



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111017235 A

(43)申请公布日 2020.04.17

(21)申请号 201911360580.4

B64D 15/02(2006.01)

(22)申请日 2019.12.25

H05K 7/20(2006.01)

(71)申请人 中国航空工业集团公司沈阳飞机设计研究所

地址 110035 辽宁省沈阳市皇姑区塔湾街40号

(72)发明人 王亚盟 李征鸿 刘亮亮 丁磊 刘静

(74)专利代理机构 北京航信高科知识产权代理事务所(普通合伙) 11526

代理人 刘传准

(51)Int.Cl.

B64D 37/34(2006.01)

B64D 37/32(2006.01)

B64D 13/08(2006.01)

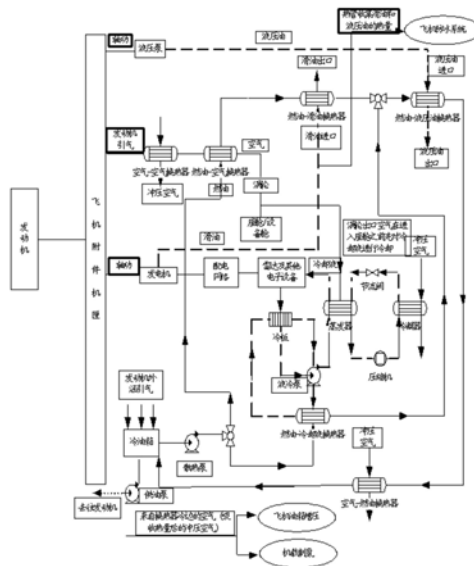
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种能量优化的飞机机电系统热管理方法

(57)摘要

本申请属于飞机热管理技术领域,涉及一种能量优化的飞机机电系统热管理方法。所述方法包括将吸收热源热量后的冲压空气的一部分通过第一管路引入燃油箱及机载制氮设备,作为油箱增压的气源及机载制氮的补充气源;从发动机外涵风扇后端引出空气作为冷源引入冷油箱换热器,所述冷油箱换热器浸泡在燃油箱的燃油中。本申请优化了冲压空气的使用方式,利用这部分气源作为油箱增压和机载制氮系统的气源,有效减少了发动机的引气量,通过设计冷油箱,从发动机外涵风扇后引出空气作为冷源,冷却燃油,降低了燃油的温度,提高了燃油的热沉能力。



1. 一种能量优化的飞机机电系统热管理方法,其特征在于,包括:

将吸收热源热量后的冲压空气的一部分通过第一管路引入燃油箱及机载制氮设备,作为油箱增压的气源及机载制氮的补充气源;

通过第一机载冷却系统对机载设备进行冷却,将所述第一机载冷却系统的冷却液管路设置在所述涡轮出口,由涡轮出口流出的冷气优先经过冷却液,用于对冷却液进行冷却,涡轮出口的冷气随后与吸收热源热量后的冲压空气的第二管路的部分混合,作为补充热气引入座舱;

从发动机外涵风扇后端引出空气作为冷源引入冷油箱换热器,所述冷油箱换热器浸泡在燃油箱的燃油中。

2. 如权利要求1所述的能量优化的飞机机电系统热管理方法,其特征在于,还包括通过热管收集滑油及液压油的热量,并引至飞机防冰系统。

3. 如权利要求1所述的能量优化的飞机机电系统热管理方法,其特征在于,还包括通过第二机载冷却系统对机载设备进行冷却,所述第二机载冷却系统包括蒸发循环制冷装置,当热流密度小于阈值时,启用第一机载冷却系统对机载设备进行冷却,否则,启用二机载冷却系统对机载设备进行冷却。

4. 如权利要求1所述的能量优化的飞机机电系统热管理方法,其特征在于,从发动机外涵风扇后端引出空气作为冷源引入冷油箱换热器包括:

根据燃油箱内燃油的热负载调节散热泵的功率,其中,所述散热泵设置在发动机外涵风扇后端与冷油箱换热器之间的管路上。

5. 如权利要求1所述的能量优化的飞机机电系统热管理方法,其特征在于,所述通过第一机载冷却系统对机载设备进行冷却包括:

