指导模块228可以位于IPPTMS 211的内部或IPPTMS 211的外部。如图2A所示,任务指导模块228在IPPTMS 211外部并且位于系统协调控制器213中。在一个或多个实施例中,任务指导模块228可以通过分别查询IPPTMS 211和武器系统226中的至少一个、并且不断地从IPPTMS 211和武器系统226接收更新,从IPPTMS 211(经由IPPTMS监管控制器215)和武器系统226中的至少一个接收信息。任务指导模块228可包括一个或多个处理元件201。例如,处理器201可以是传统的微处理器,并且可以操作以控制任务指导模块228的整体功能。

[0055] 在一个或多个实施例中,任务指导模块228可以接收要求和相关任务信息。利用IPPTMS 211的详细知识,任务指导模块228可以生成要由飞行员和/或任务计算机接收的各种任务计划,以便由此进行选择。所选择的计划经由操纵子系统由IPPTMS 211接收和执行,以控制飞行器100的一个或多个操作。在一些实施例中,由IPPTMS 211,飞行器100和其他系统接收的信号可以引起飞行器100的一个或多个物理元件的状态或条件或另一属性的修改。

[0056] 在一个或多个实施例中,系统200可以包括计算机数据存储器203,其可以向任务指导模块228和/或任务执行模块628提供信息,并且可以存储来自任务指导模块228和任务执行模块628的结果。可以从PTMS 202/IPPTMS 211和数据存储器203中的至少一个向任务指导模块228或任务执行模块628提供数据。在实施例中,数据存储器203可以是任务指导模块228,任务执行模块628或飞行员/任务计算机234的一部分。

[0057] 在一个或多个实施例中,数据存储器203可以包括硬盘驱动器, RAM(随机存取存储器), ROM(只读存储器), 闪存等中的一个或多个的任何组合。数据存储器203可以存储对处理器201和任务指导模块228或任务执行模块628进行编程以执行如本文所述的功能的软件。

[0058] 转到图3-5,提供了根据一些实施例的操作示例的流程图,飞行任务的示例和任务计划的示例。特别地,图3提供了根据一些实施例的处理300的流程图。可以使用硬件(例如,电路),软件或手动装置的任何合适组合来执行处理300和本文描述的任何其他处理(例如,图7中的处理700)。例如,计算机可读存储介质可以在其上存储指令,该指令在由机器执行时导致根据本文描述的任何实施例的性能。在一个或多个实施例中,系统200/600被调节为执行处理300/700,使得系统是专用元件,其被构造为执行不能由通用计算机或设备执行的操作。体现这些处理的软件可以由任何非暂时性有形介质存储,该介质包括固定磁盘,软盘, CD, DVD, 闪存驱动器或磁带。下面将关于系统的实施例描述这些处理的示例,但是实施例不限于此。这里描述的流程图并不意味着对步骤的固定顺序,并且本发明的实施例可以以任何可行的顺序实施。

[0059] 最初,在S310,接收数据。在一个或多个实施例中,任务指导模块228可以接收用于飞行器任务的一个或多个任务目标230,与飞行器100相关联的条件数据232和飞行器任务数据400。在一个或多个实施例中,可以经由任务计算机234从飞行员和/或系统管理员或任何其他合适的源接收任务目标230和飞行器任务数据400。在一个或多个实施例中,任务目标230可以包括减少燃料消耗,增加飞行范围以及大功率系统使用的散热片可用性。

[0060] 在一个或多个实施例中,飞行器任务数据400可包括距离,高度,参与计划和飞行器速度目标。例如,图4中所示的飞行器任务数据400包括多个段402(例如,爬升₁,巡航₁,停悬₁,下降₁,巡航₂,参与,爬升₂,巡航₃,爬升₃,巡航₄,下降₂,停悬₂和着陆)。每个段402可以与其自己的目标以及由此产生的任务计划相关联,如下所述。例如,任务指导模块228可以生成任务计划502以使用爬升₁和巡航₂之间的最高热效率,然后当飞行器到达巡航₂时,系统可以准备额外的热容量/准备热存储以准备好参与。作为另一示例,任务指导模块228可以生成任务计划502以定制飞行计划的巡航₁和巡航₂段402,从而定制飞行系统,使得可以冷却热贮存器,以通过冷却到低设定点,优化计划的未来参与段402来建立热容量或存储,这可能需要显著的电气系统来将热量排放到带点的热贮存器。如这里所使用的,术语“飞行计划”

和“飞行器任务”可以互换使用。

[0061] 在一个或多个实施例中,条件数据232可以从IPPTMS 211(经由IPPTMS监管控制器215)、一个或多个其他源205中的至少一个接收,并且由系统200估计。在一个或多个实施例中,条件数据232可包括天气数据,发动机状态数据(例如,速度,温度,燃料流量,压力),飞行器状态数据(例如,燃料温度和数量,飞行器重量,高度,马赫数,环境温度)和动力-热管理状态数据(例如,散热器温度,燃料-冷却剂-流速和温度,热能存储状态和温度)中的至少一个。可以接收其他合适的条件数据232(例如,传感器损坏状态,和/或部件损坏或故障状态等)。

[0062] 在一个或多个实施例中,条件数据232可以包括威胁列表。在一个或多个实施例中,威胁列表可以包括关于限定的威胁区域的数据,定义什么构成敌对力量的数据,确定敌对力量何时处于预设范围内的数据,以及在飞行员需要对威胁作出反应时支持飞行员的数据。例如,如果飞行员正进入恶劣环境,则可能需要具有更大的能量容量以在需要在恶劣环境中动作,而不是以更有效的模式操作。作为另一示例,当飞行器100离开限定的威胁区域时,系统200可以知道飞行器相对于限定的威胁区域的位置,并且可以适当地动作(例如,减少能量储备)。

[0063] 然而,限定的威胁区域可以改变,并且该改变的威胁区域可以作为对任务指导模块228的输入而被接收,并且任务指导模块228然后可以生成更新的任务计划502,如下面进一步描述的。例如,系统200的一个或多个其他子系统205可以检测飞行器100附近的至少一个敌对力量。该检测可以是对任务指导模块228的输入。在一个或多个实施例中,除了IPPTMS 211之外,任务指导模块228还可以从飞行器100自身上的一个或多个子系统205接收输入。

[0064] 在一个或多个实施例中,可以针对飞行计划的不同段402对任务目标230和条件数据232进行加权。

[0065] 回到处理300,在S312中,在一个或多个实施例中,生成执行任务的第一多个任务计划502。在一个或多个实施例中,多个任务计划中的每个任务计划可以经由操纵IPPTMS 211来解决一个或多个任务目标中的至少一个。在一个或多个实施例中,目标可以是经由操纵IPPTMS 211来优化一个或多个任务目标230中的至少一个。在一个或多个实施例中,目标可以是在不优化任何特定参数的情况下平衡一个或多个目标。在一个或多个实施例中,任务计划可以包括对IPPTMS 211的子系统的输入。这些输入可包括排放流动命令,电气系统负载命令,冷却负载命令,阀位置命令和其他系统设定点和配置。在一个或多个实施例中,任务计划902可以估计不可测量的系统状态,例如特定流,并且可以估计系统,子系统和/或部件退化。在一个或多个实施例中,可以为任务的每个任务段402生成任务计划502。如这里所使用的,术语“任务计划”可以指代单个段的任务计划,或者可以共同地指代两个或更多个段的任务计划。

[0066] 在一个或多个实施例中,在接收到任务目标230和条件数据232之后,任务指导模块228可以基于一个或多个规则组和阈值,生成多个任务计划502。在一个或多个实施例中,规则组可以包括一个或多个应急规则或优先级,由此如果存在特定条件,则在另一个任务计划上生成特定任务计划。在一个或多个实施例中,可以在处理300之前在系统200中接收规则组和阈值。在一个或多个实施例中,任务指导模块228可以包括表示每个子系统的操作

的模型207。在一个或多个实施例中，模型207对子系统的性能进行编码。在一个或多个实施例中，任务指导模块228可以包括优化器209。任务指导模块228可以针对一个或多个不同的场景/模拟，执行模型207和优化器209。例如，对于给定条件，在给定发动机几何形状的情况下，发动机子系统102的模型可以包括产生推力的成本。任务指导模块228可以使用该发动机性能信息来经由优化器209生成优化的推力产生。在一个或多个实施例中，来自任务指导模块228的输出可以是至少一个任务计划502。在一个或多个实施例中，来自任务指导模块228的输出可以是默认任务计划，其可以不包括任何建议（例如，在失效情形中）。

[0067] 在一个或多个实施例中，每个任务计划502可以包括执行任务的步骤，以及与该执行相关联的成本。在一个或多个实施例中，任务计划502可以指示正在优化哪个目标。例如，如果任务计划与飞越山峰的飞行器100有关，则当飞行器到达山峰时，一个任务计划502a可以进行竖直爬升，并且该任务的成本是更多燃料燃烧，但是较长时间的更低巡航高度；另一个计划502b可以提供早期开始爬升的选择，而不是当飞行器到达山峰时的竖直爬升，并且该任务计划的成本是较慢，可能更有效的爬升，更多的时间处于更高的高度；另一个任务计划502c可能是绕山而去，并且该任务计划的成本是更长的距离，但是整体高度更低。

