



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112918682 B

(45) 授权公告日 2022.03.04

(21) 申请号 202110147562.9

(22) 申请日 2021.02.03

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112918682 A

(43) 申请公布日 2021.06.08

(73) 专利权人 南京航空航天大学  
地址 210016 江苏省南京市秦淮区御道街  
29号

(72) 发明人 刘卫华 张瑞华

(74) 专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237  
代理人 王慧颖

(51) Int.Cl.  
B64D 13/06 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102874410 A, 2013.01.16

CN 110963060 A, 2020.04.07

CN 106184766 A, 2016.12.07

CN 106064672 A, 2016.11.02

CN 111071465 A, 2020.04.28

US 6257003 B1, 2001.07.10

US 5911388 A, 1999.06.15

审查员 钱晏强

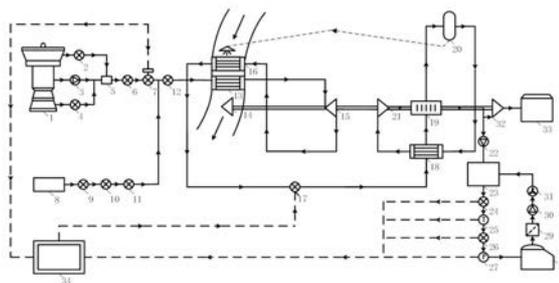
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

基于舱室不同压力的四轮高压除水环控系统  
及工作方法

(57) 摘要

本发明属于飞行器环境控制技术领域,具体为一种基于舱室不同压力的四轮高压除水环控系统,本发明基于飞机乘员座舱和设备舱的不同压力,采用风扇-压气机-第一冷却涡轮-第二冷却涡轮的四轮高压除水环控系统,将来自飞机发动机压气机的引气通过压气机提升压力,并冷却除水后;再通过第一冷却涡轮降温,并将降温后气体分为两路,分别流入座舱和第二冷却涡轮,满足座舱冷负荷需要;通过第二冷却涡轮气体进一步降温后流入设备舱,满足设备舱冷负荷需要;本发明充分利用了舱室不同压力,实现了环控系统高效运行,有效降低了燃油代偿损失,同时,系统简洁可行,易于调节和控制、具有高的可靠性、便于实现性。



1. 一种基于舱室不同压力的四轮高压除水环控系统,其特征在于,所述的环控系统包括发动机(1)、第一换热器(13)、第二换热器(16),所述的第一换热器(13)、第二换热器(16)均包含热侧通道和冷侧通道;

所述的发动机(1)后分别设置第一单向活门(3)、以及高压引气关断活门(4)、风扇空气调节活门(2)来分别控制中压引气、高压引气、发动机风扇引来的空气;

所述的第一单向活门(3)后连接预冷器(5),所述的预冷器(5)包含热侧通道和冷侧通道,所述的第一单向活门(3)与预冷器(5)热侧通道入口管道连接;所述预冷器(5)热侧通道出口后依次连接于关断活门(6)、压力调节器(7)、流量控制活门(12);所述的预冷器(5)冷侧通道连接于风扇空气调节活门(2),发动机风扇提供的引气通过风扇空气调节活门(2)和预冷器(5)冷侧通道入口管道连接;

所述的流量控制活门(12)后连接于第一换热器(13)热侧通道,所述的第一换热器(13)热侧通道出口连接于压气机(15),所述的压气机(15)出口依次连接第二换热器(16)的热侧通道、温度控制活门(17),回热器(18)的热侧通道、冷凝器(19)的热侧通道、水分离器(20);

所述的水分离器(20)的出口依次连接于回热器(18)的冷侧通道、第一冷却涡轮(21),所述的第一冷却涡轮(21)的出口连接于冷凝器(19)冷侧通道入口;

所述的冷凝器(19)冷侧通道出口分为两路,其一路后依次连接第二冷却涡轮(32)、电子设备舱(33);另一路后依次连接第三单向活门(22)、混合室(23);

