

某型飞机冷气系统附件综合测试台的设计

任再青, 徐兴斌

空军工程大学航空机务士官学校航空机械工程系, 河南 信阳

收稿日期: 2024年7月26日; 录用日期: 2024年8月25日; 发布日期: 2024年9月14日

摘要

为满足某型飞机冷气减压阀、刹车调压阀、刹车分配阀等附件的性能测试, 设计一种冷气系统附件综合测试台, 该测试台由冷气单元、电气单元、控制面板等部分组成, 采用气动增压技术、自动控制技术, 按照高、中、低三个层次调压, 满足各型冷气附件的气压测试需求。实践证明, 测试台可用于多型号飞机冷气系统各型附件的性能检测, 工作可靠、操作便捷, 提高部队修理厂的工作效率。

关键词

飞机, 冷气系统, 测试台

Design of Integrated Test Bench for Air-Conditioning System Accessories of a Certain Type of Aircraft

Zaiqing Ren, Xingbin Xu

Department of Aeronautical Mechanical Engineering, Aviation Maintenance Non-Commissioned Officers School, Air Force Engineering University, Xinyang Henan

Received: Jul. 26th, 2024; accepted: Aug. 25th, 2024; published: Sep. 14th, 2024

Abstract

In order to meet the performance test of the air-conditioning valve, brake pressure regulating valve, brake distribution valve and other accessories of an aircraft, a comprehensive test bench for air-conditioning system accessories is designed. The test-bed consists of air-conditioning unit, electrical unit, control panel and other parts, adopting pneumatic pressurization timely and automatic control technology, according to the high, medium and low three levels of voltage regulation. It is proved that the test-bed can meet the requirements of performance test for various ac-

cessories of air-conditioning system of multi-type aircraft. Reliable work, convenient operation, improve the efficiency of the army repair shop.

Keywords

Airplane, Air-Conditioning System, Test Stand

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

某型飞机冷气系统为飞机的刹车、座舱盖开关、阻力伞抛放提供动力能源, 冷气系统涉及开关、电磁放气活门(QS-S11)、冷气减压阀(QS-KJ)、刹车调压阀(QS-ST)、刹车分配阀(QS-SF)等冷气附件[1], 目前各部队冷气系统检测设备均为针对某一附件进行检测, 功能单一、使用不便。针对冷气系统附件的性能特点, 研制冷气系统附件综合测试台, 可以有效解决上述问题。该测试台还可以检测其它机型的同类附件的工作性能。杜来林[2]依据飞机气压刹车阀及转换活门的性能要求、试验大纲, 设计了检测试验台, 虽能检测这些附件的性能, 但是被检测件较少, 不能包含冷气系统典型附件; 鄢杰[3]针对飞机环控系统各类电控活门, 燃油系统各类气控活门的技术条件, 依据测试技术条件、实验大纲, 设计基于多种附件性能检测的综合测试系统, 满足环控系统、燃油系统部分附件的测试要求, 他的研究对测试台的系统设计有指导借鉴价值; 吴月芸[4]针对目前冷气试验台技术水平落后、测试效率低、测试范围小等问题, 设计具有多支路输出、测试精度高、压力范围广等诸多优点的综合测试试验台, 虽能测试多种型号冷气附件, 但是测试系统设计复杂、可靠性低, 不能满足最新飞机冷气附件的测试需求。

2. 主要性能指标

工作介质: 氮气;
气源压力: 11 MPa~15 MPa;
工作压力:
低压: 0 MPa~1.5 MPa;
中压: 1.5 MPa~6.0 MPa;
高压: 6.0 MPa~20 MPa;
外接电源:
交流: 220 V/50 Hz;
直流: 27 V;
最大工作电流: 3.5 A;
持续工作时间: ≤ 24 h/day;
平均无故障时间: MTBF ≥ 2000 h。

