

一种红外导引头制冷供气测试系统的设计

任春杰, 费凡, 宾玲, 卢猛

(凯迈(洛阳)气源有限公司, 河南 洛阳 471003)

摘要: 红外导引头制冷供气测试系统用于某武器系统红外导引头制冷时间测试, 验证一定压力下高压氩气对导引头的制冷效果。本文介绍了该系统的组成和结构设计, 主要采用高压氩气作为制冷气源, 通过高低温试验系统控制并模拟导引头实际工作温度, 通过数据采集系统完成制冷时间、压力、温度测试和成像显示。结合系统在工程应用中常见问题, 提出了结构改进方案, 通过多年的生产应用, 验证了该系统能够满足某型武器系统红外导引头的批量测试需求。

关键词: 红外导引头; 制冷; 氩气; 高低温测试系统; 数据采集系统; 结构改进

中图分类号: TP274 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-8891(2022)06-0609-05

Infrared Seeker Refrigeration Gas Supply Test System

REN Chunjie, FEI Fan, BIN Ling, LU Meng

(Cama (Luoyang) Gas Supply Limited Company, Luoyang 471003, China)

Abstract: An infrared seeker refrigeration gas supply test system is used to determine the cooling time of an infrared seeker in a weapon system to verify the cooling effect of high-pressure. This study introduces the composition and structural design of the system by primarily using high-pressure argon as the refrigeration gas source. Argon controls and simulates the actual working temperature of the seeker through a high- and low-temperature test system, thereby controlling the cooling time, pressure, temperature test, and imaging display through the data acquisition system. To overcome common problems of systems in engineering applications, structural improvement schemes are proposed. Through several years of production and application, it is verified that the system can meet the requirements of batch testing for infrared seekers in weapon systems.

Key words: infrared seeker, refrigeration, argon, high and low temperature test system, the data acquisition system, structural improvement

0 引言

微型 J-T 效应制冷器(焦耳-汤姆逊制冷器)^[1]的研究始于 20 世纪 50 年代, 这种制冷器是利用高压高纯的氮气、氩气或空气, 通过节流小孔, 产生节流制冷效应^[2]。该制冷器无运动的机械机构, 尺寸小, 启动快, 非常适合各型红外制导武器系统^[3]。红外制导导弹在迅速发展的红外探测器件的牵引下, 其抗干扰性已得到不断的改进和提高^[4]。

红外导引头的探测器作用距离除与目标的红外辐射强度及辐射光谱特性有关外, 也与其自身的灵敏度及外在环境的气象条件有关, 因此, 红外导引头在

生产调试过程中, 需使用专用测试系统完成高低温环境下探测器的制冷时间测试, 以确定制冷量需求。

在此背景下, 结合某型武器系统红外导引头制冷的用气和测试需要, 本文介绍了一种红外导引头制冷供气测试系统的设计方法, 该系统可以满足导引头批量生产用气和测试需要。

1 制冷供气测试系统设计

红外导引头制冷供气测试系统主要用于为某型红外导弹提供满足要求的制冷气体, 并对导引头探测器制冷启动时间和制冷量进行测试和采集。

系统采用高压气驱增压泵对低压氩气进行增压,

收稿日期: 2021-08-30; 修订日期: 2021-09-27.

作者简介: 任春杰(1987-), 男, 河南洛阳人, 本科, 机械设计制造及其自动化专业, 主要从事高压气瓶、气动控制系统的设计和开发。E-mail: 514897439@qq.com.