[0068] 在一个或多个实施例中，任务计划502可以呈现可以用于优化某些目标的选项。在一个或多个实施例中，对任务指导模块228的输入可指示在未来何时飞行器100将需要不同量的热能，然后任务计划502可包括多个选项，用于发动机控制器212控制发动机102以在需要时以最有效的方式产生该动力。在一个或多个实施例中，发动机可以是可适应的，并且对于给定的推力，可以有几种方式利用内部可变配置来获得推力。根据至少一个任务计划502，发动机102可以以尽可能最有效的方式提供动力，使热管理更有效。例如，如果飞行器100必须飞行500英里然后在500英里结束时参与任务，则飞行器100可能需要500英里的一些热能力。在一个或多个实施例中，系统200不需要在整个500英里（例如，爬升₁，巡航₁，停悬₁，下降₁）产生最大的热能，但是当接近500英里标记时，系统200可以产生额外的热能（例如，当接近巡航₂时）或者可以在不产生最大热量时智能地使用最大功率以建立储备（例如，能量存储），以便稍后容纳最大热量。发明人注意到，例如，当发动机是可变循环发动机时，可能存在多种运行发动机的方式，并且基于运行模式可能存在不同的益处。另外，系统200可以基于至少一个应急规则，在沿着到500英里标记的路径具有力量参与的情况下耗散额外的热能。在一个或多个实施例中，发动机102可包括可变特征和多个发电机，其能够以多种方式产生电力和推力。这些特征可以被优化以满足推力和发电需求，同时以最燃料有效的方式遵守可操作性限制。发明人注意到，实施例的益处在于，通过计划何时可以使用不同量的热能，并且考虑到突发事件，发动机可以经历较少的磨损。

[0069] 回到处理300，在S314中，将所生成的多个任务计划502呈现给飞行员和任务计算机234中的至少一个。然后在S316中，由飞行员和任务计算机234中的至少一个从多个生成的任务计划中选择任务计划502。在一个或多个实施例中，可以经由用户界面504或任何其他合适的呈现来呈现所生成的第一多个任务计划。在一个或多个实施例中，用户界面504可以接收要呈现给用户/任务计算机234的输出（多个任务计划），并且还可以将从用户或任务计算机234所接收的输入数据（例如，任务计划502的选择）传送到系统200。用户界面504可以表示显示设备，触摸屏，膝上型计算机，平板计算机，移动电话，扬声器，触觉设备，平视显示器，头盔安装显示器，驾驶舱显示器或向用户或操作员传送或传达信息的其他设备。根据

本文描述的任何实施例,用户可以经由用户界面504访问系统200,以查看关于和/或管理飞行器100的信息。

[0070] 然后,在S318中,可以基于所选择的任务计划502来操作飞行器100。

[0071] 在一个或多个实施例中,系统200可以持续地监视可以在飞行器100的操作期间改变任务计划的数据(例如,目标230和条件数据232中的至少一个可以被更新和/或改变)。在S320中,确定目标230和条件数据232中的至少一个是否存在任何改变。如果在S320中确定没有改变,则处理300返回到S318,并且根据所选择的任务计划502继续飞行器的操作。

[0072] 如果在S320中确定存在至少一个改变,则处理300进行到S310,并且接收至少一个改变的目标230和条件数据232作为对任务指导模块228的输入。在一个或多个实施例中,在飞行器100的操作期间,来自子系统的新的/更新的信息可以由IPPTMS 211接收,然后由任务指导模块228接收。当新数据变得可用时,任务指导模块228可以呈现新选项。例如,可以更新天气状况数据232以指示现在一场暴风雨即将来临,并且任务指导模块228然后可以呈现绕风暴飞行的选项。作为另一个例子,当检测到敌对威胁并且之前不存在敌对威胁时,可以更新威胁列表数据;然后,任务指导模块228可以提供与生存性相关的至少一个或多个任务计划。发明人注意到,虽然关于飞行器的操作存在大量可能的情况,但是实施例为给定的段和给定的目标提供了最佳方案。

[0073] 发明人注意到,在一个或多个实施例中,任务指导模块228可以位于飞行器100上,和/或在一个或多个实施例中任务指导模块228可以位于机外(即,离开飞机)。在一个或多个实施例中,机外任务指导模块228可以由地面飞行员使用或用于任务前计划。利用任务前计划,任务指导模块228可以能够产生更多的选项,机外比机载具有更多的变量,因为可以在地面上获得增加的计算能力。在一个或多个实施例中,可以将在地面上生成的选项的子集发送到飞行器100,以供飞行员/任务计算机选择。在一个或多个实施例中,机外选项可以由机载任务指导模块228接收。在一个或多个实施例中,随着任务的进行,机载任务指导模块228可以部分地基于机外选项和改变数据而动态地生成选项。在一个或多个实施例中,机载任务指导模块228可以向机外发送信息。例如,如果机外任务指导器正在现场操作(例如,在当前飞行器和环境条件下),则可能需要从飞行器获得该信息。作为另一个例子,可能希望向机外发送数据,以便地面操作可以知道飞行器正在做什么并且可能影响与其他飞行器的协调。机外系统的好处可能是重量较轻的飞行器,而没有过度设计的系统,并且可以访问更多的计算资源。机载系统的好处可能是系统不需要依赖通信来确定动作以及增加的安全性,这可以避免拦截机载系统正在执行的内容。

[0074] 转到图6A-7和9,提供了根据一些实施例的操作示例的系统600(图6A和6B)和流程图700(图7)。

[0075] 如图6A和6B所示,并且如上所述,飞行器100可以包括系统600,系统600包括一个或多个动力和热管理系统(PTMS) 202。发明人注意到,图2A和2B中所示的系统200的许多元件也分别包括在图6A和6B中所示的系统600中。在系统200和600中相同的元件具有相同的附图标记。

[0076] 在一个或多个实施例中,系统600还可以包括任务执行模块628。任务执行模块628可以与IPPTMS 211和武器系统226通信,并且可以生成任务计划902(图9)以由系统600自动执行,如下面进一步描述的。

[0077] 在实施例中,任务执行模块628可以位于IPPTMS 211的内部或IPPTMS 211的外部。如图6A所示,任务执行模块628在IPPTMS 211外部并且位于系统协调控制器213中。在一个或多个实施例中,任务执行模块628可以通过分别查询IPPTMS 211和武器系统226中的至少一个、以及不断地从IPPTMS 211和武器系统226接收更新,从IPPTMS 211(经由IPPTMS监管控制器215)和武器系统226中的至少一个接收信息。任务执行模块628可以包括一个或多个处理元件201。处理器201可以例如是传统的微处理器,并且可以操作以控制任务执行模块628的整体功能。

[0078] 在实施例中,任务执行模块628可以接收要求和相关任务信息。利用IPPTMS 211的详细知识,任务执行模块628可以生成任务计划902,任务计划902由IPPTMS监管控制器215自动接收,并且经由操纵子系统被IPPTMS 211执行,以控制飞行器100的一个或多个操作。在一些实施例中,由IPPTMS 211,飞行器100和其他系统接收的信号可以引起飞行器100的一个或多个物理元件的状态或条件或另一属性的修改。这样,任务执行模块628的输出可以是到IPPTMS 211的子系统/部件的参考输入,用于其操作和飞行器状态的参考配置文件。这些子系统/部件输入可以包括例如排放流动命令(例如,从哪个压缩机级提取排放流动,以及提取多少排放流动),电气系统负载命令(例如,或多或少的功率),冷却负载命令(例如,或多或少的冷却)和阀位置命令(例如,打开或关闭,或位置打开)。

[0079] 以下是可以包括子系统的架构的非详尽示例,子系统的操作可以以生成的任务计划902的形式通过任务执行模块628的输出来修改。以下示例可以描述包含多个部件的子系统。

[0080] 作为第一个非详尽的示例,飞行器100可以是具有双线轴(低压(LP)线轴和高压(HP)线轴)电力提取发动机的电气化飞行器(MEA),其中环境控制系统(ECS)和防冰是电动驱动,而不是引气驱动。该第一示例可以描述发动机架构,其中双线轴是发动机的一部分,但是与可能仅具有HP线轴的传统发动机相比,连接到两个发电机。在该第一示例中,任务计划902可以使IPPTMS监管控制器215改变从LP线轴汲取的动力与从HP线轴汲取的动力的比例。

[0081] 作为第二非穷举示例,发动机架构可包括与动力齿轮箱,冷却的冷空气,回收和中间冷却中的至少一个集成的发动机102,其中动力齿轮箱,冷却的冷空气,回收和中间冷却中的每一个是包括至少一个散热器作为其部件的一部分的子系统。动力齿轮箱是用于将机械动力从压缩机线轴传递到风扇的子系统。动力齿轮箱可以产生热量,并且通常使用油来去除热量。油通常可以连接到散热器。冷却的冷空气是可以将热量从涡轮冷却流传递到指定的散热器的子系统,从而允许涡轮冷空气比在其他情况下更冷。回收是一种热力学子系统,其从废气中捕获废热,并在燃烧处理之前将其转移到燃料和/或空气中。在这种情况下,燃料和/或空气可以被认为散热器。中间冷却是一种可以从压缩机工作流体中去除热量、从而提高系统的热力学性能的子系统。那些热量可以移除至某处,最有可能是旁路流,但如果可能的话是燃料。无论移除至何处,都可能是与中间冷却相关的散热器。在该第二示例中,任务计划902可以使IPPTMS监管控制器215改变哪个散热器用于接收已经从这五个非穷举示例中列出的任何设备排出/排放的热量。多个散热器不仅可以用于整个发动机,还可以用于整个飞行器。散热器的一些示例包括风扇旁路空气,第三蒸汽空气和燃料(包括高温稳定燃料)。可以使用其他合适的散热器。