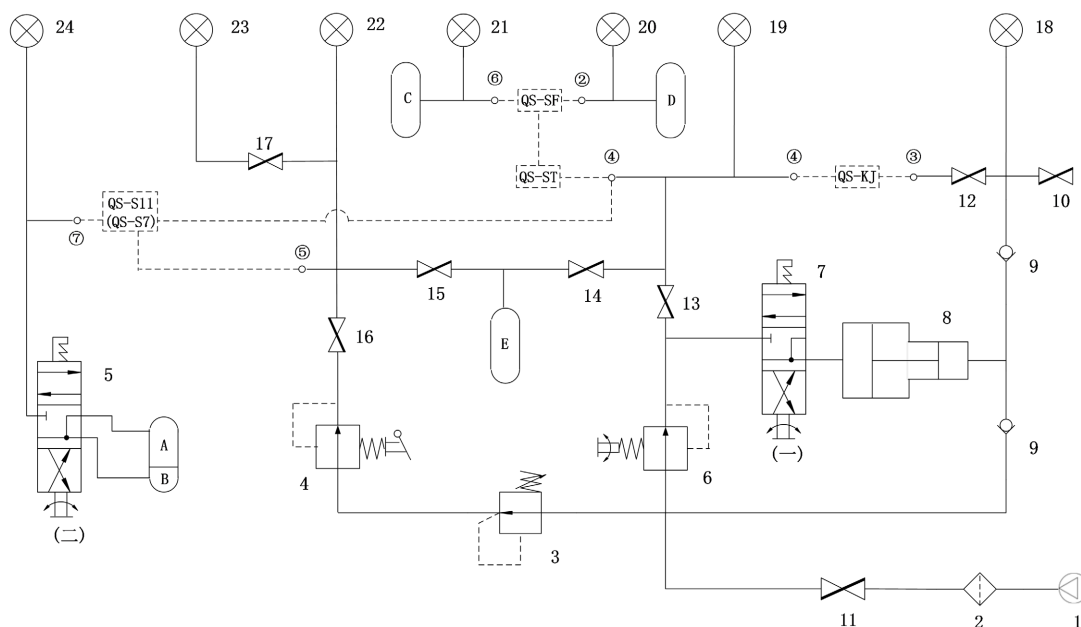
3. 系统组成及工作原理

本测试台采用箱式结构, 由机箱和机芯两个部件组成。机箱采用薄板结构; 机芯由机芯架以及安装在机芯架上的冷气系统和电气系统组成[5]。仪表及控制手柄全部安装在机芯架的面板上。机芯由前方装

入机箱, 用机箱后部螺帽紧固, 两者构成一个整体。

3.1. 冷气系统组成和原理

测试台冷气系统组成如图 1 所示, 由气滤、开关、冷气瓶、减压活门、减压阀、手动减压阀、增压器、转换开关、单向活门、压力表等组成[6]。



1. 充气接头; 2. 气滤; 3. 减压阀; 4. 机械减压活门; 5. 转换活门(二); 6. 可调减压阀; 7. 转换活门(一); 8. 增压器; 9. 单向活门; 10.11.12.13.14.15.16.17-开关; 18.19.20.21.22.23.24-压力表

Figure 1. Schematic diagram of air-conditioning system of test stand

图 1. 测试台冷气系统原理图

测试时, 气源由充气接头 1 接入, 然后分成低压、中压、高压三路。

低压: 冷气经减压阀、机械减压装置, 减压至 0 MPa~1.5 MPa, 经接头⑤接至被试附件。机械减压活门有螺纹慢调和杠杆快调两种模式, 调整量由限位螺母控制

中压: 冷气经改装的可调减压阀减压至 1.5 MPa~6 MPa, 经开关 13 和接头④接至被试附件。

高压: 冷气经接头③接至被试附件。当试验压力低于气源压力时, 用开关 10、11 调压。当试验压力高于气源压力时, 需用增压器增压。增压器的理论增压比为 4, 由于磨擦损失, 实际增压比为 3.5~3.8 [7], 因此应先将增压器低压腔的压力调节至试验压力的 1/3.8~1/3.5, 然后接通转换活门(一)若干次, 即可增至试验压力。最高试验压力为 20 MPa。

系统中的气瓶供测定附件的充气、排气时间用。气瓶的容积分别为 0.25 L、0.5 L、1 L, 工作压力为 4 MPa。其中 1 L 气瓶装有安全薄膜, 当压力高达 5 ± 0.5 MPa 时即自行爆破[8]。