可实现到压自动停机；配置有高压电磁阀，通过工控机自动进行供气控制；配备有高低温试验系统和数据采集模块，可模拟导引头探测器实际工作温度，进行压力、温度、制冷量、成像数据的自动采集。

制冷供气测试系统从结构上主要由供气系统、高低温试验系统和数据采集系统组成（如图1所示）。

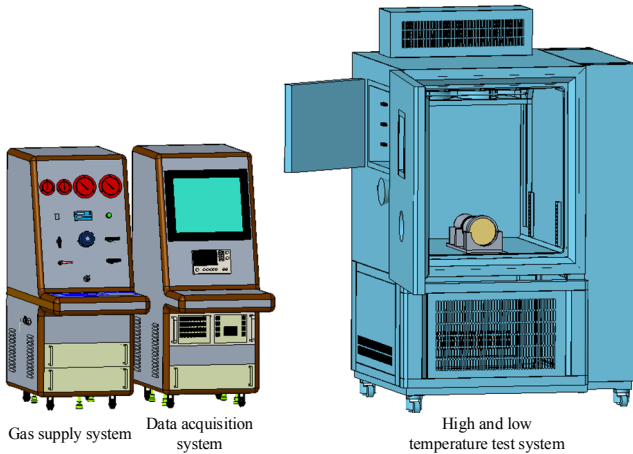


图1 制冷供气测试系统外形

Fig.1 Appearance of refrigeration gas supply test system

1.1 供气系统设计

供气系统主要由气驱增压泵、纯化器、过滤器、高压缓冲罐、减压器、阀门、高压管路和智能压力控制器组成，用于对氩气进行增压、干燥、储存、过滤和减压输出。其气路原理图如图2所示。

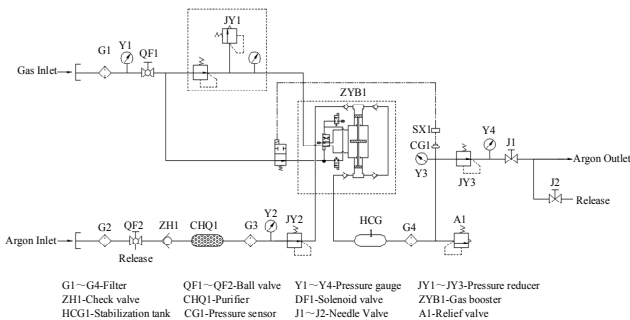


图2 供气系统气路原理图

Fig.2 Schematic diagram of gas supply system

供气系统气路分为3路：

驱动气路：0.8~1 MPa的压缩空气分两路输入，一路经减压器（JY1）减压后为气驱增压泵提供驱动力，通过调节减压器压力可控制增压速率，另一路驱动气驱增压泵进行换向；