[0082] 作为第三非穷举示例,发动机架构可以包括可以是混合引气/MEA的发动机,其可以包括比没有混合引气/MEA的情况下更小的高压和低压发电机,以及引气发动机的一些功能。在该第三示例中,任务计划902可以使IPPTMS监管控制器215改变引气,高压发电机和/或低压发电机的使用以执行各种功能,包括但不限于ECS,防冰和其他系统的热管理。

[0083] 作为第四非穷举示例,飞行器100可以包括一个或多个机载ECS包,其中ECS是子系统。目前,根据联邦航空管理局 (FAA) 的规定,商用飞行器需要包括两个或更多个机载ECS包。可以调整每个ECS包的尺寸,使得如果一个ECS包不能操作,则另一个ECS包可以操作整个飞行器100。应注意,可操作的ECS包可以以低于正常的容量操作飞行器100,但是在联邦航空管理局 (FAA) 给出的允许的紧急框架内。在该第四示例中,任务计划902可以使IPPTMS监管控制器215改变ECS包的使用以实现期望的最佳结果,同时满足所需的ECS功能。作为非穷举示例,如果通过容错元件604检测到其中一个ECS包的故障,如下面进一步描述的,则任务执行模块628可以修改任务计划902,然后可以由IPPTMS监管控制器接收该任务计划902,如上所述,以修改的容量使用一个ECS包。进一步注意到,在实例中,可以使用单个ECS包,或者可以使用多于两个的ECS包(例如,如果使用小于典型的两个ECS包的三个ECS包,则可以存在计划,由此如果三个ECS包中的一个发生故障,其余两个可能能够完成任务)。

[0084] 作为第五非穷举示例,任务执行模块628可以与启用传感器套件(未示出)的预测健康管理 (PHM) 一起操作。在一个或多个实施例中,PHM可以预测或估计可能发生子系统性能异常,并且通知容错模块 (604),其可以对该预测进行动作,使得任务执行模块628可以接收检测到的异常以修改任务计划,这可以使IPPTMS监管控制器215重新配置子系统命令并且进行控制以启用关键系统功能。注意,PHM可以被添加到发动机,并且可以是任何架构可用的软件,以预测部件的健康状况。

[0085] 系统600还可以包括数字孪生 (digital twin) 602。工业装置和/或机械操作实体(例如,飞行器)的“数字孪生”状态估计建模可以使用传感器,通信,建模,历史和计算来估计孪生物理系统的最佳操作条件,剩余使用寿命,诸如热能存储状态或其他度量的操作性。它可以在有用的时间帧内提供答案,即,在发生预测的故障事件或次优操作之前是有意义的。操作可以由孪生物理系统的“数字孪生”提供。数字孪生602可以是虚拟地表示系统状态的计算机模型。数字孪生602可以包括提供测量值的、具有其物理孪生体的参数和尺寸的参数和尺寸的代码对象,并且通过经由嵌入在物理孪生体中的传感器的输出接收和更新值来保持那些参数和尺寸的值是当前的。数字孪生可具有各自的虚拟部件,其对应于飞行器的基本上所有物理和操作部件以及包括操作的产品或资产的组合。

[0086] 如本文所使用的,对“数字孪生”的引用应当被理解为表示可以根据本公开的教导执行的多种不同类型的建模的一个示例。

[0087] 根据一些实施例,任务执行模块628可以访问数据存储203和IPPTMS 211,然后利用数字孪生602来创建预测和/或结果(例如,预测的冷却负载命令),可以被任务执行模块628使用该预测和/或结果,以生成或修改任务计划902。执行原始或修改的任务计划902可以调整系统600和子系统的操作。例如,在一个或多个实施例中,任务执行模块628可以模拟(例如,经由数字孪生602)具有特定目标的一组散热器温度。注意,数字孪生602可以使系统600能够通过个性化系统或子系统的模型602来改善系统使用的益处。作为非穷举的示例,数字孪生602可以包括机器学习部件(例如,神经网络),以通过接收来自飞行器的操作

的数据输出来学习系统600正在其上操作的特定飞行器的热传递特性的性能,然后可以将其用作输入,以进行预测并调整任务计划902。注意,输出的“学习”数据可以由数字孪生602在执行任务计划期间接收或者从先前任务计划的执行中接收。还应注意,数字孪生602可用于估计不可测量的系统状态,例如特定流,并且可估计系统,子系统或部件退化。估计可以用于生成任务计划902(原始的或修改的)以便以更好地满足目标的方式操作飞行器。

[0088] 系统600还可以包括容错元件604。在一个或多个实施例中,容错元件604可以利用IPPTMS 211的至少一个子系统来检测一个或多个故障。然后,容错元件604可以更新数字孪生604和IPPTMS监管控制器215中的至少一个(例如,经由修改的任务计划)。更新可以导致子系统命令的调整以实现关键系统功能,而对飞行器执行任务计划902的能力的影响最小。例如,数字孪生602可以使用更新的数据来预测对受故障影响的不同子系统的影响,从而可以对那些子系统进行调整。在一个或多个实施例中,容错元件604可以向任务执行模块628提供关于系统和/或子系统的剩余功能(例如,在经历故障之后可用的功能)的信息,使得任务执行模块628可以生成可行的任务计划。

[0089] 转到图7,提供了操作示例的流程图700。

[0090] 最初在处理700的S710处,接收数据。在一个或多个实施例中,任务执行模块628可以接收用于飞行器任务的一个或多个任务目标230,与飞行器100相关联的条件数据232和飞行器任务数据400,如上面参考图4所述的。在一个或多个实施例中,可以经由任务计算机234从飞行员和/或系统管理员或任何其他合适的源接收任务目标230和飞行器任务数据400。在一个或多个实施例中,任务目标230可以包括减少燃料消耗,增加飞行范围,以及使用大功率系统的散热片可用性。

[0091] 在一个或多个实施例中,飞行器任务数据400可包括距离,高度,参与计划和飞行器速度目标。在一个或多个实施例中,与任务指导模块228类似,任务执行模块628可以生成针对飞行计划的每个段402定制的任务计划902。

[0092] 在S712中,生成任务计划902。在一个或多个实施例中,任务计划902由任务执行模块628生成,以解决一个或多个任务目标中的至少一个。如上面关于任务指导模块628所描述的,目标可以是经由操纵IPPTMS 211来优化一个或多个任务目标230中的至少一个,或者目标可以是平衡一个或多个目标,而不优化任何特定参数。在一个或多个实施例中,任务执行模块628可以基于存储在表格900(图9)中的一个或多个规则904来生成任务计划902。注意,如这里所使用的,术语“规则”可以应用于单个规则或一组两个或更多个规则。在一个或多个实施例中,表格900可以存储在数据存储器203中。规则904可以与任务执行模块628接收的输入(例如,任务目标230,条件数据232和飞行器任务数据400)相关。在一个或多个实施例中,一个或多个规则可以向任务执行模块628提供关于如何生成任务计划902的指令。在一个或多个实施例中,规则904可以由一个或多个软件应用开发者,管理员,飞行员,其他系统或任何其他合适方中的至少一个提供。例如,可以基于来自数字孪生的输入来修改规则。规则904可以在处理700之前在系统600中接收,或者可以在处理700期间被接收。

[0093] 在一个或多个实施例中,规则902可以具有层级,由此如果可以将多个规则应用于特定输入,则可以应用具有更高优先级的规则来生成任务计划902,或者如果特定条件存在,则特定的任务计划生成在另一个任务计划上。在一个或多个实施例中,可以基于所确定的分析粒度水平来应用不同的规则。例如,目标可以包括确定的分析水平。作为非穷举的示

例,某些目标可以使用一定量的计算资源,并且目标可以包括分析水平,由此由于高计算考虑,可以应用次优规则来更快速地生成任务计划。在一个或多个实施例中,任务执行模块628可以包括模型607和优化器609,其可以由任务执行模块628结合规则904来执行,以生成任务计划902。模型607可以代表每个子系统的操作,并且可以对子系统的性能进行编码。如以上示例中所述,对于给定条件,在给定发动机几何形状的情况下,发动机子系统102的模型可以包括产生推力的成本。任务执行模块628可以使用该发动机性能信息模型来生成优化的推力产生。

[0094] 作为非穷举示例,对任务执行模块628的输入可指示在未来何时飞行器100将需要不同量的热能,然后任务计划902可包括用于发动机控制器212的指令,以控制发动机102以最有效的方式在需要时产生该能。

[0095] 如上所述,发动机102可包括可变特征和多个发电机,其能够以多种方式产生电力和推力。这些特征可以被优化以满足推力和发电需求,同时以最节省燃料的方式遵守可操作性限制。如上面关于图2A/2B所述,实施例的益处在于,通过计划何时可以使用不同量的热能,并且考虑到突发事件,发动机可以经历较少的磨损。

[0096] 接下来在S714中,在IPPTMS控制系统215处接收任务计划902。然后,根据IPPTMS控制系统215由IPPTMS 211自动执行任务计划902。在一个或多个实施例中,任务计划902可以包括执行任务计划902的步骤,包括对IPPTMS 211的子系统的输入。这些输入可包括排放流动命令,电气系统负载命令,冷却负载命令,阀位置命令和其他系统设定点和配置。在一个或多个实施例中,任务计划902可以估计不可测量的系统状态,例如特定流,并且可以估计系统、子系统和/或部件退化。

[0097] 然后,在S716中,可以基于任务计划902来操作飞行器100。

[0098] 如上文关于图2A/2B的系统200所描述的,图6A/6B的系统600可以在飞行器100的操作期间持续监视可以改变任务计划的数据(例如,目标230和条件数据232中的至少一个可以被更新和/或改变)。在S718中,确定对目标230和条件数据232中的至少一个是否存在任何改变。如果在S718中确定没有改变,则处理700返回到S716,并且根据执行的任务计划902继续飞行器的操作。