所述的混合室(23)后依次连接最低温度限制器(24)、温度预感器(25)、最高温度限制器(26)、压力传感器(27)、乘员舱(28);所述的乘员舱(28)的回风通道出口再依次连接于再循环空气过滤器(29),第四单向活门(30),座舱空气再循环风扇(31)、混合室(23)的回风通道入口;

所述的压气机(15)、第一冷却涡轮(21)、第二冷却涡轮(32)之间通过轴依次连接,所述的压气机(15)前端通过轴还连接于风扇(14);所述的第一冷却涡轮(21)、第二冷却涡轮(32)膨胀做功,驱动同轴的风扇(14)和压气机(15)工作;所述的风扇(14)设置在第一换热器(13)和第二换热器(16)冷侧通道和外界空气相连的管道中,用于驱动冲压空气冷气流。

2. 根据权利要求1所述的一种基于舱室不同压力的四轮高压除水环控系统,其特征在于,所述的压力调节器(7)、流量控制活门(12)之间还设置有辅助动力装置(8),所述的辅助动力装置(8)经APU供气关断活门(9),第二单向活门(10),隔离活门(11),和流量控制活门(12)管道连接。

3. 根据权利要求1所述的一种基于舱室不同压力的四轮高压除水环控系统,其特征在于,所述的第一换热器(13)冷侧通道入口和出口均接外界空气;所述的第二换热器(16)冷侧通道入口和出口均接外界空气。

4. 根据权利要求1所述的一种基于舱室不同压力的四轮高压除水环控系统,其特征在于,所述的水分离器(20)液态水出口通过管道喷淋至第二换热器(16)冷侧通道入口。

5. 根据权利要求1所述的一种基于舱室不同压力的四轮高压除水环控系统,其特征在于,所述的环控系统通过自动控制器(34)控制,所述的自动控制器(34)的电流输入端分别和最低温度限制器(24)、温度预感器(25)、最高温度限制器(26)、压力传感器(27)电气相连;所述的自动控制器(34)的电流输出端分别和压力调节器(7)、温度控制活门(17)电气相连。

6. 一种如权利要求1所述的一种基于舱室不同压力的四轮高压除水环控系统的工作方法,其特征在于,所述的系统的工作方法包括引气输送与制冷过程、数据采集与控制过程,所述的环控系统通过自动控制器(34)控制;所述的引气输送与制冷过程具体为:

发动机(1)中压引气经第一单向活门(3)进入预冷器(5)热侧通道入口,高压引气经高压引气关断活门(4)控制;当中压压气机压力不能满足系统要求时,高压引气关断活门(4)自动打开,高压引气也进入到预冷器(5);从发动机压气机引出的高温高压空气经预冷器(5)冷却,冷却空气是从发动机风扇引来的空气;

预冷器(5)冷却空气进口管道上装有风扇空气调节活门(2),用来控制预冷器(5)引气出口温度,经过预冷器(5)冷却的引气再经过关断活门(6),压力调节器(7),流量控制活门(12)通入第一换热器(13)热侧通道入口;

当地面发动机(1)不工作时,使用辅助动力装置(8)供气,经APU供气关断活门(9),第二单向活门(10),隔离活门(11),流量控制活门(12)通入第一换热器(13)热侧通道入口管道;

经过预调压力和温度的发动机引气首先进入第一换热器(13),由冲压空气预冷后进入压气机(15)增压升温;由压气机供给的高温高压气体经过第二换热器(16)进一步冷却;第一换热器(13)和第二换热器(16)冷源由风扇(14)抽吸冲压空气提供;经第二换热器(16)再次冷却后的气体通过温度控制活门(17)、回热器(18)热侧通道进入冷凝器(19)热侧通道入口,进一步降低温度后,进入水分离器(20);从水分离器(20)中除去的水,由喷嘴喷淋至第二换热器(16)冷侧通道冲压空气进口;经水分离器(20)除水后的气体进入第一冷却涡轮(21)膨胀降温;随后进入冷凝器(19)冷侧通道入口;

