



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106939835 B

(45) 授权公告日 2021.01.05

(21) 申请号 201710003593.0

(22) 申请日 2017.01.04

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106939835 A

(43) 申请公布日 2017.07.11

(30) 优先权数据  
14/988,267 2016.01.05 US

(73) 专利权人 波音公司  
地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 S·G·麦金

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 王小东

(51) Int.Cl.

F02C 6/04 (2006.01)

F02C 7/36 (2006.01)

B64D 27/12 (2006.01)

F02K 3/06 (2006.01)

审查员 胡浩

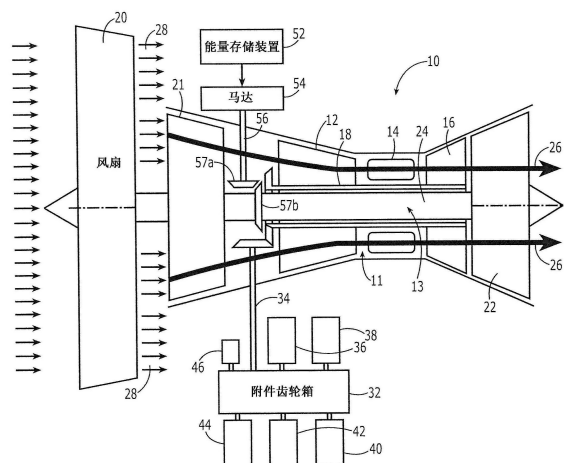
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

### (54) 发明名称

滑行操作过程中用低压轴驱动风扇的飞行器发动机和方法

### (57) 摘要

本发明涉及在滑行操作过程中用低压轴驱动风扇的飞行器发动机和方法。具体地,本发明提供了一种飞行器发动机、电动滑行系统和对应方法,以通过在滑行操作的过程中利用电动滑行系统驱动风扇组件来方便进行滑行,而无需操作核心燃气涡轮发动机。飞行器发动机包括核心燃气涡轮发动机,该核心燃气涡轮发动机包括压缩机、燃烧器和高压涡轮机。该飞行器发动机还包括联接至所述核心燃气涡轮发动机的风扇组件。该飞行器发动机进一步包括联接至所述风扇组件的电动滑行系统。该电动滑行系统包括能量存储装置和对由所述能量存储装置提供的能量作出响应的马达。所述马达联接至所述风扇组件并被构造成在滑行操作的过程中驱动所述风扇组件。



1. 一种飞行器发动机(10),该飞行器发动机包括:

核心燃气涡轮发动机(11),该核心燃气涡轮发动机包括压缩机(12)、燃烧器(14)和高压涡轮机(16);

联接至所述核心燃气涡轮发动机(11)的风扇组件(13);以及

联接至所述风扇组件(13)的电动滑行系统(50),该电动滑行系统(50)包括能量存储装置(52)和对由所述能量存储装置(52)提供的能量作出响应的马达(54),其中所述马达(54)联接至所述风扇组件(13)并且被构造成在滑行操作的过程中驱动所述风扇组件(13),其中,所述马达(54)还被构造成在所述滑行操作的过程中作为发电机来操作,使得当所述飞行器在滑行时所述风扇组件(13)的旋转对所述能量存储装置(52)进行二次充电。

2. 根据权利要求1所述的飞行器发动机(10),其中所述马达(54)包括由所述能量存储装置(52)供应动力并被构造成在所述滑行操作的过程中驱动所述风扇组件(13)的可变频率起动器发电机。

3. 根据权利要求1所述的飞行器发动机(10),其中所述马达(54)包括被构造成在所述滑行操作的过程中驱动所述风扇组件(13)的气动马达。

4. 根据权利要求1所述的飞行器发动机(10),其中所述能量存储装置(52)被构造成从机载辅助动力单元(63)接收能量并且在位于地面上时从远程能量源接收能量。

5. 根据权利要求1所述的飞行器发动机(10),其中所述能量存储装置(52)包括飞轮能量存储装置(52)。

6. 根据权利要求1所述的飞行器发动机(10),其中所述风扇组件(13)包括风扇(20)和联接至所述风扇(20)的低压轴(22),并且其中所述马达(54)被构造成在所述滑行操作的过程中驱动所述低压轴(22),该低压轴(22)进而驱动所述风扇(20)。

7. 一种支持飞行器(60)的滑行操作的方法,其中所述飞行器(60)包括飞行器发动机(10),该飞行器发动机(10)包括核心燃气涡轮发动机(11)和风扇组件(13),其中所述方法包括:

在电动滑行系统(50)的能量存储装置(52)中存储能量;以及

在所述核心燃气涡轮发动机(11)被关闭时的所述滑行操作的过程中,通过从所述能量存储装置(52)向所述电动滑行系统(50)的马达(54)提供能量并利用所述马达(54)驱动所述风扇组件(13)而在所述滑行操作的过程中利用所述电动滑行系统(50)来驱动所述风扇组件(13);并且