[0099] 如果在S718中确定存在至少一个改变,则处理700进行到S710,并且接收至少一个改变的目标230和条件数据232作为对任务执行模块628的输入。

[0100] 在一个或多个实施例中,在飞行器100的操作期间,来自子系统的新的/更新的信息可以由IPPTMS 211接收,然后由任务执行模块628接收。当新数据变得可用时,任务执行模块628可以生成新任务计划902。例如,可以更新天气状况数据232以指示现在一场暴风雨即将来临,并且任务执行模块628然后可以修改原始任务计划并执行新的任务计划以绕风暴飞行。作为另一个例子,当检测到敌对威胁并且之前不存在敌对威胁时,可以更新威胁列表数据;然后,任务执行模块628可以生成与生存性相关的任务计划902,其中例如,涉及敌对威胁和生存性的规则可以具有比节省燃料更高的优先级。

[0101] 发明人注意到,与任务指导模块228一样,在一个或多个实施例中,任务执行模块628可以位于飞行器100上,和/或任务执行模块628可以位于机外(即,飞机外)。在一个或多个实施例中,机载任务执行模块628可以向机外发送信息。例如,可能希望在机外发送数据,以便地面操作可以知道飞行器正在做什么并且可能影响与其他飞行器的协调。在一个或多

个实施例中,当任务执行功能可由主/协调飞行器提供时,可在多飞行器计划的情况下使用机外任务执行模块628。

[0102] 注意,可以使用任何数量的不同硬件配置来实现这里描述的实施例。例如,图8示出了任务平台800,其可以例如与图2的系统200和图6的系统相关联。任务平台800包括任务处理器810(“处理器”),例如以单芯片微处理器形式的一个或多个商用中央处理单元(CPU),其耦接到被配置为经由通信网络(图8中未示出)通信的通信设备820。通信设备820可以用于例如与一个或多个用户通信。任务平台800还包括输入设备840(例如,用于输入信息的鼠标和/或键盘,按钮,触摸屏)和输出设备850(例如,输出和显示执行的任务和/或任务选项)。

[0103] 处理器810还与存储器/存储设备830通信。存储设备830可以包括任何适当的信息存储设备,包括磁存储设备(例如,硬盘驱动器),光存储设备,移动电话和/或半导体存储设备的组合。存储设备830可以存储用于控制处理器810的程序812和/或任务处理逻辑814。处理器810执行程序812,814的指令,从而根据本文描述的任何实施例进行操作。例如,处理器810可以接收数据,然后可以应用程序812,814的指令来确定至少一个任务计划。

[0104] 程序812,814可以以压缩、未编译和/或加密的格式存储。程序812,814还可以包括其他程序元件,例如操作系统,数据库管理系统和/或由处理器810用来与外围设备接口的设备驱动程序。

[0105] 如本文所使用的,信息可以由例如:(i)来自另一设备的平台800;或者(ii)来自另一软件应用,模块或任何其他源的平台800内的软件应用或模块“接收”或“发生”至其。

[0106] 如本领域技术人员将理解的,本发明的各方面可以体现为系统,方法或计算机程序产品。因此,本发明的各方面可以采取完全硬件实施例,完全软件实施例(包括固件,常驻软件,微代码等)的形式或者组合软件和硬件方面的实施例的形式,这些实施例通常可以在文中被全部称为“电路”,“模块”或“系统”。此外,本发明的各方面可以采取体现在一个或多个计算机可读介质中的计算机程序产品的形式,该计算机可读介质具有包体现在其上的计算机可读程序代码。

[0107] 附图中的流程图和框图示出了根据本发明的各种实施例的系统,方法和计算机程序产品的可能实现的架构,功能和操作。在这方面,流程图或框图中的每个框可以表示代码的模块,段或部分,其包括用于实现指定的逻辑功能的一个或多个可执行指令。还应注意,在一些替代实施方式中,框中提到的功能可以不按图中所示的顺序发生。例如,连续示出的两个框实际上可以基本上同时执行,或者这些框有时可以以相反的顺序执行,这取决于所涉及的功能。还应注意,框图和/或流程图说明的每个框以及框图和/或流程图说明中的框的组合可以由执行特定功能或动作的基于专用硬件的系统或专用硬件和计算机指令的组合来实现。

[0108] 应当注意,本文描述的任何方法可以包括提供包括体现在计算机可读存储介质上的不同软件模块的系统的附加步骤;模块可以包括例如框图中描绘的和/或本文描述的任何或所有元件。然后,可以使用系统的不同软件模块和/或子模块来执行方法步骤,如上所述,在一个或多个硬件处理器810(图8)上执行。此外,计算机程序产品可以包括计算机可读存储介质,该计算机可读存储介质具有适于实现以执行本文描述的一个或多个方法步骤的代码,包括提供具有不同软件模块的系统。

[0109] 本书面描述使用示例来公开本发明,包括优选实施例,并且还使本领域技术人员能够实践本发明,包括制造和使用任何装置或系统以及执行任何结合的方法。本发明的可专利范围由权利要求限定,并且可包括本领域技术人员想到的其他示例。如果这些其他示例具有与权利要求的字面语言没有不同的结构元件,或者如果它们包括与权利要求的字面语言无实质差别的等效结构元件,则这些其他示例意图落入权利要求的范围内。来自所描述的各种实施例的方面以及每个这样的方面的其他已知等同物可以由本领域普通技术人员混合和匹配,以构建根据本申请的原理的另外的实施例和技术。

[0110] 本领域技术人员将理解,在不脱离权利要求的范围和精神的情况下,可以配置上述实施例的各种改编和修改。例如,本文描述的系统和方法可以用在其他旅行/任务指导应用中并且自动执行例如具有任何混合动力/电动,电动和/或自动车辆(例如,卡车,汽车,机车,直升机,无人机等)的旅行/任务应用,也可用于其他民用环境。因此,应该理解,权利要求可以不同于本文具体描述的方式实施。

[0111] 本发明的进一步方面通过以下条项的主题提供:

[0112] 1. 一种方法,包括:在任务执行模块处接收飞行器任务的一个或多个任务目标以及条件数据;经由所述任务执行模块生成任务计划,所述任务计划能够执行以经由操纵动力热管理系统 (PTMS) 来解决所述一个或多个任务目标中的至少一个任务目标;在所述PTMS处,直接从所述任务执行模块接收生成的所述任务计划;和自动执行所生成的所述任务计划以操作飞行器。

[0113] 2. 根据任何在前条项的方法,进一步包括:确定以下中的至少一个的改变:一个或多个任务目标和所述条件数据;基于所述一个或多个任务目标和所述条件数据中的至少一个的所述改变,经由所述任务执行模块,生成附加任务计划;和执行所生成的所述附加任务计划以操作所述飞行器。

[0114] 3. 根据任何在前条项的方法,其中所生成的所述任务计划是基于由数字孪生模型提供的数据。

[0115] 4. 根据任何在前条项的方法,进一步包括:利用所述PTMS的一个或多个子系统来检测故障数据,并且利用检测到的所述故障数据来更新所述数字孪生。

[0116] 5. 根据任何在前条项的方法,其中接收条件数据进一步包括以下中的至少一个:接收或确定天气信息;接收发动机状态;接收推进系统状态;接收飞行表面状态;和接收动力热管理状态。

[0117] 6. 根据任何在前条项的方法,其中所述发动机状态包括至少一个发动机的温度、燃料流量、速度和效率中的至少一个,所述推进系统状态包括燃料温度、电动机和涡轮之间的动力分配、指示燃料水平的燃料表,所述飞行表面状态包括飞行表面损坏/效能,所述动力热管理状态包括散热器温度、燃料流速和温度、冷却剂流速和温度、以及热能存储状态和温度中的至少一个。

[0118] 7. 根据任何在前条项的方法,其中估计所述天气信息、发动机状态、推进系统状态、飞行表面状态、和动力热管理状态中的至少一个。

[0119] 8. 根据任何在前条项的方法,其中所述一个或多个任务目标是以下中的至少一个:减少燃料消耗,增加飞行范围,增加大功率系统使用的电气和散热片容量。

[0120] 9. 根据任何在前条项的方法,其中所述任务计划的执行进一步包括:经由操作输

入修改所述PTMS的至少一个子系统的所述操作。

[0121] 10. 一种系统,包括:任务执行模块,所述任务执行模块接收飞行器任务的一个或多个任务目标、以及条件数据;存储器,所述存储器用于存储程序指令;任务处理器,所述任务处理器耦接到所述存储器,并且与所述任务执行模块通信且能够操作以执行程序指令,从而:生成任务计划,所述任务计划能够执行以经由操纵动力热管理系统 (PTMS) 来解决所述一个或多个任务目标中的至少一个任务目标;在所述PTMS处,直接从所述任务执行模块接收生成的所述任务计划;和自动执行所生成的所述任务计划以操作所述飞行器。

[0122] 11. 根据任何在前条项的系统,其中所述任务处理器进一步包括程序指令,以:确定以下中的至少一个的改变:一个或多个任务目标和所述条件数据;基于所述一个或多个任务目标和所述条件数据中的至少一个的所述改变,经由所述任务执行模块,生成附加任务计划;和自动执行所生成的所述附加任务计划以操作所述飞行器。