经冷凝器(19)冷侧出口的气体分为两路,一路经第二冷却涡轮(32)通入电子设备舱(33),另一路经第三单向活门(22)进入混合室(23);由混合室(23)排出的调制气体经过最低温度限制器(24),温度预感器(25),最高温度限制器(26),压力传感器(27)供入乘员舱(28);乘员舱(28)的部分回风经过再循环空气过滤器(29),第四单向活门(30),座舱空气再循环风扇(31)也进入混合室(23),其余污浊空气自动排入大气。

7. 根据权利要求6所述的工作方法,其特征在于,所述的数据采集与控制过程具体为:

最低温度限制器(24)、温度预感器(25)、最高温度限制器(26)测得进入乘员舱(28)气体的温度,并将信号传输到所述自动控制器(34);当温度高于/低于预设温度,所述自动控制器(34)输出控制信号调节温度控制活门(17)开度,以调节系统运行流量;

压力传感器(27)测得进入乘员舱(28)前的气体压力,并将信号传输到所述自动控制器(34);当压力高于/低于预设压力,所述自动控制器(34)输出控制信号调节压力调节器(7)开度,以调节发动机引气量。

## 基于舱室不同压力的四轮高压除水环控系统及其工作方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于飞行器环境控制技术领域,尤其涉及一种基于舱室不同压力的四轮高压除水环控系统及其工作方法。

### 背景技术

[0002] 飞机飞行时,外界环境变化剧烈,如何使飞机舱内空气压力、温度、湿度、气流速度和洁净度满足乘员生理和机载设备可靠工作需要十分重要,因此,环境控制系统已成为飞机不可或缺的部分,环境控制系统的先进与否,直接影响着飞机营运的经济性、乘员的舒适性和机载设备工作的可靠性。

[0003] 考虑到通风、增压、制冷的一体化功能,现役飞机主要采用空气循环制冷系统。空气循环制冷系统的发展可分为低压除水和高压除水两个阶段。所谓的低压除水是指空气通过冷却涡轮后,温度降到露点以下,由水分离器除去凝出的水分;而高压除水则是在空气进入冷却涡轮之前,将其中的水分除去。通常低压除水系统在低空高湿度的条件下无法获得最大的制冷能力,因此高压除水得到了更广泛应用。高压除水可以除去空气中绝大部分的水分,从而使涡轮出口温度降得很低,因此在相同制冷量的情况下,高压除水所需引气量较小,可提供干燥的低温空气,不仅可以节省发动机功率,还可以保护电子设备。

[0004] 通过不断的改进与完善,高压除水系统由最开始的简单式系统到二轮式升压系统,再到三轮式升压系统。20世纪80年代初,波音757中短程旅客机,波音767中短程旅客机和A320客机开始使用三轮高压除水制冷系统,这种系统的水分离器安装在涡轮之前,除水压力较大,可以充分将系统中的水分除去,有效提高系统的性能。

[0005] 然而,目前广泛应用了三轮高压除水升压系统,并没有合理利用座舱和设备舱的不同压力要求,它们简单地将冷却涡轮出口压力限制在座舱压力高度,冷却设备舱时,涡轮出口冷气直接由座舱压力高度自由膨胀至设备舱压力,带来了巨大的能量浪费,特别是在当前军机环境系统中,设备舱热负荷占比更大的情况下(如F-22,座舱/设备舱热负荷比例为1:10),这种能量浪费直接制约了环境系统的经济性。

### 发明内容

[0006] 本发明针对现有技术中存在的问题,公开了一种基于舱室不同压力的四轮高压除水环控系统,本发明的环控系统采用风扇-压气机-第一冷却涡轮-第二冷却涡轮的四轮高压除水环控系统,该系统解决了现有技术中的缺陷。

[0007] 本发明是这样实现的:

[0008] 一种基于舱室不同压力的四轮高压除水环控系统,所述的环控系统包括发动机、第一换热器、第二换热器,所述的第一换热器、第二换热器均包含热侧通道和冷侧通道;

[0009] 所述的发动机后分别设置第一单向活门、以及高压引气关断活门、风扇空气调节活门来分别控制中压引气、高压引气、发动机风扇引来的空气;

[0010] 所述的第一单向活门后连接预冷器,所述的预冷器包含热侧通道和冷侧通道,所

述的第一单向活门与预冷器热侧通道入口管道连接；所述预冷器热侧通道出口后依次连接于关断活门、压力调节器、流量控制活门；所述的预冷器冷侧通道连接于风扇空气调节活门，发动机风扇提供的引气通过风扇空气调节活门和预冷器冷侧通道入口管道连接；

[0011] 所述的流量控制活门后连接于第一换热器热侧通道，所述的第一换热器热侧通道出口连接于压气机，所述的压气机出口依次连接第二换热器的热侧通道、温度控制活门，回热器的热侧通道、冷凝器的热侧通道、水分离器；所述的水分离器的出口依次连接于回热器的冷侧通道、第一冷却涡轮，所述的第一冷却涡轮的出口连接于冷凝器冷侧通道入口；

[0012] 所述的冷凝器冷侧通道出口分为两路，其一路后依次连接第二冷却涡轮、电子设备舱；另一路后依次连接第三单向活门、混合室；

[0013] 所述的混合室后依次连接最低温度限制器、温度预感器、最高温度限制器、压力传感器、乘员舱；所述的乘员舱的回风通道出口再依次连接于再循环空气过滤器，第四单向活门，座舱空气再循环风扇、混合室的回风通道入口。

[0014] 进一步，所述的压力调节器、流量控制活门之间还设置有辅助动力装置，所述的辅助动力装置经APU供气关断活门，第二单向活门，隔离活门，和流量控制活门管道连接。

[0015] 进一步，所述的第一换热器冷侧通道入口和出口均接外界空气；所述的第二换热器冷侧通道入口和出口均接外界空气。

[0016] 进一步，所述的水分离器液态水出口通过管道喷淋至第二换热器冷侧通道入口。

[0017] 进一步，所述的压气机、第一冷却涡轮、第二冷却涡轮之间通过轴依次连接，所述的压气机前端通过轴还连接于风扇；所述的第一冷却涡轮、第二冷却涡轮膨胀做功，驱动同轴的风扇和压气机工作；所述的风扇设置在第一换热器和第二换热器冷侧通道和外界空气相连的管道中，用于驱动冲压空气冷气流。

[0018] 进一步，所述的环控系统通过自动控制器控制，所述的自动控制器的电流输入端分别和最低温度限制器、温度预感器、最高温度限制器、压力传感器电气相连；所述的自动控制器的电流输出端分别和压力调节器、温度控制活门电气相连。

[0019] 本发明的一种基于舱室不同压力的四轮高压除水环控系统工作过程包括引气输送与制冷过程、数据采集与控制过程；所述的引气输送与制冷过程具体为：

[0020] 发动机中压引气经第一单向活门进入预冷器热侧通道入口，高压引气经高压引气关断活门控制；当中压压气机压力不能满足系统要求时，高压引气关断活门自动打开，高压引气也进入到预冷器；从发动机压气机引出的高温高压空气经预冷器冷却，冷却空气是从发动机风扇引来的空气；

[0021] 预冷器冷却空气进口管道上装有风扇空气调节活门，用来控制预冷器引气出口温度，经过预冷器冷却的引气再经过关断活门，压力调节器，流量控制活门通入第一换热器热侧通道入口；