在所述滑行操作的过程中,通过将所述马达(54)作为发电机来操作而使用当所述飞行器在滑行时所述风扇组件(13)的旋转来对所述能量存储装置(52)进行二次充电。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中所述风扇组件(13)包括风扇(20)和联接至该风扇(20)的低压轴(24),其中利用所述马达(54)驱动所述风扇组件(13)的步骤进一步包括:利用一个或多个齿轮(57)将马达驱动轴(56)联接至所述风扇组件(13)的所述低压轴(24)。

9. 根据权利要求7所述的方法,其中利用所述电动滑行系统(50)来驱动所述风扇组件(13)的步骤包括:在所述滑行操作的过程中利用用来在飞行的过程中驱动所述飞行器发动机(10)的一个或多个推力控制杆来控制所述风扇组件(13)。

10. 根据权利要求7所述的方法,其中在电动滑行系统(50)的能量存储装置(52)中存储能量的步骤包括:利用在着陆的过程中从所述风扇组件(13)的旋转得到的能量来给所述能

量存储装置(52)充电。

## 滑行操作过程中用低压轴驱动风扇的飞行器发动机和方法

### 技术领域

[0001] 示例实施方式一般来说涉及用于在滑行操作的过程中驱动风扇的技术,更具体地说,涉及一种用于在滑行操作的过程中利用低压轴驱动风扇的技术。

### 背景技术

[0002] 为了进行滑行,飞行器使其发动机怠速操作,偶尔增加发动机速度来开始运动或加速滑行。几乎所有发动机推力都由发动机风扇产生,发动机风扇由通过涡轮机运转的发动机核心排气驱动,涡轮机经由轴联接至风扇。然而,一些现代飞行器发动机的怠速导致风扇以非常高的速度旋转以致于飞行器至少对于一些滑行操作来说行进过快。因而,在发动机以怠速操作的同时,飞行员可能被迫以常规的方式应用制动器,以便在滑行操作的过程中适当地控制飞行器的速度。在滑行操作的过程中必须经常利用制动器来控制飞行器的速度,这增加了制动器磨损,并且导致在滑行操作的过程中消耗的燃料形成的生产性使用较差。

[0003] 另选地,飞行器可以包括与飞行器发动机分开的驱动系统,以便在滑行操作的过程中给飞行器提供原动力。在这方面,起落架可以包括单独的驱动系统,在滑行操作的过程中可以给该单独的驱动系统提供动力以便在滑行操作的过程中给飞行器提供原动力。然而,在滑行操作的过程中提供原动力的单独的驱动系统可能会增加飞行器的成本以及飞行器的重量和相应的燃料消耗。而且,专门用来在滑行操作的过程中给飞行器提供原动力的附加驱动系统包括飞行员必须操作以在滑行操作的过程中驱动飞行器的一组附加的控制件,由此增加了座舱的复杂性和飞行员的训练要求。

### 发明内容

[0004] 根据一个示例实施方式,提供了一种飞行器发动机、电动滑行系统和对应的方法,以便在滑行操作的过程中为飞行器提供原动力。通过利用该电动滑行系统,飞行员可以利用与飞行过程中采用的相同控制件来在滑行操作的过程中操作飞行器。另外,飞行器无需包括用于在滑行操作的过程中提供原动力的附加系统,由此避免了飞行器成本的任何增加,同时相应地避免了飞行器重量和燃料消耗的任何增加。本公开的示例实施方式的飞行器发动机、电动滑行系统和对应的方法被构造成利用由电动滑行系统的能量存储装置提供的能量来驱动飞行器发动机的风扇组件,从而使得飞行器的速度适合于进行滑行操作,由此允许在滑行操作的过程中将飞行器发动机的核心燃气涡轮发动机关闭,并且避免一定程度的制动器磨损和燃料消耗。

[0005] 在一个示例方式中,提供了一种飞行器发动机,该飞行器发动机包括核心燃气涡轮发动机,该核心燃气涡轮发动机包括压缩机、燃烧器和高压涡轮机。该飞行器发动机还包括联接至所述核心燃气涡轮发动机的风扇组件。该飞行器发动机进一步包括联接至所述风扇组件的电动滑行系统。该电动滑行系统包括能量存储装置诸如飞轮能量存储装置和对由所述能量存储装置提供的能量作出响应的马达。所述马达联接至所述风扇组件并被构造成

在滑行操作的过程中驱动所述风扇组。

[0006] 一个示例实施方式的所述马达包括由所述能量存储装置供应动力并被构造成在所述滑行操作的过程中驱动所述风扇组件的可变频率起动器发电机。另选地,所述马达可以包括被构造成在所述滑行操作的过程中驱动所述风扇组件的气动马达。一个示例实施方式的所述能量存储装置被构造成从机载辅助动力单元接收能量,并且/或者在位于地面上时从远程能量源接收能量。在所述风扇组件包括风扇和联接至该风扇的低压轴的示例实施方式中,所述马达被构造成在所述滑行操作的过程中驱动所述低压轴,该低压轴进而驱动所述风扇组件。