3.2. 电气系统组成和原理

电气系统组成如图 2 所示, 由电源、电秒表、电压表、电流表、开关、电阻、电触点压力表、直流继电器等组成。

外电源分交流和直流供电两个部分, 220 V 交流电供给电秒表 S, 27 V 直流电供给工作电路。

由接头座 2CZ 接出两条工作电路。一路是将被试附件接于接点 II 和 IV 之间, 用于检查 QS-S6 类型附件的接通情况。另一路是将被试附件接于接点 II 和 III 之间, 用于检查 QS-S11 类型附件的工作情况。

电触点压力表除了表盘上的指示指针外, 在表盖内设置了两根限位指针。指示指针随压力变化而偏转, 作为一个活动触点。限位指针则可借表盖外的旋钮分别拨至任一给定的上、下限值, 作为一对限位触点, 这样电触点压力表就可配合电秒表 S 测定压力升或降的时间。

当指示指针与限位指针之一接触时, 电秒表不动; 反之, 当指示指针与限位指针分离时, 电秒表运行, 至指示指针与另一限位指针接触, 电秒表又停止。这样, 电秒表所计的时间就是压力在上、下限值之间升或降的时间。电秒表 S 的额定工作电压和频率为 220 V、50 Hz, 若电频率变化, 准确的时间按下式计算:

$$t = t_1 \frac{50}{f}$$

式中 t_1 ——电秒表指示值;

f ——实际使用的电频率。

电秒表每计时一次后, 应拧复位旋钮使之归 0 位。直流继电器 J 的额定电压为 27 V。

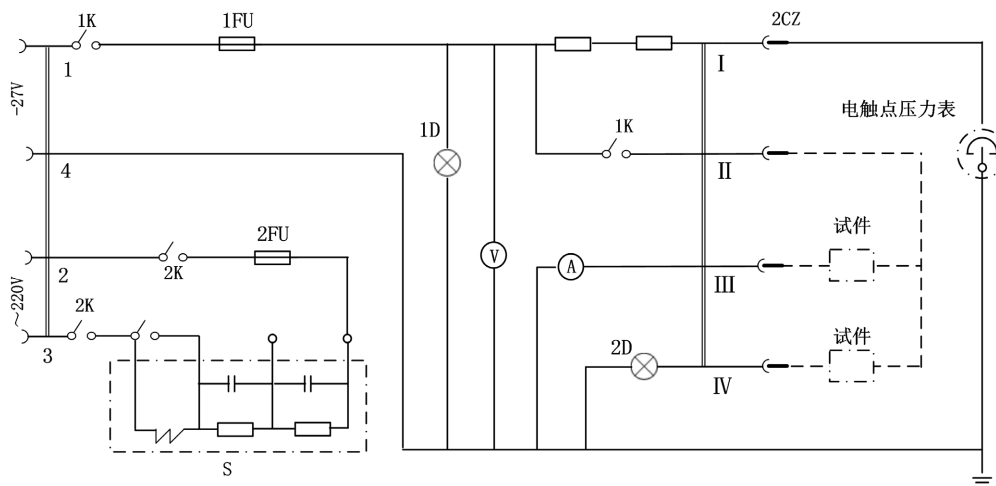


Figure 2. Schematic diagram of electric system
图 2. 测试台电气系统原理图

4. 试验工作过程

运用本测试台对飞机冷气系统附件进行性能测试, 包含三个步骤, 首先将测试附件接入测试台, 然后进行常规的密封性能试验, 最后进行附件的工作性能试验, 若试验数据符合要求, 则附件的性能符合要求。下面针对不同类型附件分别介绍测试原理。

4.1. QS-SF、QS-ST 附件的测试原理

被测件与测试台连接: 将 QS-SF 的左、右出气接头分别与测试台②、⑥接头连接, 进气接头与 QS-ST 的出气接头相连, QS-ST 的进气接头与测试台④接头相连, 其他接头封闭。气源来气经气滤、开关 11、可调减压阀、开关 13 后, 进入被测附件。