[0123] 12. 根据任何在前条项的系统,其中所生成的所述任务计划是基于由数字孪生模型提供的数据。

[0124] 13. 根据任何在前条项的系统,进一步包括:容错元件,所述容错元件能够操作以检测故障数据,并且利用检测到的所述故障数据来更新所述数字孪生。

[0125] 14. 根据任何在前条项的系统,其中所述任务计划的执行进一步包括程序指令,以:经由操作输入修改所述PTMS的至少一个子系统的所述操作。

[0126] 15. 根据任何在前条项的系统,其中所述一个或多个任务目标是以下中的至少一个:减少燃料消耗,增加飞行范围,增加大功率系统使用的电气和散热片容量。

[0127] 16. 一种存储指令的非暂时性计算机可读介质,所述指令在由计算机处理器执行时,使所述计算机处理器执行包括以下步骤的方法:在任务执行模块处接收飞行器任务的一个或多个任务目标;经由所述任务执行模块生成任务计划,所述任务计划能够执行以经由操纵动力热管理系统 (PTMS) 来解决所述一个或多个任务目标中的至少一个任务目标;在所述PTMS处,直接从所述任务执行模块接收生成的所述任务计划;和自动执行所生成的所述任务计划以操作飞行器。

[0128] 17. 根据任何在前条项的介质,进一步包括使所述计算机处理器执行包括以下步骤的方法的指令:确定以下中的至少一个的改变:一个或多个任务目标和所述条件数据;基于所述一个或多个任务目标和所述条件数据中的至少一个的所述改变来生成附加任务计划;和自动执行所生成的所述附加任务计划以操作所述飞行器。

[0129] 18. 根据任何在前条项的介质,其中所生成的所述任务计划是基于由数字孪生模型提供的数据。

[0130] 19. 根据任何在前条项的介质,进一步包括使所述计算机处理器执行包括以下步骤的方法的指令:检测故障数据;和利用检测到的所述故障数据来更新所述数字孪生。