[0007] 在另一个示例实施方式中,提供了一种电动滑行系统,该电动滑行系统包括被构造成存储能量的能量存储装置诸如飞轮能量存储装置以及对由该能量存储装置提供的能量作出响应的马达。该电动滑行系统还包括马达驱动轴,该马达驱动轴被构造成将所述马达联接至飞行器发动机的风扇组件,从而在滑行操作的过程中由所述电动滑行系统驱动所述风扇组件。

[0008] 示例实施方式的电动滑行系统还包括控制器,该控制器被构造成使所述马达驱动所述马达驱动轴并进而驱动所述风扇组件。在所述风扇组件包括风扇和联接至该风扇的低压轴的实施方式中,该电动滑行系统还包括被构造成将所述马达驱动轴联接至所述风扇组件的低压轴的一个或多个齿轮。示例实施方式的马达包括由所述能量存储装置供应动力并被构造成在所述滑行操作的过程中驱动所述风扇组件的可变频率起动器发电机。另选地,所述马达可以包括被构造在所述滑行操作的过程中驱动所述风扇组件的气动马达。所述能量存储装置可以被构造成从机载辅助动力单元接收能量并且/或者在位于地面上时从远程能量源接收能量。

[0009] 在进一步的实施方式中,提供了一种支持飞行器的滑行操作的方法,所述飞行器包括飞行器发动机,该飞行器发动机包括核心燃气涡轮发动机和风扇组件。该示例实施方式的方法包括:在电动滑行系统的能量存储装置中存储能量。在所述核心燃气涡轮发动机关闭时的所述滑行操作的过程中,所述方法还包括:通过从所述能量存储装置向所述电动滑行系统的马达提供能量并且利用所述马达驱动所述风扇组件而在所述滑行操作的过程中利用所述电动滑行系统来驱动所述风扇组件。

[0010] 示例实施方式的方法通过使所述马达驱动所述电动滑行系统的马达驱动轴并进而驱动所述风扇组件来利用所述马达驱动所述风扇组件。在所述风扇组件包括风扇和联接至该风扇的低压轴的示例实施方式中,该方法通过利用一个或多个齿轮将马达驱动轴联接至所述风扇组件的低压轴而利用所述马达来驱动所述风扇组件。示例实施方式的方法通过利用用来在飞行的过程中驱动所述飞行器发动机的一个或多个推力控制杆来在所述滑行操作的过程中控制所述风扇组件而利用所述电动滑行系统来驱动所述风扇组件。对于将能量存储在所述能量存储装置中,示例实施方式的方法利用在着陆的过程中从所述风扇组件的旋转得到的能量给所述能量存储装置充电。

## 附图说明

[0011] 已经概括地描述了本公开的实施方式,现在将对附图进行参照,这些附图并不一定是按照比例绘制的,其中:

[0012] 图1是根据本公开的一个示例实施方式的飞行器发动机的示意图;

[0013] 图2是根据本公开的一个示例实施方式的电动滑行系统的示意图;

[0014] 图3是飞行器的平面图,图示了根据本公开的一个示例实施方式的电动滑行系统的部件放置;以及

[0015] 图4是图示了根据本公开的一个示例实施方式执行的操作的流程图。

## 具体实施方式

[0016] 现在,将在下文中参照附图更充分地描述本公开的实施方式,在附图中示出了一些但并非全部实施方式。实际上,这些实施方式可以以许多不同形式实施,并且不应该理解为限于这里阐述的实施方式,相反,提供这些实施方式是为了使该公开满足适用的法律要求。在所有附图中相同的附图标记表示相同元件。

[0017] 提供了一种飞行器发动机、电动滑行系统和相关方法,以便利用电动滑行系统可控地驱动飞行器发动机的风扇组件,从而提供在滑行操作的过程中飞行器所需的原动力。如图1所示,飞行器发动机10诸如涡轮机风扇包括核心燃气涡轮发动机11和风扇组件13。核心燃气涡轮发动机11可以称为高压转子(spool)并且包括压缩机12、燃烧器14和高压涡轮机16。压缩机12通过第一轴即高压轴18联接至高压涡轮机16。风扇组件13可以称为低压转子并包括风扇20和通过第二轴即低压轴24联接至另一个涡轮机22即低压涡轮机的增压压缩机21。高压轴18和低压轴24成同心关系布置,并且示例实施方式的高压轴18围绕低压轴24同心布置。高压转子和低压转子能够以不同压力操作,其中高压转子以比低压转子高的压力操作。