根据机载设备的热负载调节液冷泵的功率,其中,液冷泵设置在第一机载冷却系统的循环管路上。

6. 如权利要求5所述的能量优化的飞机机电系统热管理方法,其特征在于,所述冲压空气吸收热源热量包括通过空气-燃油换热器进行热交换,所述冲压空气的连接空气-燃油换热器的管路上设置有关断阀,当所述冲压空气的温度高于空气燃油换热器的热边燃油温度时,关闭所述关断阀。

7. 如权利要求1所述的能量优化的飞机机电系统热管理方法,其特征在于,所述冲压空气吸收热源热量包括通过空气-空气换热器进行热交换,其中,热边为发动机引气,冷边为冲压空气。

8. 如权利要求1所述的能量优化的飞机机电系统热管理方法,其特征在于,将补充热气引入座舱包括:

由座舱内的温度控制信号来确定所述第二管路内热路空气掺入的流量。

## 一种能量优化的飞机机电系统热管理方法

### 技术领域

[0001] 本申请属于飞机热管理技术领域,特别涉及一种能量优化的飞机机电系统热管理方法。

### 背景技术

[0002] 飞机机电系统是机上体量最大、架构与功能最复杂的机载系统之一,由液压、燃油及环境控制等多个分系统组成。

[0003] 目前,机电系统各个分系统呈现出的发展态势具有明显的独立性,即各分系统独自发展。虽然在系统方案设计时确定了相互之间的交联和接口关系,但没有作为一个有机的整体进行融合发展,各自的能量流、热量流及信息流(控制律)平行运行,无法实现机上热/能量的优化使用与综合调控。另外,系统的散热需求、能量需求基本都是按照最大状态进行设计,无视系统工作时产热/能耗的时变特征,这样必然导致系统的设计裕度过大。因此,需要将机电系统的能量流、热量流、信息流进行汇合,以实现整个机电系统能量优化的目标。

[0004] 除此之外,伴随飞机性能的提高,机电系统将面临来自全机更大的散热需求以及自身更大的产热量,比如,来自大功率电子设备的热量、飞机高机动时液压作动产生的热量等。将机上热量进行排散的主要冷源包括燃油和冲压空气,但目前机上这两种冷源的热沉能力均受到了不同程度的制约:一方面,飞机复合材料的使用降低了燃油通过油箱结构向外界的散热水平;另一方面,飞机的高隐身要求限制了从机外引入冲压空气的流量。因此,需要在当前约束条件下,采取新的技术手段,挖掘冷源的散热潜力,提升机电系统热管理的能力。

### 发明内容

[0005] 为了解决上述技术问题至少之一,本申请提供了一种能量优化的飞机机电系统热管理方法,从燃油系统、环境控制系统两大热管理载体运行的能量特征、热量特征出发,提出了气压能、电能、热能的优化使用方案及实现优化的控制律。

[0006] 本申请能量优化的飞机机电系统热管理方法,包括:

[0007] 将吸收热源热量后的冲压空气的一部分通过第一管路引入燃油箱及机载制氮设备,作为油箱增压的气源及机载制氮的补充气源;

[0008] 通过第一机载冷却系统对机载设备进行冷却,将所述第一机载冷却系统的冷却液管路设置在所述涡轮出口,由涡轮出口流出的冷气优先经过冷却液,用于对冷却液进行冷却,涡轮出口的冷气随后与吸收热源热量后的冲压空气的第二管路的部分混合,作为补充热气引入座舱;

[0009] 从发动机外涵风扇后端引出空气作为冷源引入冷油箱换热器,所述冷油箱换热器浸泡在燃油箱的燃油中。

[0010] 优选的是,还包括通过热管收集滑油及液压油的热量,并引至飞机防冰系统。

[0011] 优选的是,还包括通过第二机载冷却系统对机载设备进行冷却,所述第二机载冷却系统包括蒸发循环制冷装置,当热流密度小于阈值时,启用第一机载冷却系统对机载设备进行冷却,否则,启用二机载冷却系统对机载设备进行冷却。

[0012] 优选的是,从发动机外涵风扇后端引出空气作为冷源引入冷油箱换热器包括:

[0013] 根据燃油箱内燃油的热负载调节散热泵的功率,其中,所述散热泵设置在发动机外涵风扇后端与冷油箱换热器之间的管路上。

[0014] 优选的是,所述通过第一机载冷却系统对机载设备进行冷却包括:

[0015] 根据机载设备的热负载调节液冷泵的功率,其中,液冷泵设置在第一机载冷却系统的循环管路上。

[0016] 优选的是,所述冲压空气吸收热源热量包括通过空气-燃油换热器进行热交换,所述冲压空气的连接空气-燃油换热器的管路上设置有关断阀,当所述冲压空气的温度高于空气燃油换热器的热边燃油温度时,关闭所述关断阀。

[0017] 优选的是,所述冲压空气吸收热源热量包括通过空气-空气换热器进行热交换,其中,热边为发动机引气,冷边为冲压空气

[0018] 优选的是,将补充热气引入座舱包括:

[0019] 由座舱内的温度控制信号来确定所述第二管路内热路空气掺入的流量。

[0020] 本申请优化了冲压空气的使用方式,利用这部分气源作为油箱增压和机载制氮系统的气源,有效减少了发动机的引气量,通过设计冷油箱,从发动机外涵风扇后引出空气作为冷源,冷却燃油,降低了燃油的温度,提高了燃油的热沉能力。

## 附图说明

[0021] 图1是本申请能量优化的飞机机电系统热管理方法的机电系统热管理部件连接关系示意图。

## 具体实施方式

[0022] 为使本申请实施的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本申请实施方式中的附图,对本申请实施方式中的技术方案进行更加详细的描述。在附图中,自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。所描述的实施方式是本申请一部分实施方式,而不是全部的实施方式。下面通过参考附图描述的实施方式是示例性的,旨在用于解释本申请,而不能理解为对本申请的限制。基于本申请中的实施方式,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施方式,都属于本申请保护的范围。下面结合附图对本申请的实施方式进行详细说明。

[0023] 本发明提供了一种能量优化的飞机机电系统热管理方法,所要解决的技术问题主要包括:

[0024] a) 如何以燃油、冲压空气两大热沉为热量流、能量流的载体,实现机载机电系统热管理的信息与资源融合;

[0025] b) 在满足系统正常工作的前提下,如何减少发动机气压能的提取;

[0026] c) 在满足系统散热需求的前提下,如何减少燃油散热泵、液冷泵的能量消耗,减少机上电能的提取。

[0027] 本申请能量优化的飞机机电系统热管理方法,参考图1,主要包括以下六个方面:

[0028] a) 利用液压油及滑油的热量作为飞机防冰的热源,与常规从发动机引出热气的防冰措施相比,减少了从发动机的引气量;

[0029] b) 冲压空气吸收热源的热量后,不再直接排往机外,而是作为油箱增压的气源及机载制氮系统的补充气源。这样不仅利用了冲压空气所具有的冷却属性,还利用了具有的气压能属性,一方面减少了从发动机引气的气压能,另一方面避免了热气直接排出破坏飞机的红外隐身性能;

[0030] c) 冲压空气吸收热源的热量后,不再直接排往机外,而是引至环控系统涡轮出口作为混合用的补充热气,从而减少发动机的引气;

[0031] d) 涡轮出口的冷气先吸收冷却液的热量,然后进入座舱,从而充分利用了涡轮出口空气的冷量;

[0032] e) 为了提高热管理系统的能力,设计了冷油箱的方案。从发动机外涵风扇后引出空气作为冷源冷却燃油。此方案减少了从机外引入冲压空气的流量且不影响发动机的用气量。空气具体方案是,将换热器内置于冷油箱内部,即将换热器浸泡在油箱中,风扇后外涵空气作为换热器的冷边,将冷量传递给燃油,从而降低燃油的温度,提高燃油的热沉能力;燃油的热量传递给外涵空气后,进一步提升了发动机的热效率;

[0033] f) 设计了雷达及电子设备的冷却切换方案。由于蒸发循环制冷系统本身能量优化程度偏低,因此只有当热流密度大时,才启动蒸发循环进行制冷,当热流密度比较小时,启动冷却液制冷循环,热量由燃油带走。

[0034] 基于上述管理方法,所提出的热管理控制律包括以下3个方面:

[0035] a) 燃油散热泵的控制:对于散热泵的控制,主要是其转速的控制。散热泵通过消耗机上电能对散热燃油做功,转速大时流量大,转速小时流量小。散热泵的控制基于热载荷的温度反馈,当热负载较大时散热泵的输出较大的流量,当热负载较小时散热泵的输出较小的流量。因此,通过转速的控制,减少了散热泵做功,即相应减少了散热泵的功耗,实现了热管理系统的能量优化使用;

[0036] b) 液冷泵的控制:液冷泵通过消耗机上电能,对于冷却液做功,其控制律同燃油散热泵;

[0037] c) 冲压空气的使用控制:对比冲压空气温度与空气-燃油换热器的热边燃油温度,当飞机高速飞行冲压空气温度高于热边燃油温度时,切断冲压空气的使用。

[0038] 继续参考图1,以下分别针对燃油及环境控制两方面入手详细说明。

[0039] 一、燃油系统热/能量优化方案

[0040] 燃油系统涉及的能量形式有电能和气压能。电能主要是指电动燃油泵的能量消耗,通过燃油泵,将电能转化为了燃油的动能和压力能。气压能主要是指从发动机引气,用于油箱增压、机载惰化系统消耗的能量形式。

[0041] 系统工作时,电动燃油泵直接消耗机上的电能,间接是从发动机提取轴功率。显然,能量优化的切入点和着力点是控制电动燃油泵的工作状态,使燃油泵的工作跟随系统所需流量的变化,改变以往按照燃油流量峰值需求进行设计的粗放模式,实现电动燃油泵按需设计和工作的全新模式。

[0042] 从发动机压气机引气,是以牺牲发动机推力为代价的,牺牲了发动机的推力就意

味着发动机的机动性能或超声速巡航性能受到影响。因此,从能量优化的角度,减少发动机压气机的引气,是燃油系统能量优化的一个重要方面。

[0043] 减少发动机引气的技术解决方案如下:第一,引入空气-燃油换热器冷边出口空气。空气-燃油换热器是利用外界冲压空气对燃油进行冷却的空气,一般情况下,它流经空气-燃油换热器的冷边,吸收燃油的热量之后,就排散至周围大气环境,这样,一方面造成了这部分冲压空气的气源的浪费,另一方面排出来的热气可能增加飞机的红外信号,破坏飞机的隐身性能。因此,可以利用这部分空气作为油箱增压的气体。第二,引入环控系统空气-空气换热器冷边出口空气。与燃油系统的空气-燃油换热器类似,这部分空气也来自外界环境的冲压空气,它作为空气-空气换热器的冷边,吸收发动机高温引气的热量后,排散至外界大气环境,同样造成会气源的浪费和增加红外信号。因此,将这部分空气作为飞机油箱的增压气体也是减少从发动机引气的一个重要途径。

[0044] 燃油系统中,利用机上气压能的另一个方面是机载制氮系统,它将从发动机引来的高压气体处理成适合油箱惰化的富氮气体,进入油箱中,保证油箱液面以上的无油空间的氧气浓度处于一个较低的水平,从而保证油箱处于惰化的安全状态。在飞机的整个飞行剖面内,为减少制氮系统从发动机的引气量,也可以利用一部分空气-燃油换热器及空气-空气换热器的冷边空气作为补充。这是从燃油系统的制氮系统进行能量优化的一个技术途径。

#### [0045] 二、环境控制系统热/能量优化方案

[0046] 现有技术中,空气调节涉及的能量形式主要是来自发动机的气压能。空气调节系统工作时,从发动机引出高温、高压的空气。高温、高压的发动机引气首先经过压力调节器,通过压力调节器将空气压力稳定在一个合理稳定的区间。通过压力调节器之后的空气进入第一级冷却,冷却装置为空气-空气换热器,发生热交换时,热边为发动机引气,冷边为冲压空气,由冲压空气进行冷却。经过第一级冷却的发动机引气之后进入第二级冷却,冷却装置为空气-燃油换热器,发生热交换时,热边为经过第一级冷却的发动机引气,冷边为燃油。之后,空气经过除水后,进入第三级制冷部件—涡轮冷却器。在燃油-空气换热器前引出一路热空气,用于涡轮出口防冰。涡轮后混合的空气通过水分离器将水分离,进入座舱。进入座舱的冷空气,与单独热路空气混合,该处热路空气引自空气-空气换热器的热边,由座舱内的温度控制信号来确定热路空气掺入的数量。

