

文章编号: 1005—0329(2010)04—0050—03

滑片式压缩机在机载制氧系统中的应用

马 飞, 张发启, 张宏义

(空军工程大学, 陕西西安 710038)

摘 要: 滑片式压缩机是一种高效且质量轻的空气压缩机, 把它用于机载制氧系统的气源部分是为了对从发动机所引的气体进行增压和稳压。在对机载制氧系统的构造进行简单介绍的基础上, 对滑片式压缩机的工作原理及特点进行了说明, 最后通过计算和试验, 得出了滑片式压缩机应该满足的压力指标以及和液压发动机配合工作时所需的匹配条件。

关键词: 滑片式压缩机; 制氧系统; 液压发动机

中图分类号: TH45

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.1005-0329.2010.04.012

Application of Rotary Vane Compressor in Producing Oxygen System for Plane

MA Fei, ZHANG Fa-qi, ZHANG Hong-yi

(Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China)

Abstract: The rotary vane compressor which have the specialty of high efficiency and low weight, it can increase the press of air which was derived from engine, the rotary vane compressor was installed in producing oxygen system for plane application. First, we illuminate the work principle and characteristic of compressor on the foundation of introducing this system simply, finally, we can get the press target and the necessary condition worked with hydraulic pressure motor by calculating and experiment.

Key words: rotary vane compressor; producing oxygen system; hydraulic pressure motor

1 前言

机载制氧系统是针对某型飞机随着服役年限增加在氧气系统出现不能满足飞行要求的情况下所设计的。该型飞机现有的储氧装置为某型液氧装置, 由于该套装置储氧量有限, 大大影响飞机的巡航能力, 而机载制氧系统, 它是在保留飞机原有供氧部分的情况下, 把从发动机中所引的气体作为气源, 连续的制氧供机组人员使用的一套系统, 该系统的投入使用, 减少了地面保障工作的难度, 同时也增强了飞机的出动强度和整机的战术性能。本文在介绍该系统的基础上, 分析了制氧系统中滑片式压缩机的应用。

2 机载制氧系统与滑片式压缩机

2.1 机载制氧系统组成

机载制氧系统的组成主要包括气源部分、制氧部分、供氧部分、备用氧部分和控制部分等。气源部分主要是将来自发动机某级压气机的压缩空气进行降温和降压处理, 并且除去空气中的水和杂质; 制氧部分是通过分子筛制氧装置, 采用变压吸附方法分离出氧气、氮气等气体, 氧气加压后输入飞机的氧气调节器, 其它气体排出机外; 供氧部分是根据切换条件, 将制氧部分产生的氧气和备用氧进行切换, 依照供氧规律供飞行人员呼吸用; 备用氧部分主要是作为机载制氧系统失效时的备用氧源; 控制部分则是利用氧分压传感器装置及自动控制系统, 自动控制输出氧气浓度及氧气压力。滑片式压缩机是气源部分稳压装置中的一个核心部件。气源部分包括进气装置、稳压装置、调温装置和过滤装置。进气装置是将不同方式引气的气源直接或经过调压降温处理后送到稳压装置的滑片式压缩机入口处, 该装置的目的是为了满

收稿日期: 2009—06—17 修稿日期: 2010—03—24

基金项目: 空军预研基金 (KJ2007—110)

足压缩机正常工作的进气条件要求,引气流量为 $50\text{m}^3/\text{h}$,所引气体是温度为 20°C 、压力为 760mmHg 的干燥气体。引气方式分为两种:一种是飞行高度在 2000m 以下,气源为环境大气;另一种是在 2000m 以上,气源转换为从发动机引气,此时气源温度高、压力变化范围大,需要对引气进行调压降温处理,可利用气源到压缩机之间的连接管道,在部分管道上加翅片进行强化换热,尽可能降低压缩机的入口气体温度;同时利用气压调节器对各种状态下的发动机引气进行压力调节,使滑片压缩机入口气压基本稳定在符合要求的范围内。

2.2 滑片式压缩机工作原理及特点

ERC - 505L 型滑片式压缩机主要由定子、转子和滑片组成。定子是 1 个气缸,在气缸中偏心相切地装有 1 个转子。转子表面开有纵向的槽,滑片置放于槽内,并可在槽内滑动。转子在定子中偏心旋转时,滑片在离心力的作用下被甩出,紧贴定子内壁。这样,定子、转子和滑片就形成了一系列的空腔压缩腔,随着转子的转动,相邻两个滑片与定子形成的压缩腔的体积减少,从而完成压缩过程。