密封性试验: 来气压力通过可调减压阀调整到 0.6 MPa, 保持 2 min, QS-SF、QS-ST 附件接头及壳体接合处不得漏气。在进口气压保持 0.6 MPa, ②、⑥接头出口气压分别由压力表 20、21 显示, 此时压

力应为 0.1 MPa 和 1.2 MPa, 各保持 1 min, 密封处不得漏气[9]。

工作性能试验: 当进口压力为 5 MPa, ②、⑥接头出口压力调整到 1 MPa 时, 操纵 QS-ST 的操纵手柄迅速扳到止动点, 与②、⑥接头出口连接的气瓶压力由 0 上升至 0.95 MPa 的时间不得超过 2.2 s, 则进气速度则符合要求; 当出口压力为 1 MPa 时, 迅速松开手柄, 出口相连的气瓶压力由 1 MPa 下降至 0.05 MPa 的时间不得超过 2.2 s, 则排气速度符合要求。安装被测件测试后, 测试结果如表 1 所示, 测试结论符合试验要求。

Table 1. Intake and exhaust speed test record sheet of QS-SF, QS-ST

表 1. QS-SF、QS-ST 进气、排气速度测试记录表

序号	1	2	3	4	5
进气速度(s)	1.2	1.4	1.5	2.0	1.8
排气速度(s)	1.4	1.6	2.0	2.1	1.7

4.2. QS-S11 附件的测试原理

被测件与测试台连接: 将 QS-S11 的进气接头与接头④相连, 出气接头与接头⑦相连, 其他接头封闭。气源来气经气滤、开关 11、可调减压阀、开关 13 后分为两路, 一路经过接头④进入被测附件, 另一路经过开关 14, 进入气瓶 E。被测件出气接头经过接头⑦与气压表和转换活门(二)相连。将被测件的电磁铁线圈接于电路 2、3 触点。

密封性试验: 接通电磁铁开关 1 K, 打开开关 14, 向接头④加 3.5 ± 0.2 MPa 的进气压力, 然后关闭开关 13, 保持 1 min, 进气压力表 19 下降不得超过 0.5 MPa。

工作性能试验: 接通电磁铁开关 1 K, 打开开关 14, 向接头④加 3.5 ± 0.2 MPa 的进气压力, 然后断开电磁铁开关 1 K, 压力表 24 (电接点压力表) 读数由 0 上升至 3.4 MPa 的时间不超过 1.5 s, 则进气速度符合要求; 断开电磁铁开关 1 K, 将压力表 24 压力调整到 3.5 MPa, 然后接通电磁铁开关 1 K, 气瓶 B 的压力由 3.5 MPa 降至 0.1 MPa 的时间不超过 1.5 s, 则放气速度符合要求; 当室温为 20 ± 10 °C, 工作电压为 27 V 时, 电磁铁的工作电流应不大于 3 A; 用 500 高阻表检查壳体与插头接点之间的绝缘电阻电阻值, 应不小于 20 M Ω 。安装被测件测试后, 测试结果如表 2 所示, 测试结论符合试验要求。

Table 2. Performance parameter test record sheet of QS-S11

表 2. QS-S11 工作性能参数测试记录表

序号	1	2	3	4	5
进气速度(s)	1.2	1.4	1.5	2.0	1.8
放气速度(s)	1.4	1.6	2.0	2.1	1.7
工作电流(A)	1.6	2.3	2.1	2.9	2.0
绝缘电阻值(M Ω)	12	14	15	17	14

4.3. QS-KJ 附件的测试原理

被测件与测试台连接: 将 QS-KJ 的进气接头与接头④相连, 出气接头与接头③相连, 其他接头封闭。

密封性试验: 关闭开关 12, 向接头④加 13 MPa~15 MPa 的进气压力, 保持 5 min, 各接合处不得漏气。

工作性能试验: 打开开关 12, 关闭开关 10, 气源来气经气滤、开关 11、可调减压阀、开关 13 后, 通过接头④进入被测件, 向被测件加 13 MPa~15 MPa 的进气压力重复试验 3 次, 最后一次试验保持 10 min, 出口的压力上升不得超过 0.15 MPa, 并且与出气接头相连的压力表 18 应稳定在 $5_{-0.1}^{+0.7}$ MPa 范围内[10]。安装被测件测试后, 测试结果如表 3 所示, 测试结论符合试验要求。