[0022] 当地面发动机不工作时，可以使用辅助动力装置供气，经APU供气关断活门，第二单向活门，隔离活门，流量控制活门通入第一换热器热侧通道入口管道；

[0023] 经过预调压力和温度的发动机引气首先进入第一换热器，由冲压空气预冷后进入压气机增压升温；由压气机供给的高温高压气体经过第二换热器进一步冷却；第一换热器和第二换热器冷源由风扇抽吸冲压空气提供；经第二换热器再次冷却后的气体通过温度控制活门、回热器热侧通道进入冷凝器热侧通道入口，进一步降低温度后，进入水分离器；从

水分离器中除去的水,由喷嘴喷淋至第二换热器冷侧通道冲压空气进口;经水分离器除水后的气体进入第一冷却涡轮膨胀降温;随后进入冷凝器冷侧通道入口;

[0024] 经冷凝器冷侧出口的气体分为两路,一路经第二冷却涡轮通入电子设备舱,另一路经第三单向活门进入混合室;由混合室排出的调制气体经过最低温度限制器,温度预感器,最高温度限制器,压力传感器供入乘员舱;乘员舱的部分回风经过再循环空气过滤器,第四单向活门,座舱空气再循环风扇也进入混合室,其余污浊空气自动排入大气。

[0025] 进一步,所述的数据采集与控制过程具体为:

[0026] 最低温度限制器、温度预感器、最高温度限制器测得进入乘员舱气体的温度,并将信号传输到所述自动控制器;当温度高于/低于预设温度,所述自动控制器输出控制信号调节温度控制活门开度,以调节系统运行流量;

[0027] 压力传感器测得进入乘员舱前的气体压力,并将信号传输到所述自动控制器;当压力高于/低于预设压力,所述自动控制器输出控制信号调节压力调节器开度,以调节发动机引气量。

[0028] 本发明与现有技术的有益效果在:

[0029] 本发明基于飞机乘员座舱和设备舱的不同压力,采用风扇-压气机-第一冷却涡轮-第二冷却涡轮的四轮高压除水环控系统,将来自飞机发动机压气机的引气通过压气机提升压力,并冷却除水后;再通过第一冷却涡轮降温,并将降温后气体分为两路,分别流入座舱和第二冷却涡轮,满足座舱冷负荷需要;通过第二冷却涡轮气体进一步降温后流入设备舱,满足设备舱冷负荷需要。与现有的飞机三轮高压除水环控系统相比,本发明虽然增加了第二冷却涡轮,但充分利用了舱室不同压力,实现了环控系统高效运行,有效降低了燃油代偿损失,同时,系统简洁可行,易于调节和控制、具有高的可靠性、便于实现。

## 附图说明

[0030] 图1为一种基于舱室不同压力的四轮高压除水环控系统示意图;

[0031] 其中,1-发动机,2-风扇空气调节活门,3-第一单向活门,4-高压引气关断活门,5-预冷器,6-关断活门,7-压力调节器,8-辅助动力装置,9-APU供气关断活门,10-第二单向活门,11-隔离活门,12-流量控制活门,13-第一换热器,14-风扇,15-压气机,16-第二换热器,17-温度控制活门,18-回热器,19-冷凝器,20-水分离器,21-第一冷却涡轮,22-第三单向活门,23-混合室,24-最低温度限制器,25-温度预感器,26-最高温度限制器,27-压力传感器,28-乘员舱,29-再循环空气过滤器,30-第四单向活门,31-座舱空气再循环风扇,32-第二冷却涡轮,33-电子设备舱,34-自动控制器。

## 具体实施方式

[0032] 为使本发明的目的、技术方案及效果更加清楚,明确,以下列举实例对本发明进一步详细说明。应当指出此处所描述的具体实施仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0033] 如图1所示,一种基于不同舱内压力要求的四轮式升压除水系统,包括发动机1,风扇空气调节活门2,第一单向活门3,高压引气关断活门4,预冷器5,关断活门6,压力调节器7,辅助动力装置8,APU供气关断活门9,第二单向活门10,隔离活门11,流量控制活门12,第一换热器13,风扇14,压气机15,第二换热器16,温度控制活门17,回热器18,冷凝器19,水分