[0047] 从上面空气调节系统的工作过程可以看出,从发动机引过来的高温、高压空气,经过压力调节器后,损失了一部分气压能。为防止涡轮冷却器出口结冰,使用了一部分热的引气。涡轮冷却器出口的冷空气在进入座舱之前,混合了一部分热引气,这样不仅消耗了引气,还造成了冷量的损失。在这个环节中,可以应用空气-空气换热器冷边的空气,作为系统所需热气的补充,这是空气调节系统能量优化的切入点。

[0048] 在液体冷却过程中,液冷泵是做功部件,也是能量消耗部件。它消耗机上的电能,对冷却液做功增压。传统设计时,液冷泵的功率按照最大热载荷所需要的冷却液流量进行设计和工作,但是,电子设备的工作产热情况确是动态变化的。因此,根据电子设备的工作状态及产热情况,动态调节液冷泵的转速,是进行能量优化的切入点,即当电子设备的产热量较大时,增大液冷泵的转速以提供较大流量的冷却液,当设备的产热量较小时,降低液冷泵的转速以缩减冷却液的流量,从而减少液冷泵的能量消耗。

[0049] 目前,飞机的防冰措施有电加热防冰和热气防冰两种。电加热防冰是利用机上电能转化为热能实现的,即系统工作时需要消耗机上的电能。热气防冰是目前飞机上普遍采用的用于保证在结冰气象条件下安全飞行的重要手段。热气防冰系统从发动机压气机后引出高温空气,高温引气通过管路,在防冰腔内喷射到蒙皮内表面,通过热传导和对流换热对蒙皮加热,使蒙皮表面维持较高的温度,从而达到防冰的目的。

[0050] 可以看出,无论是电加热防冰还是热气防冰,都需要消耗机上的能量,只是能量形式不一样而已。但是,它们的目的都是一样的,即加热机上可能结冰的部位。由于机上其他系统产生了较多的热量,如发动机高温引气的热量、燃油的热量等都可以用于防冰。因此通过合理的利用手段,完全可以不用消耗电能或气压能而达到防冰的目的,这正是在防冰系统中进行能量优化的切入点。

[0051] 机载蒸发循环制冷系统的实质是一个热泵,把热量由低温传递至高温。随着大功率集成电子电气设备在下一代飞行器上的使用,其发热量大幅提升,热流密度急剧增大,现有的液体冷却模式可能不再满足其高功率密度、高热流的散热需求。蒸发循环制冷系统具有制冷系数高、适应性强的特点,可以充分发挥载冷剂闭式循环的优越性,是环境控制系统发展的一个重要分支。

[0052] 在机载蒸发循环系统中,能量的转换过程为,压缩机消耗机上的电能,对于制冷剂做功,制冷剂在相变过程中搬运热量,实现热量的传输与转移。因此,在满足制冷需求的前提下,优化压缩机的使用工况,是机载蒸发循环系统能量优化的切入点和着力点。

[0053] 基于能量优化的热管理系统与常规的热管理系统相比,具有如下突出的有益效果:

[0054] a) 燃油作为热沉,成为了液压系统散热、发电机滑油散热、环控系统高温引气散热的纽带,实现了二次能源系统之间的交联;

[0055] b) 充分利用其他系统产生的废热。如利用液压油及滑油的热量作为飞机防冰的热源,与常规从发动机引出热气的防冰措施相比,减少了从发动机的引气量;

[0056] c) 优化了冲压空气的使用方式。常规情况下,冲压空气吸收了换热器热边的热量之后,就排向机外。这样一方面浪费了冲压空气这部分气源,另一方面增加了飞机的红外信号。在能量优化的框架下,利用这部分气源作为油箱增压和机载制氮系统的气源,有效减少了发动机的引气量;

[0057] d) 设计了冷油箱的方案。为了降低燃油的温度,从发动机外涵风扇后引出空气作为冷源,冷却燃油。具体方案是,将换热器内置于冷油箱内部,即将换热器浸泡在油箱中,风扇后外涵空气作为换热器的冷边,将冷量传递给燃油,从而降低燃油的温度,提高燃油的热沉能力;