[0018] 在操作时,燃料被喷射到燃烧室14内并被点燃。所得到的排气驱动经由高压轴18联接至压缩机12的高压涡轮机16。压缩机12因此也被驱动。在驱动高压涡轮机16之后,被部分消耗的排气被向下游引导通过低压涡轮机22。由于低压涡轮机22经由低压轴24联接至风扇20,因此该风扇也被驱动。结果,即使风扇组件和核心燃气涡轮发动机(该核心燃气涡轮发动机包括高压轴18和低压轴24)并没有机械地联接至彼此,风扇组件13也被操作地联接至核心燃气涡轮发动机11。如图1所示,风扇20产生的一些空气26被发送通过核心燃气涡轮发动机11而在燃烧过程中加以利用。然而,风扇20产生的空气28的大部分在核心气体涡轮发动机11周围绕过而用来产生推力。

[0019] 图1中所示的示例实施方式的飞行器发动机10还包括通过轴34连接至高压轴18的附件齿轮箱32。该附件齿轮箱32进而可以给各种附件(例如包括燃料泵36、润滑油泵38、液压泵42、发电机44和/或永磁体发电机(PMG)46)提供动力。在各种实施方式中,发动机10进一步包括起动器40,在图示实施方式中,该起动器40联接至附件齿轮箱32并且用来起动飞行器发动机10。

[0020] 根据如图1至图3所示的本公开的示例实施方式,设置了电动滑行系统50,该电动滑行系统50使风扇20在滑行操作的过程中被驱动。这样,由风扇20的旋转产生的飞行器速度足以进行滑行操作,但是并没有过大,从而减少了飞行员在滑行操作的过程中操作制动器的需要。通过使用电动滑行系统50驱动风扇20,飞行器能够在核心燃气涡轮发动机11关闭的同时进行滑行操作。电动滑行系统50可以安装在现有飞行器发动机上或者可以将飞行器发动机初始地制造成结合有该电动滑行系统。

[0021] 在这方面,并且如图2和图3所示,根据示例实施方式的飞行器60包括电动滑行系统50,该电动滑行系统50进而包括用于在滑行操作的过程中经由低压轴24向风扇组件13提供能量的能量存储装置52。能量存储装置52可以以各种方式实施。在一个示例实施方式中,能量存储装置52被实施为飞轮能量存储装置61。尽管飞轮能量存储装置61可以安装在飞行器60上的各种位置,但是示例实施方式的飞轮能量存储装置远离飞行器发动机10安装,诸如安装在飞行器的机身62内,如图3中所示。可以在飞行器门处使用地面动力对飞轮能量存储装置61进行充电。地面动力给马达/发电机供应动力并将飞轮加速从而以动能形式存储动力。可以通过马达/发电机(它们也是飞轮存储系统的部件)从飞轮能量存储装置61提取动力。代替或除了飞轮能量存储装置61之外,该能量存储装置52可以被实施为辅助动力单元63,该辅助动力单元63被构造成以独立于飞行器发动机10的方式向飞行器60的一个或多个系统提供动力。在进一步的实施方式中,能量存储装置52可以被实施为安装在飞行器60上的一个或多个蓄电池。

[0022] 在能量存储装置52被实施为飞轮能量存储装置61的实施方式中,飞轮能量存储装置可以从各种源接收能量,并且可以存储该能量以供随后在滑行操作的过程中输出。例如,一个示例实施方式的飞轮能量存储装置61被构造成从机载辅助动力单元63接收能量。附加地或另选地,飞轮能量存储装置61可以被构造成在飞行器60位于地面时从远程能量源(也就是说,从诸如可由电动地面车提供的地面动力)接收能量。因而,该飞轮能量存储装置61可以在起飞前从地面动力接收能量。

[0023] 如图1和图2所示,电动滑行系统50还包括对由能量存储装置52提供的能量作出响应的马达54。在滑行操作的过程中,马达54被构造成驱动低压轴24,而低压轴24进而被构造成驱动风扇20。为了允许马达54驱动低压轴24,示例实施方式的电动滑行系统50还包括由马达驱动的马达驱动轴56(诸如塔轴)和将马达驱动轴机械地联接至低压轴的一对锥齿轮57a和57b。在图示的实施方式中,锥齿轮57a联接至轴56的远端,位于与马达54相反的一端处,而锥齿轮57b联接至低压轴24。在示例实施方式中,锥齿轮57b安装在增压压缩机21和核心燃气涡轮发动机11之间。然而,应该认识到,电动滑行系统50可以联接在低压轴24上的任何位置,从而使得马达54能够使低压轴24旋转。

[0024] 示例实施方式的马达54是可变频率起动器发电机。该可变频率起动器发电机由能量存储装置52供应动力,并且被构造成在滑行操作的过程中经由马达驱动轴56和锥齿轮57a和57b驱动低压轴24。尽管可变频率起动器发电机可以位于飞行器60上的各种位置处,但是图3中所示的示例实施方式的起动器发电机诸如通过安装在飞行器发动机的附件齿轮箱32上而由飞行器发动机10承载。作为可变频率起动器发电机的替换方案,另一个示例实施方式的马达54是气动马达,诸如气动起动器。该示例实施方式的起动器由来自辅助动力单元63的引气供以动力并且被构造成在滑行操作的过程中驱动低压轴24。