分离器20,第一冷却涡轮21,第三单向活门22,混合室23,最低温度限制器24,温度预感器25,最高温度限制器26,压力传感器27,乘员舱28,再循环空气过滤器29,第四单向活门30,座舱空气再循环风扇31,第二冷却涡轮32,电子设备舱33,自动控制器34。

[0034] 所述的预冷器5,第一换热器13、第二换热器16、回热器18、冷凝器19均包含热侧通道和冷侧通道;所述风扇14,压气机15,第一冷却涡轮21,第二冷却涡轮32通过轴依次连接,第一冷却涡轮21、第二冷却涡轮32膨胀做功,驱动同轴的风扇14和压气机15工作;所述风扇14设置在第一换热器13和第二换热器16冷侧通道和外界空气相连的管道中,用于驱动冲压空气冷气流;

[0035] 所述发动机1中压引气经第一单向活门3与预冷器5热侧通道入口管道连接,高压引气经高压引气关断活门4与预冷器5热侧通道入口管道连接,发动机风扇提供的引气通过风扇空气调节活门2和预冷器5冷侧通道入口管道连接,为预冷器5提供冷却空气;所述预冷器5热侧通道出口通过关断活门6,压力调节器7,流量控制活门12和第一换热器13热侧通道入口管道连接;

[0036] 所述辅助动力装置8经APU供气关断活门9,第二单向活门10,隔离活门11,流量控制活门12和第一换热器13热侧通道入口管道连接;所述第一换热器13热侧通道出口与压气机15入口通过管道相连,第一换热器13冷侧通道入口和出口均接外界空气;

[0037] 所述压气机15出口、第二换热器16的热侧通道、温度控制活门17,回热器18的热侧通道、冷凝器19的热侧通道、水分离器20的入口通过管道依次相连;所述第二换热器16冷侧通道入口和出口均接外界空气;所述水分离器20的出口和回热器18的冷侧通道、冷却涡轮21的入口通过管道依次连接,水分离器20液态水出口通过管道喷淋至第二换热器16冷侧通道入口,以提高换热器效率;

[0038] 所述第一冷却涡轮21的出口和冷凝器19冷侧通道入口管道相连;所述冷凝器19冷侧通道出口分为两路,一路经第二冷却涡轮32通入电子设备舱33,一路经第三单向活门22通入混合室23;所述混合室23经最低温度限制器24,温度预感器25,最高温度限制器26,压力传感器27和乘员舱28管道相连;所述乘员舱28的回风通道出口通过再循环空气过滤器29,第四单向活门30,座舱空气再循环风扇31与混合室23的回风通道入口管道连接;

[0039] 所述自动控制器34的电流输入端分别和最低温度限制器24,温度预感器25,最高温度限制器26,压力传感器27电气相连;所述自动控制器34的电流输出端分别和压力调节器7,温度控制活门17电气相连。

[0040] 本发明还公开了一种基于舱室不同压力的四轮高压除水环控系统的工作方法,具体步骤如下:

[0041] 1) 引气输送与制冷过程

[0042] 发动机1中压引气经第一单向活门3进入预冷器5热侧通道入口,高压引气经高压引气关断活门4控制。当中压压气机压力不能满足系统要求时,高压引气关断活门4自动打开,高压引气也进入到预冷器5。从发动机压气机引出的高温高压空气经预冷器5冷却,冷却空气是从发动机风扇引来的空气。预冷器5冷却空气进口管道上装有风扇空气调节活门2,用来控制预冷器5引气出口温度。经过预冷器5冷却的引气再经过关断活门6,压力调节器7,流量控制活门12通入第一换热器13热侧通道入口。当地面发动机1不工作时,可以使用辅助动力装置8供气,经APU供气关断活门9,第二单向活门10,隔离活门11,流量控制活门12通入