预增压气路：5~15 MPa的高纯氩气经纯化器（CHQ1）干燥净化后进入气驱增压泵，通过减压器（JY2）可调节进气压力大小，进而控制增压效率；

高压气路：气驱增压泵增压至100 MPa后，通过智能压力控制器控制气驱增压泵自动停止，增压后的高压氩气存入高压缓冲罐（HCG1）备用，并通过过

滤器（G4）再次过滤，通过减压器（JY3）可控制输出压力。

本供气系统可实现的技术指标如下：

- ①气体介质：高纯氩（5~15 MPa）；
- ②增压压力：≤100 MPa；
- ③露点控制：≤-65℃（常压）；
- ④减压输出压力：0~55 MPa。

1.2 高低温试验系统设计

高低温试验系统由环境试验箱、模拟气瓶^[5]、高压电磁阀、高压针阀、红外导引头、红外玻璃等组成，如图3所示。

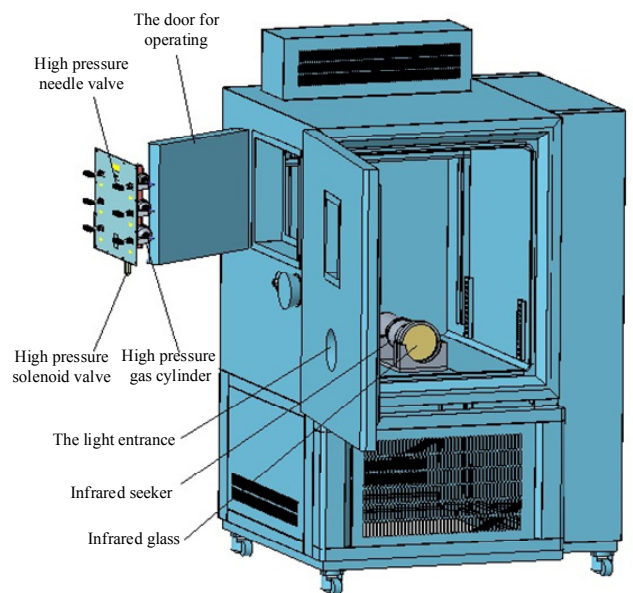


图3 高低温试验系统外形组成图

Fig.3 Outline composition diagram of high and low temperature test system

其中，试验箱用于控制高压氩气、探测器等的温度，模拟探测器实际工作环境温度；高压储气瓶采用嵌入式安装框架集成在环境试验箱，可通过供气系统和安装框架上的针阀充入指定压力的高压氩气，进行制冷耗气量的测试，针阀用于高压储气瓶的开闭控制；高压电磁阀通过数据采集系统上位机控制，实现高压储气瓶中高压氩气向导引头输送，通过毛细管节流实现制冷效果；红外玻璃用于红外光透入对接模拟目标源。

高低温试验系统试验的技术指标如下：

- ①测试温度：-50℃~+200℃；
- ②储气压力：0~55 MPa。

1.3 数据采集系统设计

数据采集系统主要由测试柜体、工控机、显示屏、CAN盒、LVDS板卡、视频采集卡、直流电源等组成，可实现系统压力、温度、制冷启动时间、成像图片、

视频等数据的采集。系统结构图如图4所示。

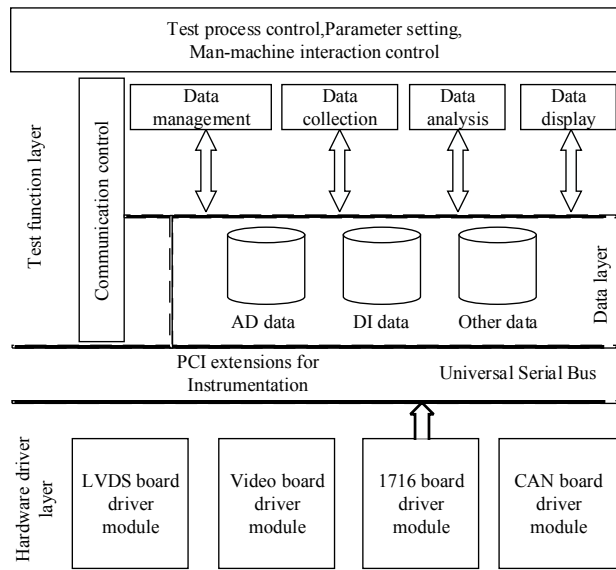


图4 测试系统结构图

Fig.4 Test system structure diagram

测试软件实现的功能包括:

- ①实时接收并显示 LVDS 卡图像、视频、CAN 卡数据状态等;
- ②温度和压力数据曲线实时显示;
- ③实时保存温度和压力数据;
- ④实时保存 LVDS 卡接收数据、视频卡接收视频、CAN 卡接收数据;
- ⑤解析 CAN 卡和 LVDS 卡接收数据。

操作人员与设备间通过人机交互界面完成测试控制,该功能由主控模块负责,主控模块的基本操作流程如图5所示。

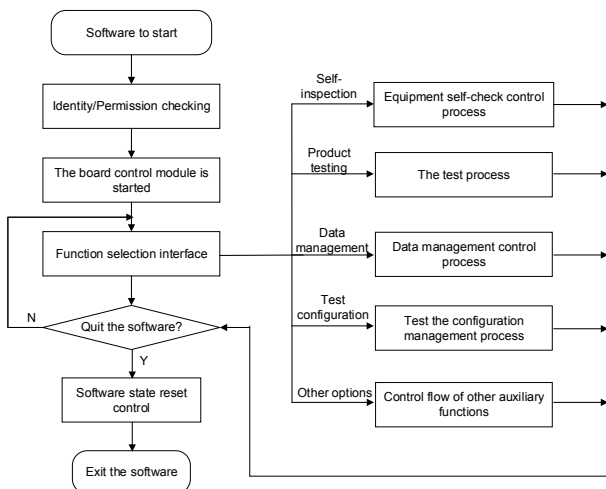


图5 主控模块操作流程

Fig.5 Operation flow of main control module

根据实际测试需要,开发如图6~图8的软件界面,其中:

①主测试界面:用于实现测试过程控制和参数监控,能够实时显示压力、温度、图像等数据信息;

②LVDS 解析界面:用于对 CAN 卡和 LVDS 卡接收数据进行分析、处理和转换,以便于后期数据处理;

③AD 校准界面:用于测试前对压力、温度等采集信号进行自校准,保证数据采集的准确性。

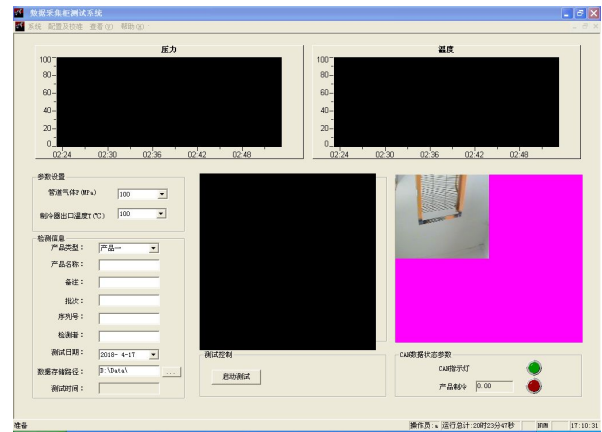


图6 主测试界面

Fig.6 Main test interface

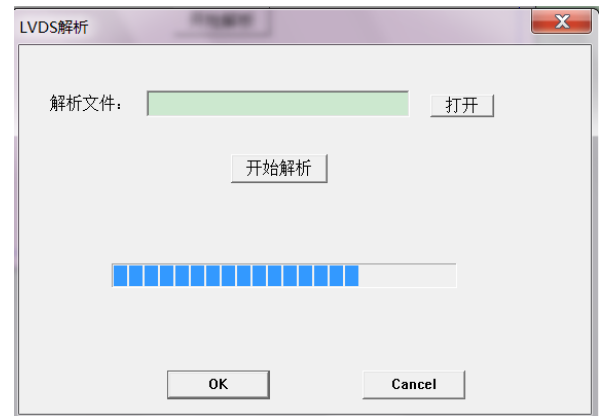


图7 LVDS 解析界面

Fig.7 LVDS parsing interface

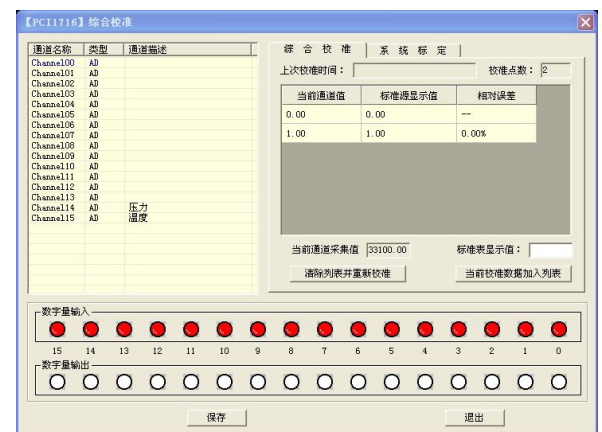


图8 AD 校准界面

Fig.8 AD calibration interface

2 系统结构的优化与改进

结合系统在工程实践中遇到的问题,对系统的结构进行优化改进,主要体现在以下几个方面:

2.1 模块化设计

系统采用模块化的设计思想,供气系统、高低温试验系统、数据采集系统采用分体设计,每个分系统按其功能设计为独立模块,互不干涉,其气路和电气接口采用通用接口,使得系统各独立模块可单独使用,提高了系统的适用范围。

2.2 高低温试验系统的优化设计

导弹在飞行过程中,其周围的气候条件差异性很大,有可能经历极端的高温或低温环境。为了模拟高低温条件对导弹捕获目标性能的影响,在高低温试验系统中需要用到高低温箱,同时,不同环境下导引头工作所需的制冷量不同,节流制冷器耗气量的大小决定了弹上气瓶的体积、重量、工作时间等^[5],这就要求为导引头提供不同容积的模拟气瓶以验证其在不同温度下对氩气的需求。

首先,模拟气瓶必须置于高低温箱内部以保证氩气能够达到设定的环境温度,同时模拟气瓶的充气控制阀门和供气控制阀门需设置在高低温箱外部以方便操作。

其次,模拟气瓶与阀门的连接管路尽量固定,以避免在反复测试过程中可能造成的漏气问题。

基于以上分析,在本项目设计时,模拟气瓶与阀门的设计和连接形式仍采用模块化的设计思想(如图9所示),其设计思路如下:

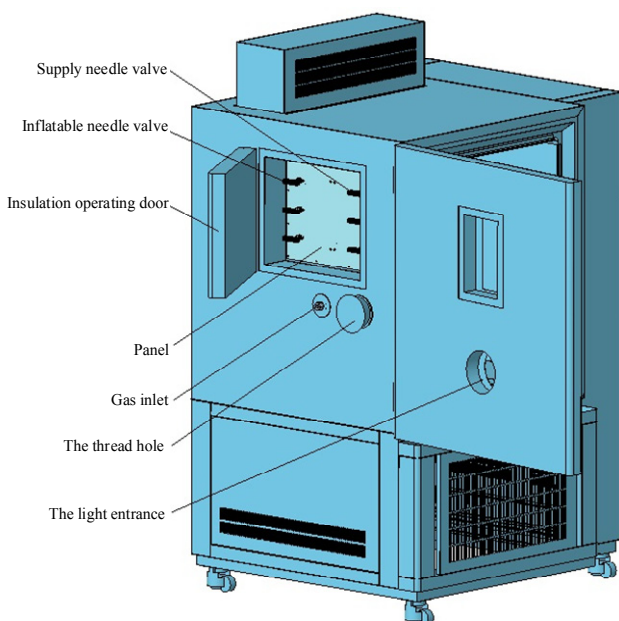


图9 高低温试验系统外部结构

Fig.9 External structure of high and low temperature test system

①模拟气瓶设置3种容积,气瓶直径相同,长度不同,可根据不同的制冷量组合选择所需容积;

②模拟气瓶、电磁阀、压力传感器固定于气瓶架上,气瓶架和充气、供气针阀固定于面板上,所有器件采用不锈钢管连接,其充气口采用穿板接头固定于高低温箱侧板,有效保证了结构的整体性和稳定性,避免了频繁拆装;

③面板与高低温箱侧板嵌入式连接,其接触面填充宽温橡胶材料,以保证温箱的保温和密封性能;

④温箱侧壁设置过线孔并加橡胶塞。

通过以上设计,主要解决了以下问题:

①高压供气管路一体化铺设,外部接口少,连接操作减少,避免了频繁拆装和漏气,提高了可靠性;

②阀门操作时无需打开高低温箱门,避免了高低温箱内部温度变化,减少对试验的影响;

③模拟气瓶为同直径设计,简化了生产工艺,提高了互换性。

2.3 高低温箱防结霜设计及验证

高低温箱在进行环境温度模拟时,内部放置有导引头和红外滤光玻璃,目标源红外光经高低温箱门上的双层保温玻璃(光入口,见图10)进入箱内,经红外滤光玻璃被导引头识别,但在实际工作过程中,因高低温箱内外部温度的差异,温箱门外层玻璃因与大气接触,不可避免会产生水汽进而结霜,由此造成接收光源强度减弱,影响导引头对光波的采集。