[0131] 20. 根据任何在前条项的介质,进一步包括使所述计算机处理器执行包括以下步骤的方法的指令:经由操作输入修改所述PTMS的至少一个子系统的所述操作。

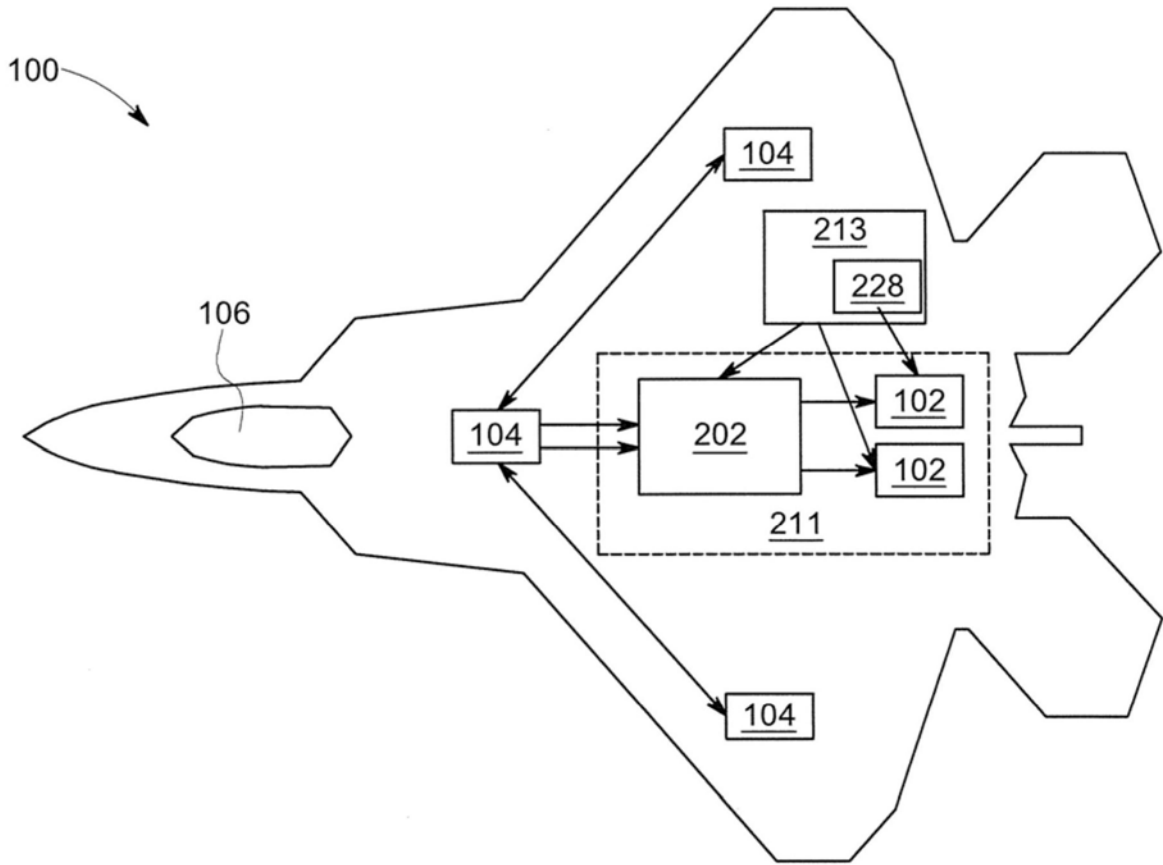


图1

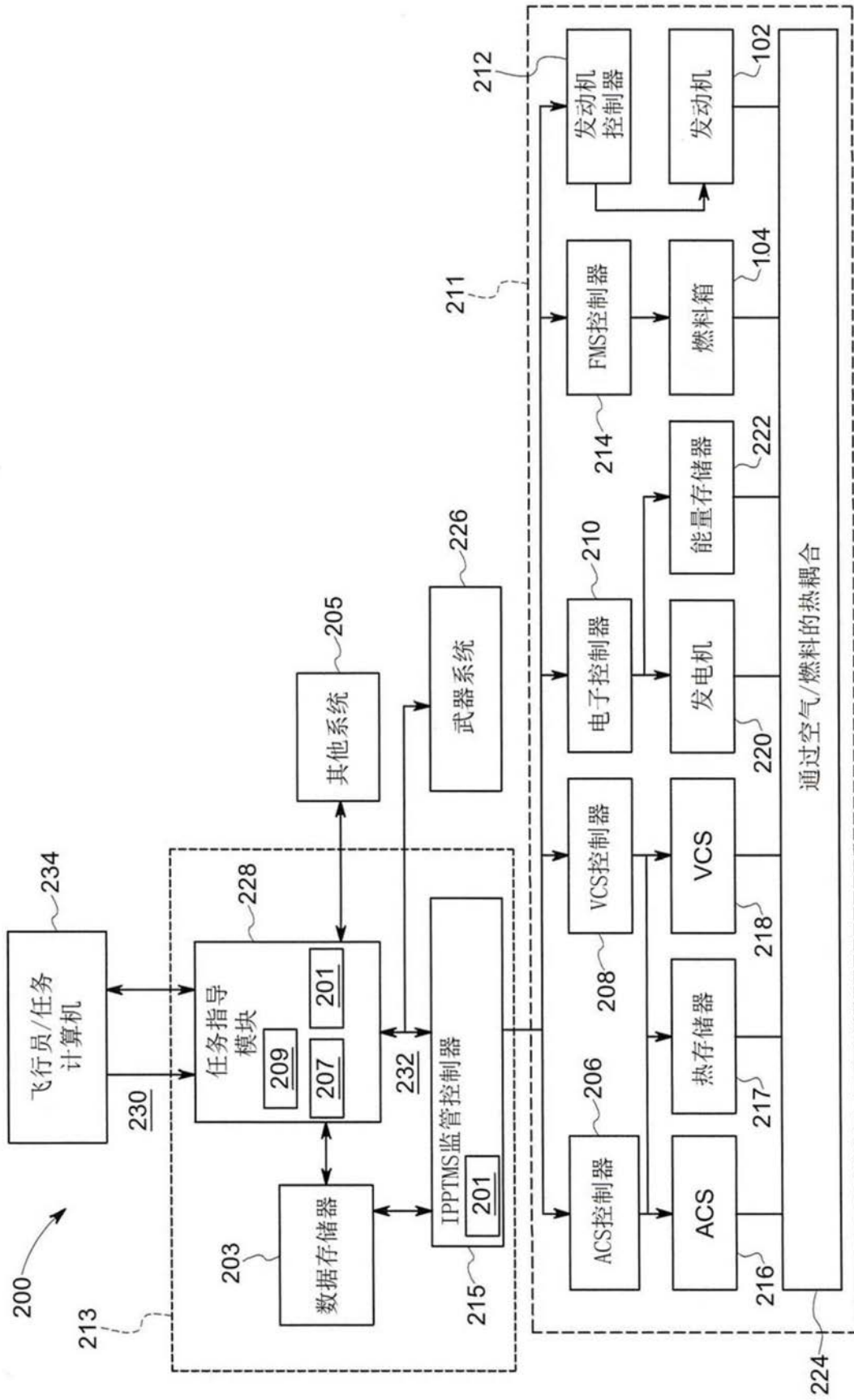


图2A

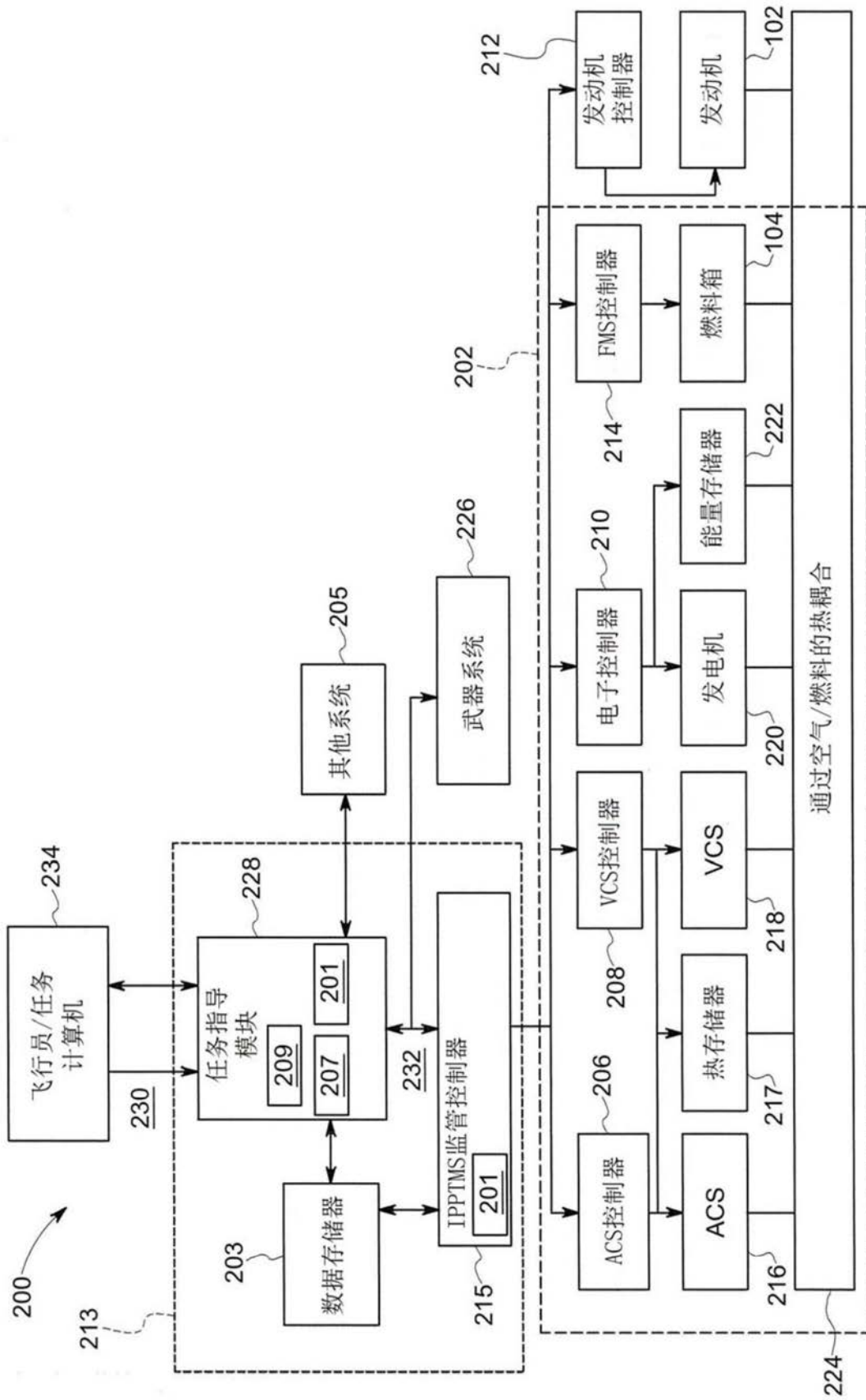


图2B