第一换热器13热侧通道入口管道。

[0043] 经过预调压力和温度的发动机引气首先进入第一换热器13,由冲压空气预冷后进入压气机15增压升温;由压气机供给的高温高压气体经过第二换热器16进一步冷却;第一换热器13和第二换热器16冷源由风扇14抽吸冲压空气提供;经第二换热器16再次冷却后的气体通过温度控制活门17、回热器18热侧通道进入冷凝器19热侧通道入口,进一步降低温度后,进入水分离器20。

[0044] 从水分离器20中除去的水,由喷嘴喷淋至第二换热器16冷侧通道冲压空气进口,通过蒸发冷却冲压空气,用以提高热交换器的效率。

[0045] 经水分离器20除水后的气体进入冷却涡轮21膨胀降温;随后进入冷凝器19冷侧通道入口。经冷凝器19冷侧出口的气体分为两路,一路经第二冷却涡轮32通入电子设备舱33,另一路经第三单向活门22进入混合室23;由混合室23排出的调制气体经过最低温度限制器24,温度预感器25,最高温度限制器26,压力传感器27供入乘员舱28;乘员舱28的部分回风经过再循环空气过滤器29,第四单向活门30,座舱空气再循环风扇31也进入混合室23,其余污浊空气自动排入大气。

[0046] 2) 数据采集与控制过程

[0047] 最低温度限制器24,温度预感器25,最高温度限制器26测得进入乘员舱28气体的温度,并将信号传输到所述自动控制器34;当温度高于/低于预设温度,所述自动控制器34输出控制信号调节温度控制活门17开度,以调节系统运行流量。

[0048] 压力传感器27测得进入乘员舱28前的气体压力,并将信号传输到所述自动控制器34;当压力高于/低于预设压力,所述自动控制器34输出控制信号调节压力调节器7开度,以调节发动机引气量。

[0049] 本技术领域技术人员可以理解的是,除非另外定义,这里使用的所有术语(包括技术术语和科学术语)具有与本发明所属领域中的普通技术人员的一般理解相同的意义。还应该理解的是,诸如通用字典中定义的那些术语应该被理解为具有与现有技术的上下文中的意义一致的意义,并且除非像这里一样定义,不会用理想化或过于正式的含义来解释。

[0050] 以上所述的具体实施方式,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施方式而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

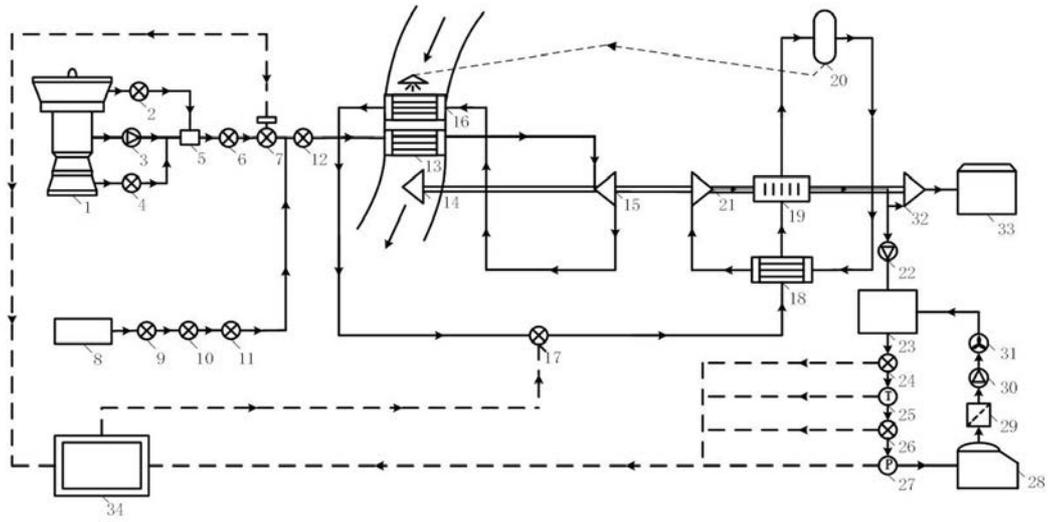


图1