[0025] 示例实施方式的电动滑行系统50还包括诸如控制器58之类的电动滑行控制系统,该电动滑行控制系统被构造成诸如以下面描述的方式控制电动滑行系统的操作。除了其它功能之外,控制器58还可以控制能量存储装置52的充电和能量从能量存储装置到马达54的提供。另外,控制器58被构造成控制马达54驱动低压轴24的方式。更详细地说,操作员可以利用控制器58来控制马达54的转速并因此控制风扇20的转速。例如,当马达54以第一转速操作时,风扇20产生第一推力。如果例如马达54的转速增加,则风扇20将产生增加的推

力量。结果,由风扇20产生的推力量与由控制器58控制的马达54的转速成正比。控制器58也由飞行器60承载,并且在一个实施方式中,承载在飞行器的机身62内,例如位于飞行器的机身的没有被加压的部分内。示例实施方式的控制器58将驻留在通常位于飞行器的前门下方的飞行器电子仪器舱内。

[0026] 在滑行操作的过程中,通过控制器58指示马达54诸如可变频率起动器发电机或气动马达来致动电动滑行系统50,从而使低压轴24旋转,该低压轴24又使风扇20旋转。风扇20的旋转产生在滑行操作的过程中驱动飞行器60所必需的原动力。由于利用低压轴24驱动风扇20,风扇的旋转允许飞行器60在滑行操作的过程中以足够但受控的速度移动,由此避免过度使用制动器。另外,通过从能量供应装置52提供能量以使风扇20在滑行操作的过程中旋转,可以在滑行时将核心涡轮发动机11关闭,从而节省燃料。

[0027] 如图4所示,描述了根据本公开的一个示例实施方式执行的操作。在进行滑行操作之前,将能量存储在能量存储装置52诸如飞轮能量存储装置61或辅助动力单元63中。参见框70。在这方面,存储在能量存储装置52中的能量可以是由辅助动力单元63提供的能量或者是在飞行器60位于地面上时来自远程能量源的能量。附加地或另选地,能量存储装置52可以利用在着陆的过程中从风扇20的旋转得到的能量进行充电,其中风扇用作驱动发电机的动力源。在一个实施方式中,通过利用可变频率起动器发电机的形式的马达54,低压转子可以用来对诸如飞轮能量存储装置61之类的能量存储装置进行充电。在风扇20可以另外提供比所需推力更多的推力的下降过程的情况下,低压转子上的可变频率起动器发电机可以减弱该推力以减慢风扇,提取能量并降低推力。在一个示例实施方式中,可变频率起动器发电机可以安装在附件齿轮箱上,该附件齿轮箱具有来自发动机的两个动力输入轴。如上述示例所示,可以在飞行之前、在飞行的过程中和/或在飞行之后诸如在着陆的过程中对能量存储装置52进行充电。

[0028] 在滑行操作的过程中,核心燃气涡轮发动机11关闭,风扇组件13然后由电动滑行系统50驱动。在这方面,通过从能量存储装置52向电动滑行系统的马达54可控地提供能量并且然后在滑行操作的过程中利用马达驱动该风扇组件来由电动滑行系统50驱动风扇组件13。参见图4的框74和76。在示例实施方式中,通过使马达驱动电动滑行系统50的马达轴组件56并进而驱动风扇组件来通过马达54驱动风扇组件13。在其中风扇组件13包括风扇20和联接至该风扇20的低压轴24的示例实施方式中,也可以通过利用一个或多个齿轮57将马达驱动轴56联接至风扇组件的低压轴来由马达54驱动该风扇组件。这样,通过马达54实现的马达驱动轴56的旋转致使低压轴24并进而致使风扇20相应地旋转。

[0029] 由于在滑行操作的过程中由电动滑行系统50驱动飞行器60,核心燃气涡轮发动机11在滑行操作的过程中可以关闭,以便节省燃料,并允许更少地利用制动器来控制飞行器的滑行速度。由于已经关闭核心燃气涡轮发动机11,风扇20在滑行操作的过程中可以由低压轴24驱动,而无需高压轴18做出贡献。为了进一步降低制动要求,飞行器60可以通过利用马达54作为发电机来减慢,从而风扇20的旋转用来对能量存储装置52进行二次充电。

[0030] 在示例实施方式中,飞行员可以致动一控制件诸如按钮、开关等来将飞行器60置于滑行操作模式,在该滑行操作模式中,飞行器发动机10的风扇组件13由电动滑行系统50驱动。参见框72。之后,飞行员可以利用在飞行的过程中用来控制发动机10的相同的一个或多个推力控制杆来在滑行操作的过程中控制风扇组件13,不过经由这些推力控制杆提供的