空气经过空气滤清器的过滤后,由吸气阀进入压缩机。该阀门可以根据用气需求调节空压机的供气量,从而保持稳定的工作压力。压缩过程中的润滑和冷却是由一套高效的注油系统来完成的,该系统可以保证在较低的润滑油消耗水平下很好地完成过程控制。系统在转子内壁上形成的油膜避免了金属部件的接触,从而消除了磨损现象。被压缩的油气混合物经过多重分离后含油量小于 3ppm 。分离后的纯净空气经过冷却器冷却,其中产生的冷凝水通过水气分离器的分离,经过排水阀排出。

滑片式压缩机的内部压力可以自动控制吸气阀的开启幅度,从而调节空气吸入量。压缩机按照所需的工作压力自行调节工作状态,因此供气平稳,无脉动,无需再安装储气罐,它的主机仅有 1 个转子,在定子中偏心旋转,转子靠 1 对轴瓦支撑,不需要滚动轴承,严谨的设计使得滑片式压缩机生产每立方米压缩空气的能耗很低。滑片式压缩机所配置的运行方式选择开关,可依据具体要求选择连续方式或自动方式运行,且冷却器保证了排气温度仅比室温高出 $7\sim 10^\circ\text{C}$ 。电机与主机直联避免了齿轮和滚动轴承的大量维护工作,油

气分离器滤芯更换周期长达 10000h ,连续运转能力强,工作十分稳定可靠。

3 滑片式压缩机的应用

ERC - 505L 型滑片式压缩机、YMD - 10 型液压发动机和液压电磁阀组成了机载制氧系统气源部分的稳压装置,此装置采用液压发动机来驱动气体压缩机工作,使分子筛制氧系统进口处气体压力稳定在 0.5MPa ,压力及流量的保证由压缩机来完成,滑片式压缩机可在 $0\sim 40^\circ\text{C}$ 的环境工作,可短时达到 80°C 。排气温度高于室温 $5\sim 10^\circ\text{C}$ 。采用 ERC - 505L 型滑片式压缩机主要是因为其重量比较小,且容易满足分子筛制氧系统的技术指标,即需气流量 $50\text{m}^3/\text{h}$,压力为 0.5MPa 。稳压装置流程示意如图 1 所示。

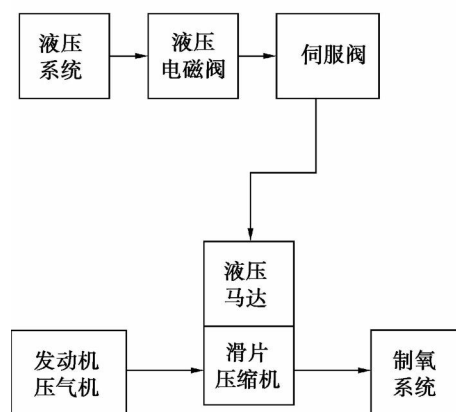


图 1 稳压装置流程示意

液压发动机工况性能参数:输出扭矩不小于 $36.5\text{N}\cdot\text{m}$;转速范围 $0\sim 1200\text{r/min}$;额定转速为 $800\text{r/min} \pm 50\text{r/min}$;最小稳定转速不大于 300r/min ;工作压力:进口为 $13\sim 13.5\text{MPa}$,出口不大于 0.5MPa ;流量不小于 $20\text{L}/\text{min}$,其供压部分由飞机主液压系统供压。

从飞机的主系统供压管路三通接头处来的高压油,经单向节流活门后分为两路:一路经针状节流活门到压力表;另一路经自封活门给液压发动机供压。通过发动机的转动,将压力能转变为机械能,发动机输出轴转动,从而带动滑片压缩机工作。从液压发动机出口回油管嘴出来的低压油和发动机的壳体回油经自封活门、单向活门后到主液压系统油箱。主液压系统的压力是用发动机带动的高压油泵来保证的。

3.1 功率匹配计算

飞机主液压泵的主要性能数据如下:

当转速 $n = 2050 \text{ r/min}$, 供油流量在 $0 \sim 28 \text{ L/min}$ 范围内改变时, 泵出口压力的变化范围为 $15.0 \pm 0.75 \text{ MPa}$, 完全满足液压发动机进口压力要求。