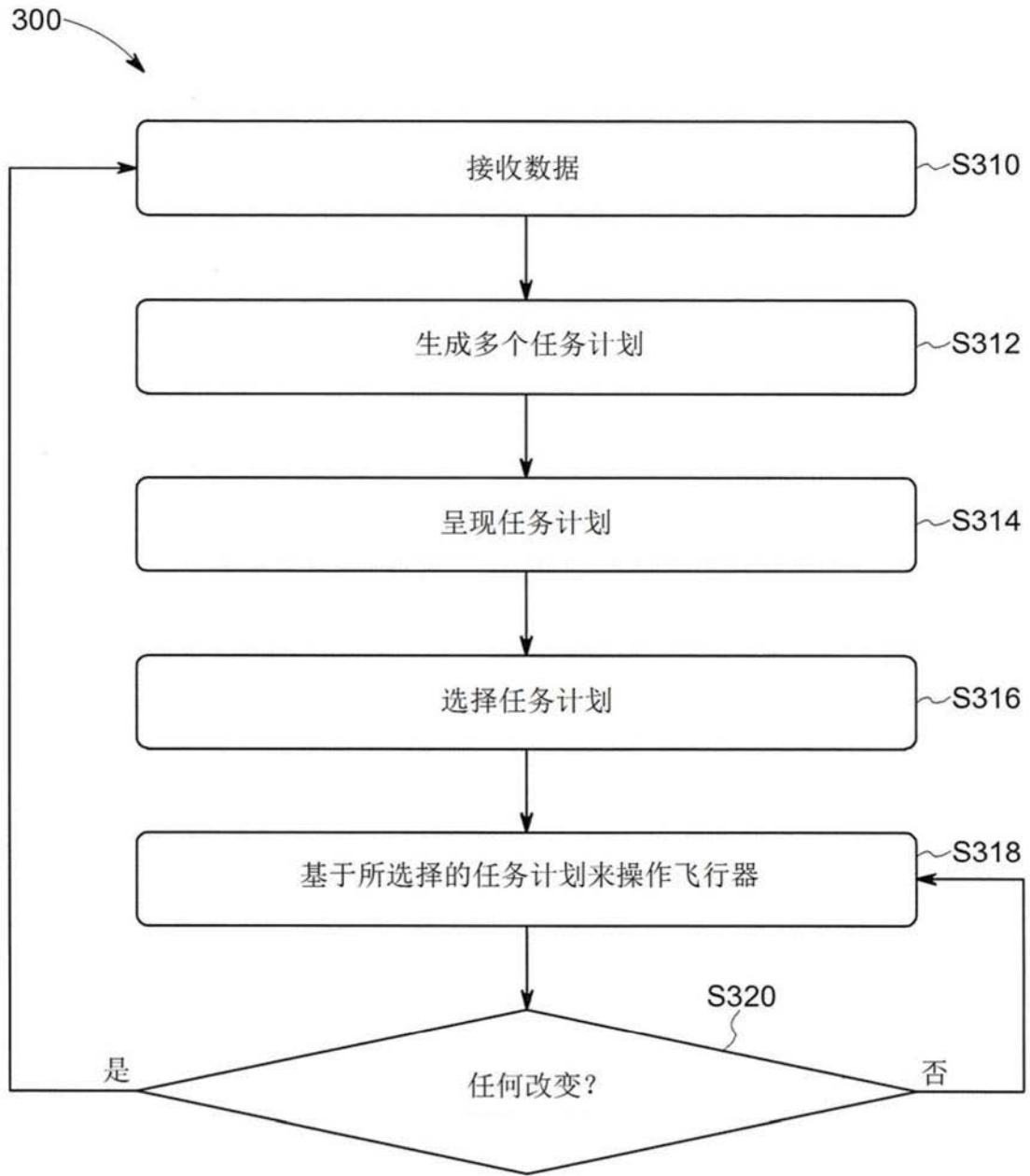


图3

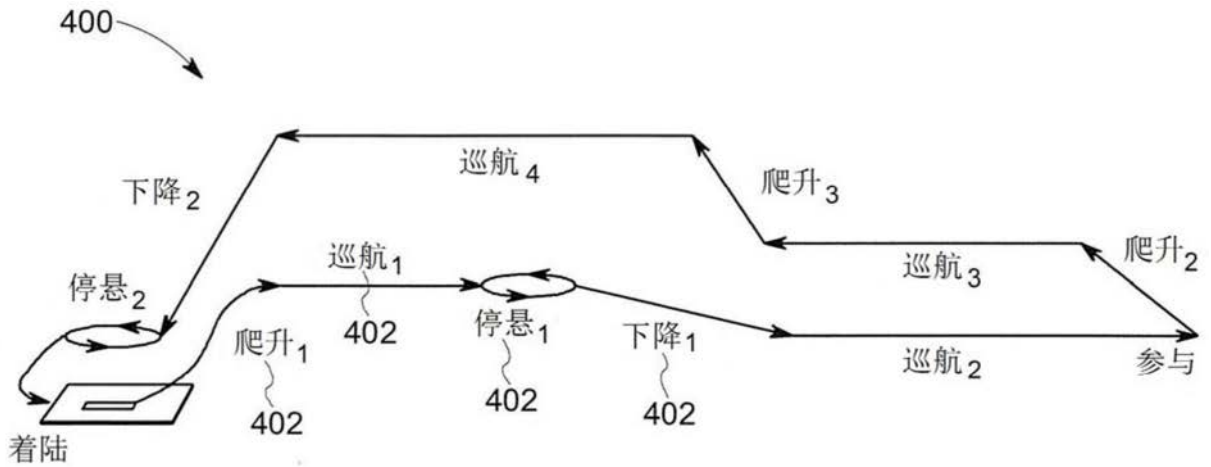


图4

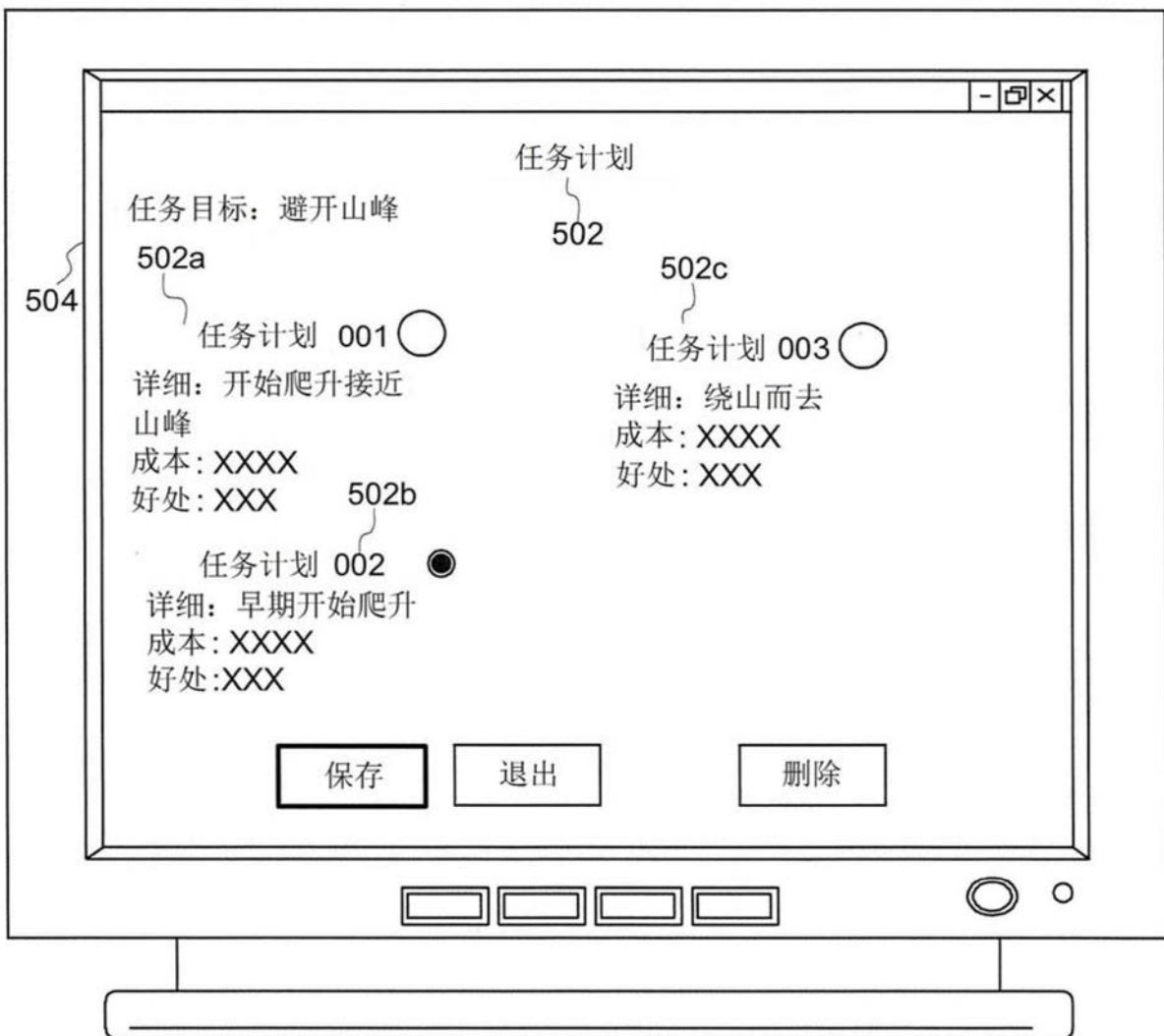


图5

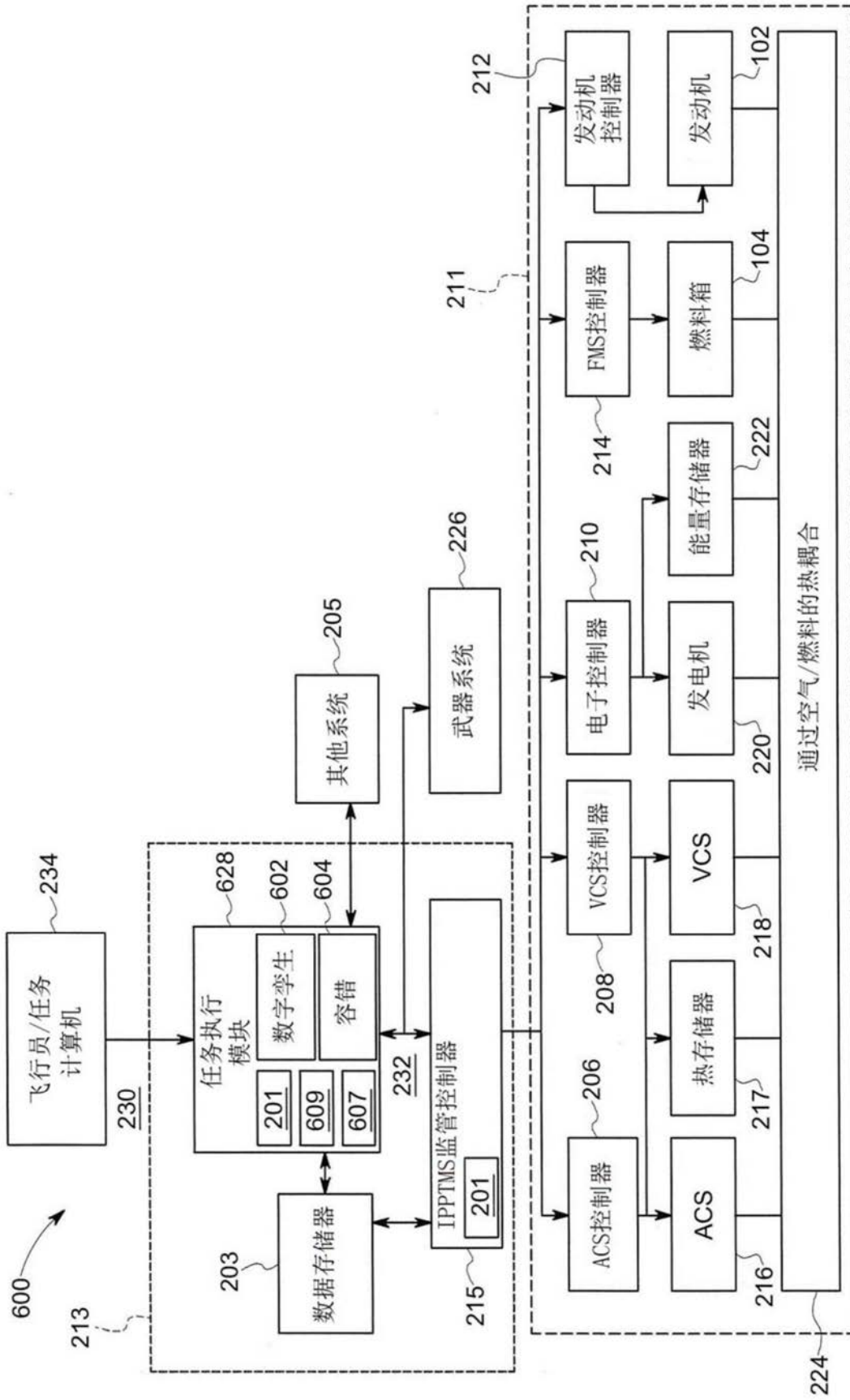


图6A

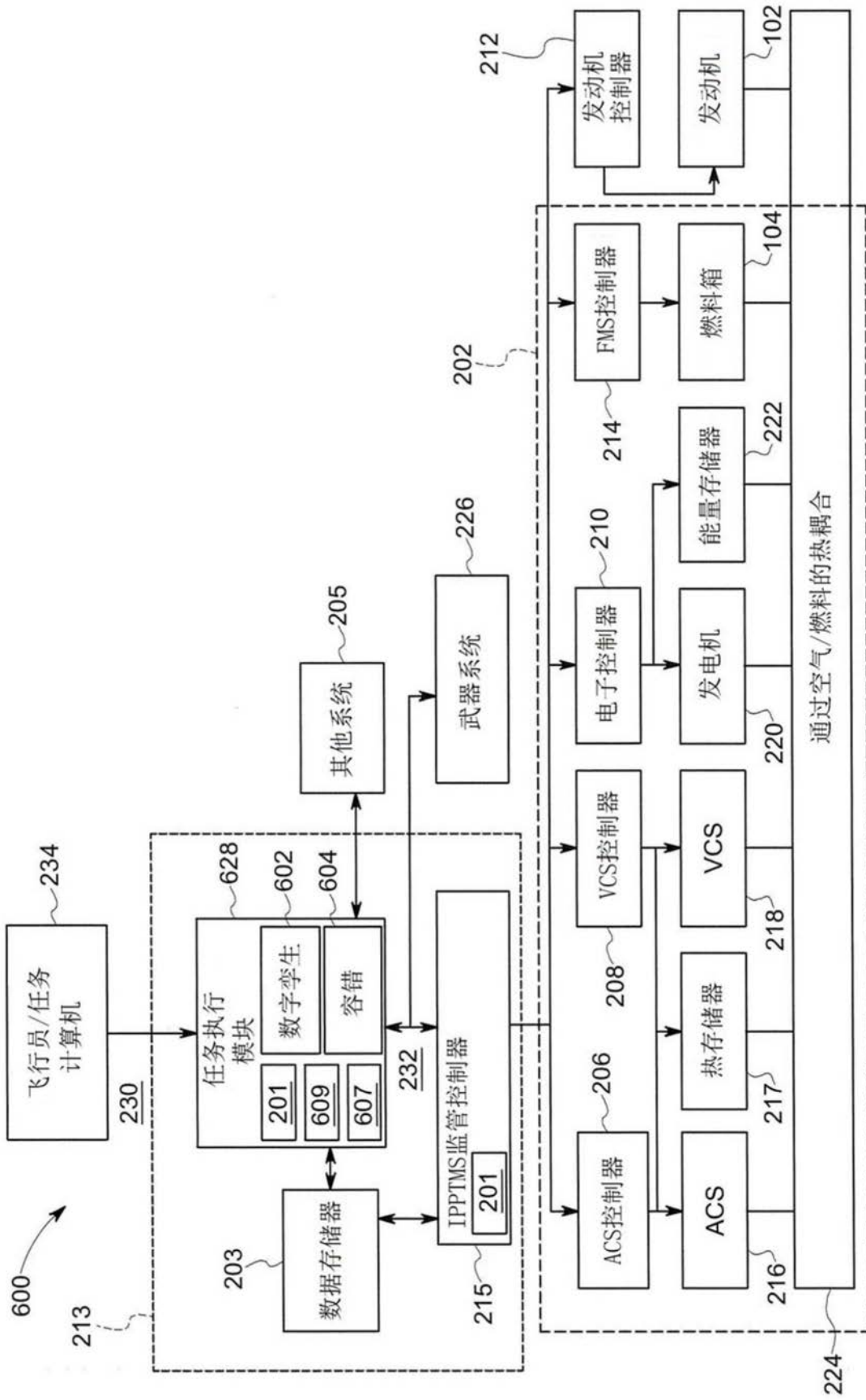


图6B