输入在滑行操作的过程中由电动滑行系统50的控制器58解释以控制驱动风扇组件13的方式,而不会导致高压轴18被驱动,这与飞行操作的过程中控制高压轴的驱动方式的相同推力控制杆的利用方式不同。然而,在滑行操作的过程中,由一个或多个推力控制杆提供的控制由电动滑行系统50的控制器58解释,以控制从能量存储装置52到马达54的能量传送,从而致使马达驱动风扇组件13而产生预定量的推力。例如,这些发动机推力控制杆可以被设置成使得这些控制杆的完全缩回将发动机怠速终止,并且限定用于电动滑行位置的关闭(Off)位置。在该示例中,半节流设置可以是最大电动滑行推力。在滑行操作的过程中,这些控制杆将经常是“关闭”的,然后被向前推动以移动,然后返回到关闭位置,这是因为滑行经常是许多停止和移动。这样,在滑行操作的过程中可以利用飞行员已经熟悉的控制件来驾驶飞行器60,由此使得滑行操作更直观,并且避免了驾驶员座舱及其控制件的复杂性的任何增加。

[0031] 作为举例,当结合从登机口转移到跑道以起飞的飞行器60来使用电动滑行系统50时,可以在登机口启动电动滑行系统,而无需对应地启动核心燃气涡轮发动机11。为了支持电动滑行系统50的使用,可以在启动电动滑行系统之前例如从机载辅助动力单元63和/或在飞行器60位于地面上时从远程能量源(即,诸如可以由电动地面车提供的地面动力)给能量存储装置52充电。响应于由通过一个或多个推力控制杆提供的飞行员输入,电动滑行系统50的控制器58控制从能量存储装置52到马达54的能量输送,从而致使马达控制风扇组件13的转速,并因此控制由飞行器发动机10产生的推力量。这样,飞行器60可以在核心燃气涡轮发动机11不启动的情况下就从登机口滑行到跑道,由此节省燃料并且保持期望滑行速度而不会过多使用制动器。由于从核心燃气涡轮发动机11启动伊始到可从核心燃气涡轮发动机11获得全部起飞动力通常需要大约5分钟,因此可以在飞行器60在离港队列中位于第二或第三时启动或点火核心燃气涡轮发动机11。这样,当轮到该飞行器起飞时,可以将电动滑行系统50关闭,并且飞行员然后可以利用一个或多个推力控制杆来在起飞、飞行和着陆阶段控制核心燃气涡轮发动机。

[0032] 在着陆时,核心燃气涡轮发动机11可以关闭,并且电动滑行系统50可以启动以便允许飞行员以与以上描述相同的方式使飞行器滑行。除了允许飞行器60以期望速度滑行而减少燃料消耗和制动器磨损之外,在核心燃气涡轮发动机11关闭的情况下由电动滑行系统50提供的飞行器滑行还用来冷却核心燃气涡轮发动机的部件。由于诸如低压轴24之类的轴在经受来自核心燃气涡轮发动机11和重力时可能发生弓弯,因此在滑行操作的过程中将核心燃气涡轮发动机关闭可以冷却核心燃气涡轮发动机的部件,由此减少诸如低压轴之类的轴弓弯的可能性。

[0033] 受益于在上述描述和相关附图中提供的教导,这些实施方式所属领域的技术人员将想到这里阐述的内容的许多修改和其它实施方式。因此,将理解,这些实施方式并不限于所公开的具体实施方式,并且那些修改和其它实施方式也被包含在所附权利要求的范围内。而且,尽管以上描述和相关附图在元件和/或功能的一定示例组合的情况下描述了示例实施方式,但是应该认识到,在不脱离所附权利要求的范围的情况下可以通过另选实施方式提供这些元件和/或功能的不同组合。在这方面,例如,如同可以在所附的一些权利要求中阐述的那样,还可以想到以上这些明确描述之外的元件和/或功能的不同组合。尽管这里采用了具体术语,但是它们仅仅以一般的描述性含义来使用,而不是为了进行限制。