Table 3. Outlet pressure test record sheet of QS-KJ
表 3. QS-KJ 出口压力测试记录表

序号	1	2	3	4	5
出口压力变化值(MPa)	0.13	0.11	0.12	0.12	0.14
出口压力稳定值(MPa)	5.0	5.1	5.1	5.2	5.4

4.4. QS-S7 附件的测试原理

QS-S7 附件的测试原理与 QS-KJ 附件的测试原理相似, 将 QS-S7 的进气腔进气接头与接头④、操纵腔进气接头与接头⑤相连, 出气接头与接头⑦相连, 其他接头封闭。密封性试验时: 向接头④分别加 1 MPa 和 5.5 MPa 的气压, 各保持 1 min, 观察表 19 的压力不得下降。工作性能试验: 向接头④加 5 MPa 的气压, 再向接头⑤加 1.2 MPa 的气压时, 接头⑦出口的压力(即表 24 指示压力)应为 $1.9_{(-0.15)}^{(+0.05)}$ Mpa, 则说明 QS-S7 的工作压力符合要求; 向接头⑤迅速加入压力, 气瓶 A 的压力由 0 上升至 1.8 MPa 的时间不得超过 0.8 s, 则进气速度符合要求。安装被测件测试后, 测试结果如表 4 所示, 测试结论符合试验要求。

Table 4. Working pressure, intake and exhaust speed test record sheet of QS-S7
表 4. QS-S7 工作压力, 进、排气速度测试记录表

序号	1	2	3	4	5
工作压力(MPa)	1.76	1.79	1.8	1.82	1.9
进气速度(s)	0.4	0.5	0.5	0.7	0.8
放气速度(s)	0.6	0.5	0.4	0.7	0.5

5. 结论

本测试台在分析电磁放气活门(QS-S11)、冷气减压阀(QS-KJ)、刹车调压阀(QS-ST)、刹车分配阀(QS-SF)等冷气附件测试需求基础上, 采用气动增压技术、自动控制技术, 按照高、中、低三个层次调压设计而成, 主要由冷气系统和电气系统等组成。测试台完成设计后, 测试某型飞机电磁放气活门(QS-S11)、刹车分配阀(QS-SF)等冷气附件共 15 个批次, 结果表明: 该测试台结构紧凑, 操作方法简单, 使用方便, 综合性强, 安全可靠, 完全能够满足各型号电磁放气活门、减压阀等冷气附件相关性能的测试需求, 达到了设计目标。该测试台现已批量生产, 被推广到航空兵部队、航空修理厂等飞机修理单位。

参考文献

- [1] 赵道文. 歼强飞机构造学[M]. 北京: 蓝天出版社, 2020.
- [2] 杜来林, 杨超. QS-S 型气压刹车阀试验台的设计[J]. 液压气动与密封, 2016, 36(7): 13-17.
- [3] 鄢杰. 飞机大流量气压附件综合测试系统的设计[J]. 机床与液压, 2012, 40(14): 90-91, 34.
- [4] 吴月芸. 某型飞机冷气系统测试试验台设计方案[J]. 科技创新与应用, 2017(7): 73.
- [5] 杨堃, 宋顺利, 王乐, 等. 多孔式缓冲液压缸设计、仿真与试验研究[J]. 液压气动与密封, 2023, 43(11): 62-66.

- [6] 李壮云. 液压元件与系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [7] 许福玲. 液压与气压传动[M]. 第3版. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [8] 张晨晨, 周连侓, 施昊, 等. 单体液压支柱三用阀试验自动调压装置的研制[J]. 液压与气动, 2017(2): 113-117.
- [9] 张凤敏. 空军装备学[M]. 北京: 解放军出版社, 2016.
- [10] 侯晋, 唐雪景, 左邦祥, 等. 新型液压升船机的设计和实现研究[J]. 液压气动与密封, 2023, 43(11): 90-93, 97.