[0058] e) 设计了雷达及电子设备的冷却切换方案。由于蒸发循环制冷系统本身能量优化程度偏低,因此只有当热流密度大时,才起动蒸发循环进行制冷,当热流密度比较小时,起动冷却液制冷循环,热量由燃油带走。

[0059] 以上所述,仅为本申请的具体实施方式,但本申请的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此,本申请的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

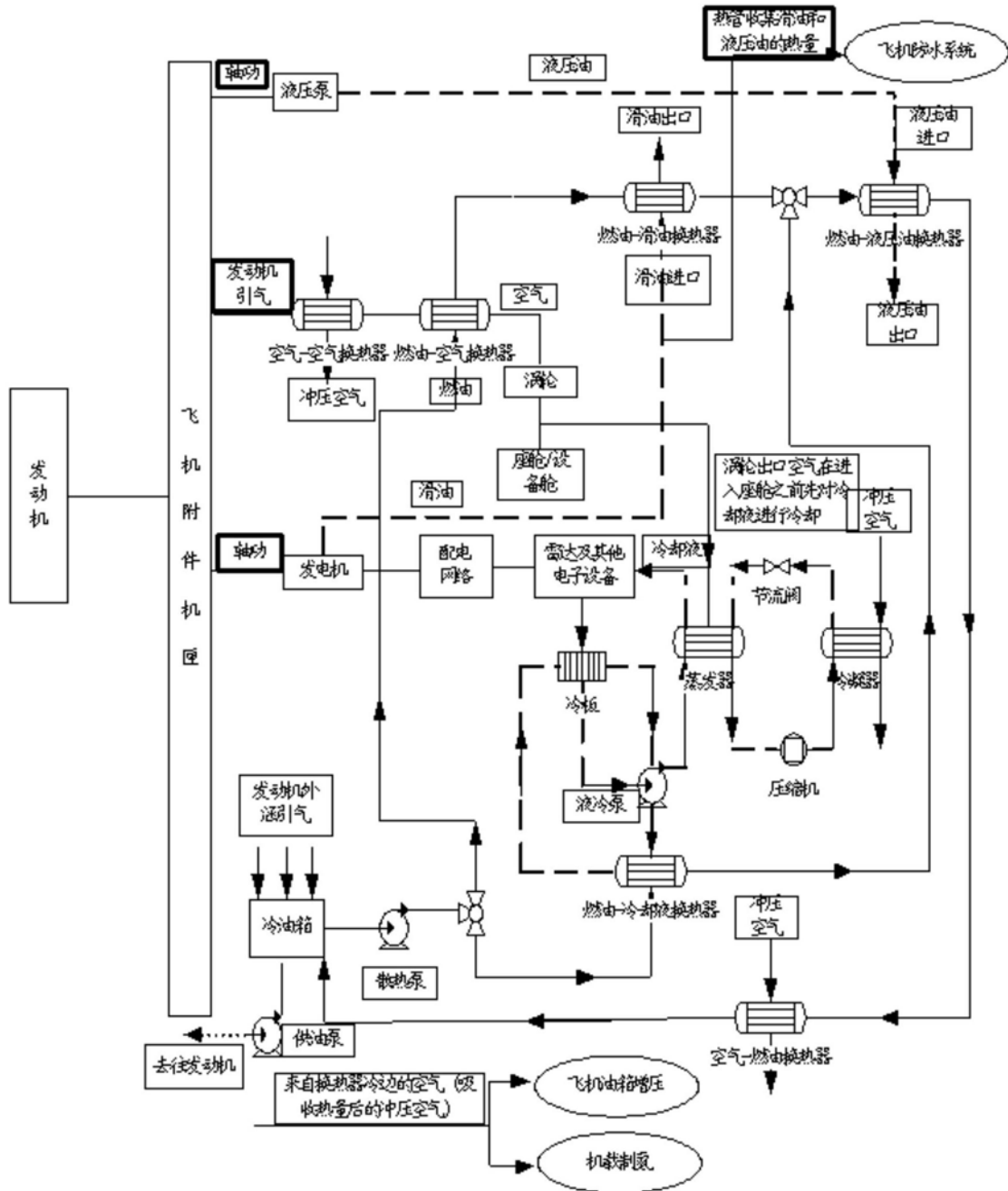


图1