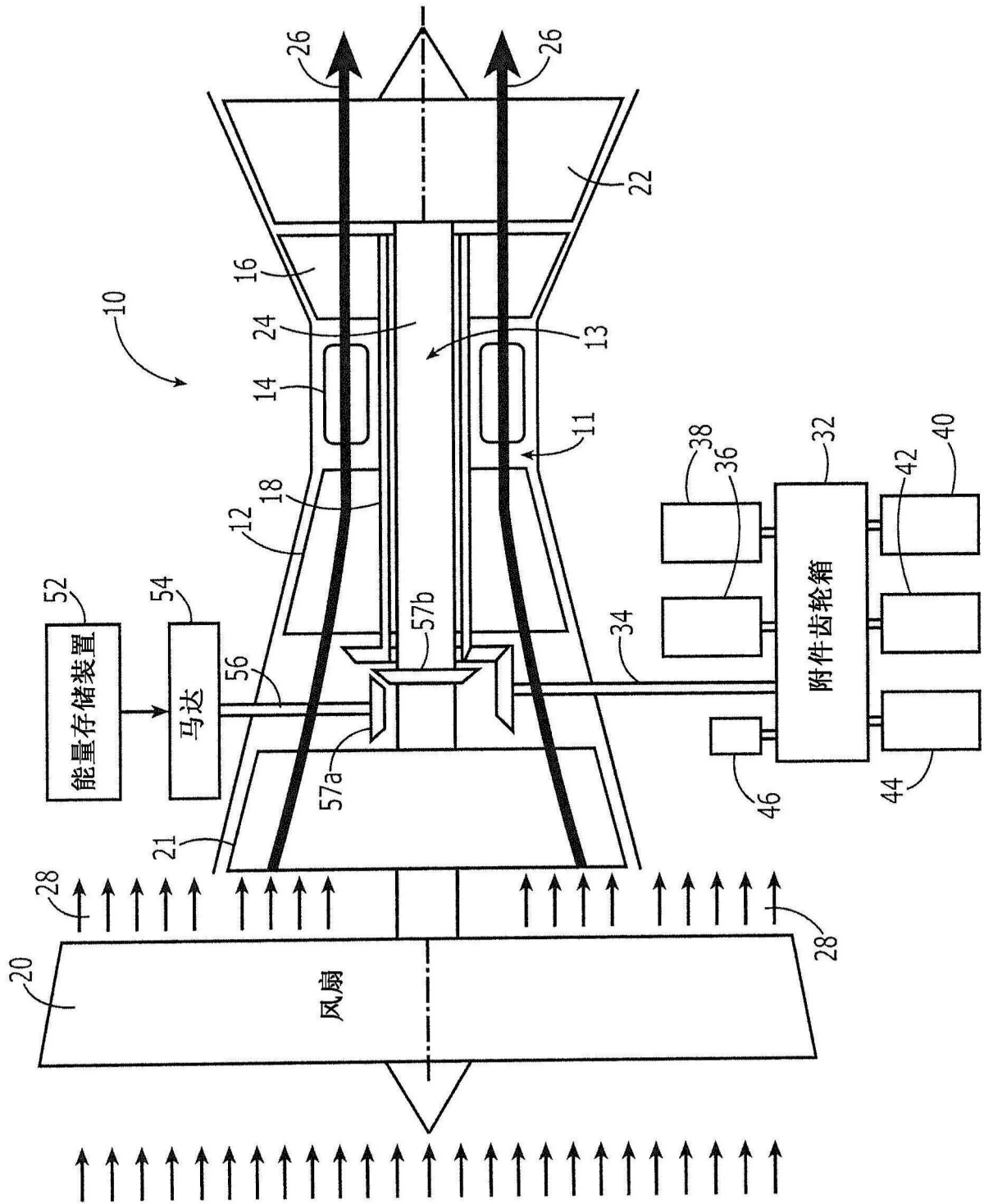


图1

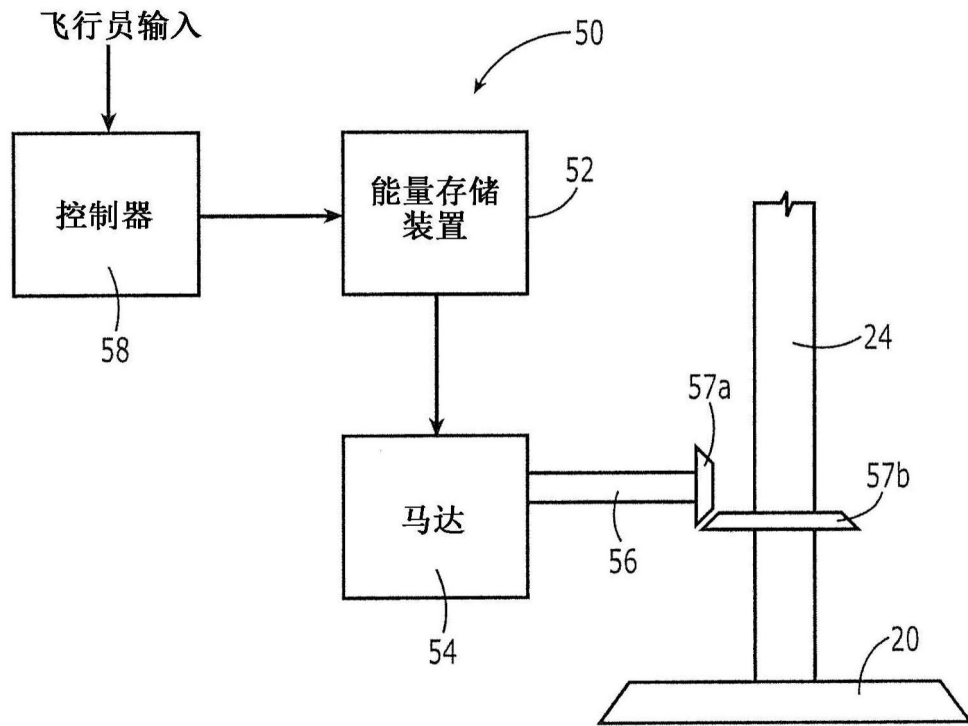


图2