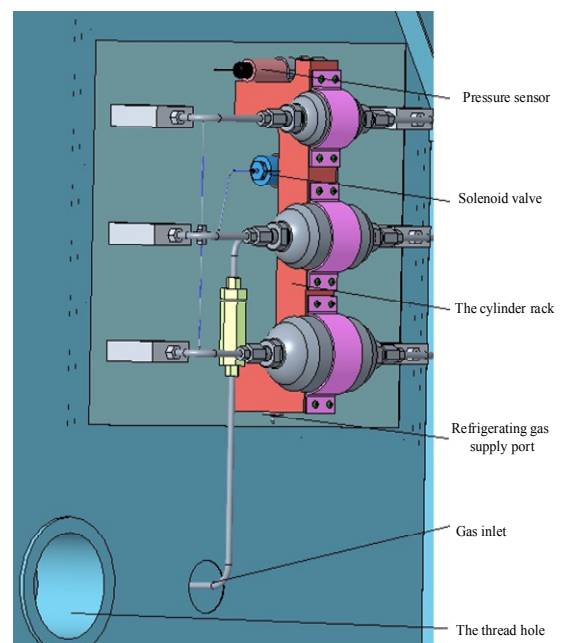


图10 高低温试验箱内部结构

Fig.10 Internal structure of high and low temperature test system

在本设计中,为防止温箱玻璃窗口在低温下结霜,影响光波照入强度,我们将高低温试验箱压缩机

热风出口通过软管引至双层玻璃夹层内,通过预先试验识别结霜温度,借助温度传感器和PLC控制模块,当温度临近结霜温度时,热风自动吹出,使双层玻璃时刻保持加热状态,经实测验证达到了良好的除霜效果。

3 结论

通过本设计系统的实施,提供了一套完整的红外导引头制冷供气测试解决方案,通过近3年的测试应用,表明本系统可以满足批量红外型武器系统测试需求;系统输出压力高,同时内部集成了3组不同容积的模拟气瓶,可以满足多种导引头的测试需求;通过设计优化和改进,系统在可靠性、人机工程等方面有很大改善;系统软件和板卡预留有升级接口,便于后期对系统的更新和完善。

参考文献:

[1] 张国刚. 微型制冷器[M]. 北京: 国防工业出版社, 1984.

ZHANG Guogang. *Micro Cryocooler*[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1984: 1-75.

[2] 赵杰, 陈晓屏, 周建, 等. 微型节流制冷器氮气氩气超高压供气系统设计[J]. *低温工程*, 2006(4): 33-38.

ZHAO Jie, CHEN Xiaoping, ZHOU Jian, et al. Design of ultra-high pressure nitrogen and argon supply system for micro-throttle refrigeration[J]. *Cryogenic Engineering*, 2006(4): 33-38.

[3] 曾宪林. 红外成像导引头及其成像制导武器评述[J]. *航天电子对抗*, 2004(5): 45-48.

ZENG Xianlin. Review on infrared seeker and its imaging guidance weapon[J]. *Aerospace Electronic Warfare*, 2004(5): 45-48.

[4] 马贤杰, 李国平, 王洪静, 等. 国外红外导引头及红外诱饵发展历程与展望[J]. *航天电子对抗*, 2020(3): 58-64.

MA Xianjie, LI Guoping, WANG Hongjing, et al. Development history and prospect of infrared seeker and infrared decoy abroad[J]. *Aerospace Electronic Warfare*, 2020(3): 58-64.

[5] 李家鹏, 陈晓屏, 陈军, 等. 红外用微型节流制冷器耗气量实验研究[J]. *真空与低温*, 2016, 22(3): 148-152.

LI Jiapeng, CHEN Xiaoping, CHEN Jun, et al. Experimental study on gas consumption of micro-throttle refrigeration device for infrared applications[J]. *Vacuum and Low Temperature*, 2016, 22(3): 148-152.