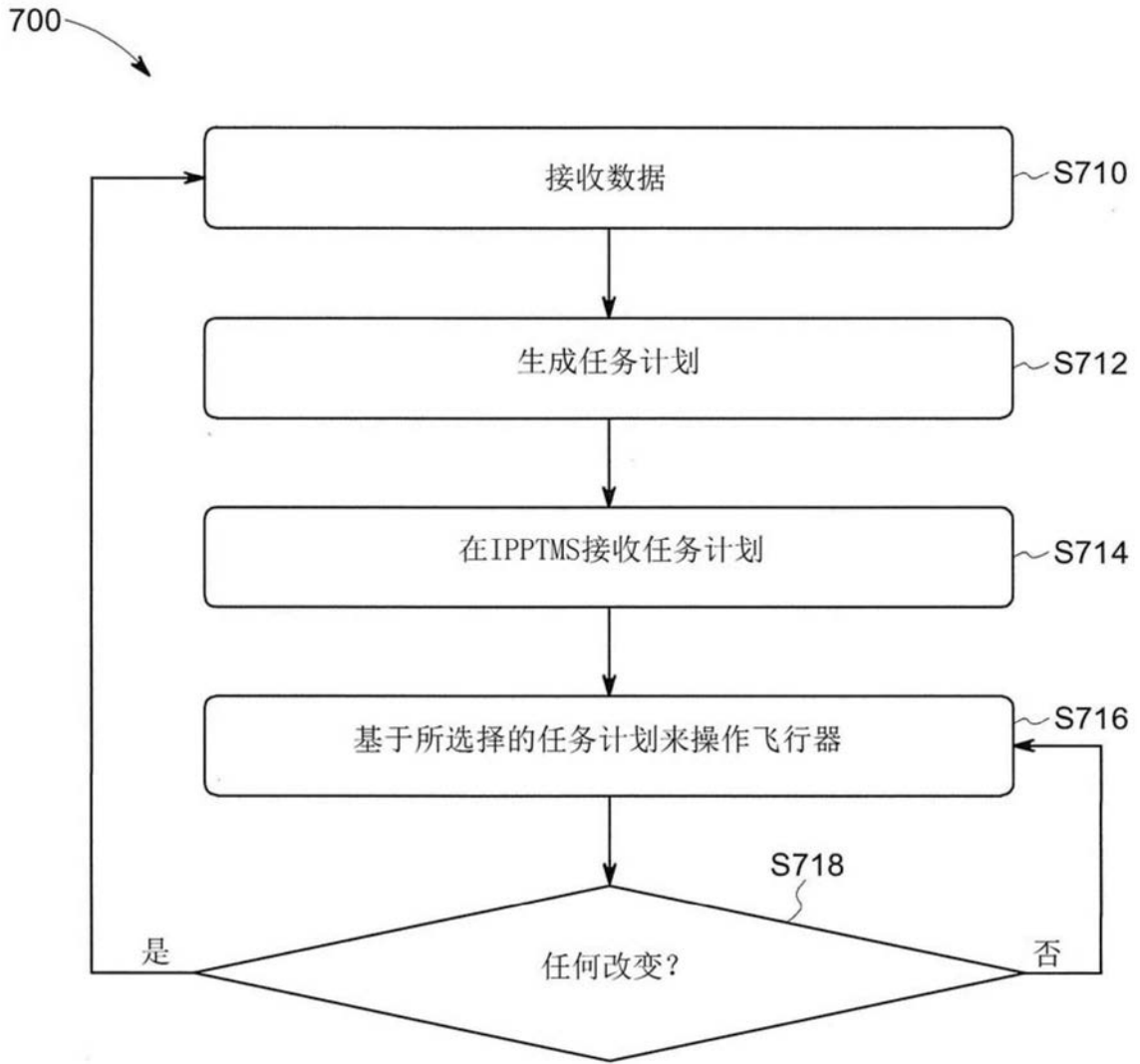


图7

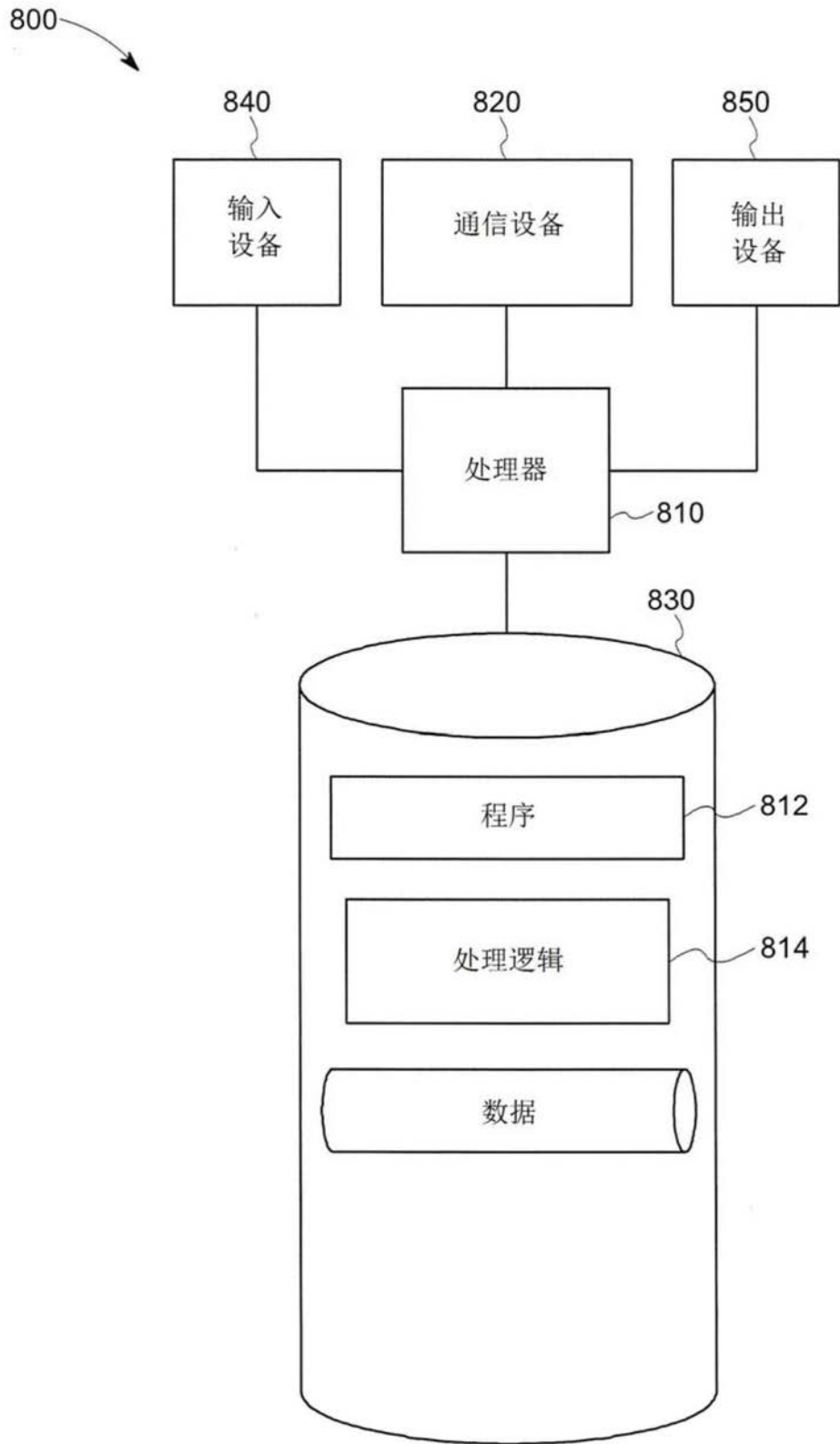


图8



900

输入	规则-904	任务计划-902
进入恶劣领地	最大化生存性	准备参与
目标是减少燃料； 正常天气条件	最小化燃料消耗	加热用于X的第一散热器 和用于Y的第二散热器
使用ECS-1进行故障检测	使任务完成	关闭ECS-1；在任 务B操作ECS-2

图9