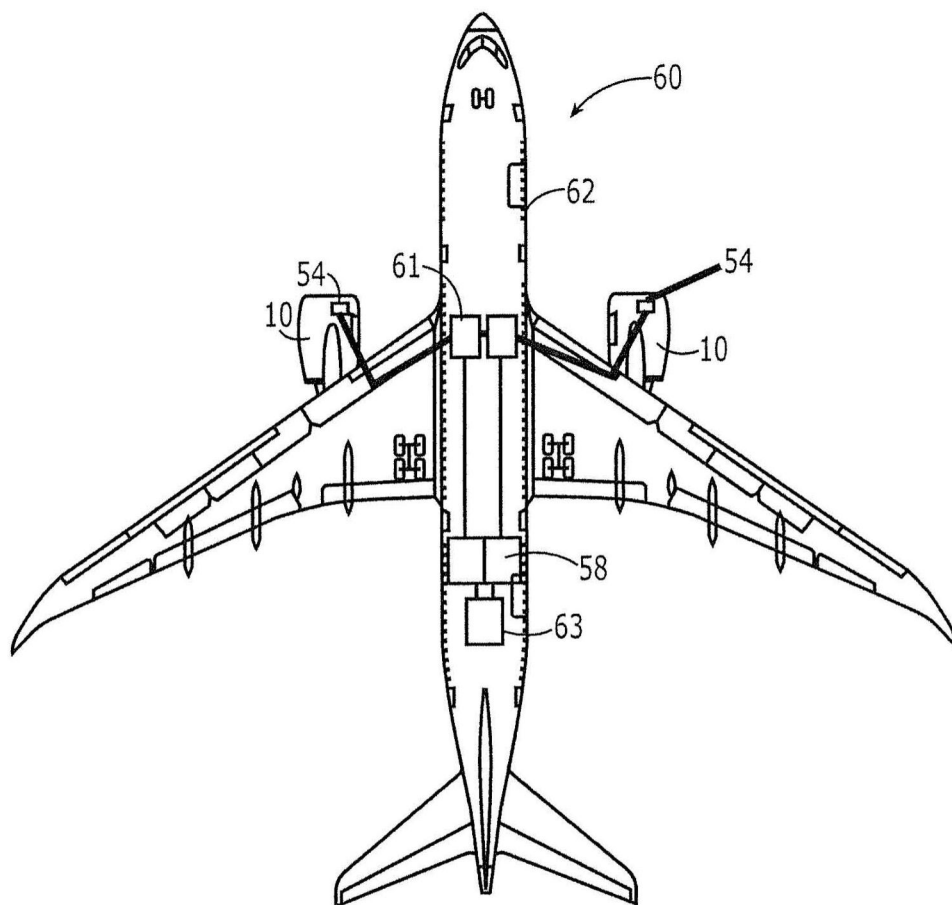


图3

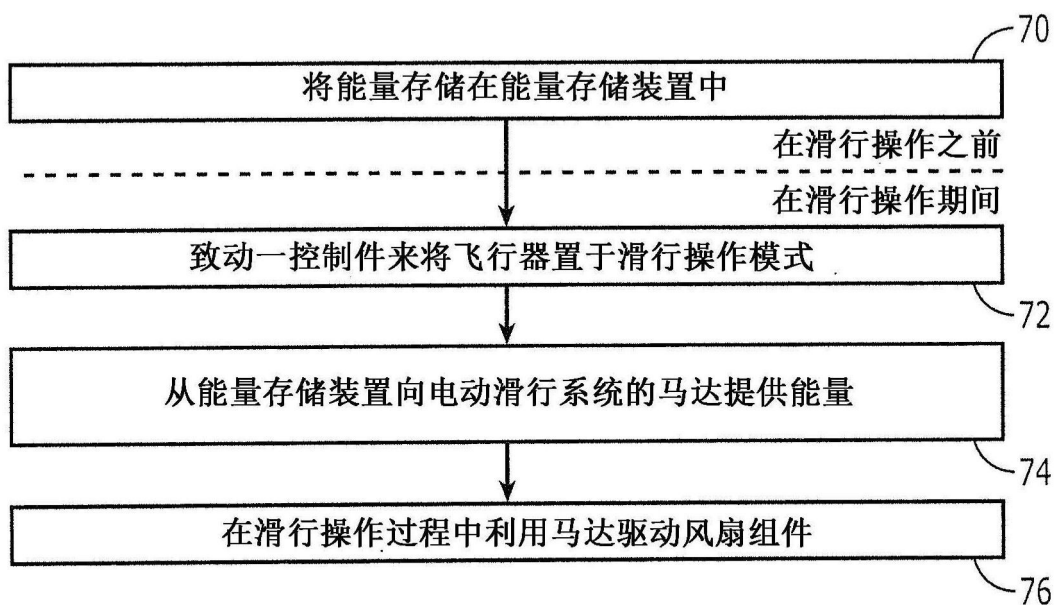


图4