ERC-505L 型压缩机的性能指标为: 当排气量为 $1.10 \text{ m}^3/\text{min}$; 排气压力为 0.7 MPa 时所需电机功率 5.5 kW 。对 ERC-505L 型滑片压缩机所需的功率和扭矩进行计算, 计算结果如表 1 所示。

其中压缩机的功率与扭矩的关系为: 扭矩 $(\text{N} \cdot \text{m}) = \text{功率} (\text{W}) / \text{转速} (\text{r/min}) \times 0.104$ 。

表 1 ERC-505L 型压缩机所需功率和扭矩的计算结果

表压 (MPa)	扭矩 $(\text{N} \cdot \text{m})$	功率 (kW)
0.4	29.64	4.5
0.45	30.5	4.63
0.5	31.5	4.77
0.55	32.3	4.9
0.6	33.12	5.03
0.65	34.05	5.17

注: 流量为 $1.10 \text{ m}^3/\text{min}$ 。

从表 1 可以看出, 液压发动机的输出扭矩可以满足压缩机所需要的扭矩要求。

当压缩机输出压力为 0.5 MPa , 流量为 $50 \text{ m}^3/\text{h}$ 气体时, 所需电机功率为:

$$\frac{5 \times 50 / 60}{7 \times 1.1} \times 5.5 = 2.976 (\text{kW})$$

当压缩机输出压力为 0.6 MPa , 流量为 $50 \text{ m}^3/\text{h}$ 气体时, 所需电机功率为:

$$\frac{6 \times 50 / 60}{7 \times 1.1} \times 5.5 = 3.571 (\text{kW})$$

根据液压发动机的性能参数, 对其输出功率进行计算, 当不考虑效率损失时, 液压发动机输出的功率为:

$$N = \frac{130 \times 20}{600} = 4.33 (\text{kW})$$

取液压发动机的工作效率为 0.8 , 则液压发动机输出的功率为:

$$N = \frac{130 \times 20}{600} \times 0.8 = 3.47 (\text{kW})$$

通过计算得出, 液压发动机能够满足压缩机输出压力为 0.5 MPa , 流量为 $50 \text{ m}^3/\text{h}$ 的气体所需的功率要求, 且还有 0.49 kW 的功率余量, 可用于

飞行高度增加时的功率消耗。

3.2 试验装置及试验结果

为了进行对比分析, 试验中引入了另一种型号的滑片压缩机 ERC-504 型, 并分别对 ERC-505L 与 ERC-504 两种型号压缩机进行了试验, 两种型号压缩机的连接方式相同。试验过程中首先进行了液压发动机转向及转速的确定, 转速测量用光电式传感器进行了测量, 流量测量采用涡轮流量进行测量, 获得了流量与转速的关系。根据试验过程, 得到以下试验结果。

两种型号的压缩机都必须空起动, 起动油压分别大于等于 19.5 MPa 和 15.5 MPa ; 滑片压缩机平稳工作时的油压分别为 17.9 MPa (此时压缩机出口气压为 0.47 MPa 表压) 和 15.6 MPa (此时压缩机出口气压为 0.45 MPa 表压)。

4 结语

机载制氧系统包括很多的部件, 是比较复杂的系统, 只有在充分了解各部件的工作原理以及满足各部件协调工作的技术要求时, 才能安全稳定地运行。

滑片式压缩机作为该系统气源部分稳压装置的一个主要部件, 通过对所引气体进行增压和稳压, 来满足分子筛制氧系统进口气体的指标要求, 最后通过对其功率和扭矩计算, 得出了滑片式压缩机与液压发动机是匹配的, 并通过试验得出了滑片式压缩机在使用过程中起动要求和压力指标。

参考文献

- [1] 肖华军. 航空供氧防护装备生理学 [M]. 北京: 军事医学科学出版社, 2003.
- [2] 孔祥志, 杨会林, 孙铜生, 等. 滑片式压缩机功率计算模型的研究 [J]. 流体机械, 2005, 33(1): 25-27.
- [3] 马国远, 李红旗. 旋转压缩机 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [4] 雷世豪. 飞机设计手册 15 分册 [M]. 北京: 航空工业出版社, 1999.

作者简介: 马飞 (1984-), 男, 硕士, 主要从事航空测试技术与故障诊断的研究, 通讯地址: 710038 陕西西安市西安空军工程大学空军工程学院一系十一队。