

基于直升机环控系统的环境模拟系统研制

张 洋 张文涛

(中国直升机设计研究所, 景德镇 333001)



摘要: 直升机环境模拟系统根据直升机飞行包线内的各种复杂气象环境, 建立起与模拟舱微环境相关的气源系统、制冷系统、加温系统、加湿系统、低压模拟系统及太阳辐照系统等。并针对直升机环控系统试验对象和试验条件的差异, 对各环境子系统软硬件进行模块化处理, 形成具有良好适应性的多功能综合环境模拟系统。

关键词: 直升机; 环控系统; 环境模拟系统

Development of Environmental Simulation System Based on Helicopter Environmental Control System

Zhang Yang Zhang Wentao

(China Helicopter Research and Development Institute, Jingdezhen 333001)

Abstract: The helicopter environmental simulation system builds up the gas source system, the refrigeration system, the heating system, the humidifier system, the low pressure simulation system and the solar radiation system which are related to the simulation cabin micro environment according to the various complex meteorological environments in the helicopter flight envelope. In view of the difference between the test objects and the test conditions of the helicopter environmental control system, the software and hardware of each environmental subsystem are modularized to form a multi-functional comprehensive environmental simulation system with good adaptability.

Key words: helicopter; environmental control system; environmental simulation system

1 引言

我国幅员辽阔, 纬度、经度均跨越近 5000km, 既有沿海高温、高湿、高辐照的极端气候, 又有西部低气压、低温、高辐照的极端气候, 而直升机的任务剖面涵盖整个国土面积。为保证直升机座舱内良好的乘坐环境, 环控系统在研制过程中必须进行环境模拟试验, 以考核直升机环控系统的运行状况。目前国内相关科研院所(包括南京航空航天大学、南京机电液压工程研究中心、新乡平原航空设备有限公司等)已建立起小型的环境模拟系统, 并具备环控系统单个部件或分系统试验能力, 但随着环控系统集成技术的发展及客户对座舱舒适度要求的提高, 急需研制一种适用于直升机环控系统全状态模拟试验的环境模拟系统。

直升机环境模拟系统是一套多功能综合环境模拟系统, 能够同时模拟高、低温, 高、低湿, 飞行高度, 太阳辐照等飞行包线内的环境, 以完成直升机整个座舱段在模拟舱内的环控系统相关试验。该环境模拟系统采用模块化设计, 功能完整, 综合集成度高, 能够满足国内各型直升机环控系统的研制需求。

2 环境模拟系统原理

环境模拟系统由气源系统、加温系统、制冷系统、加湿系统、太阳辐照系统、环境模拟舱及真空泵等组成, 如图 1 所示。复杂环境通过系统中各个子系统相互配合作用模拟, 其中测控系统对供气流量、温度、压力、湿度及太阳辐射强度进行精确控制, 在环境模

作者简介: 张洋(1985), 工程师, 飞行器环境与生命保障工程专业; 研究方向: 直升机环控系统设计。

收稿日期: 2018-02-02

拟舱内模拟实现常压高温环境、常压低温环境、低压低温环境、低压高温环境、太阳辐照环境以及不同参数组合的复杂环境^[1]。

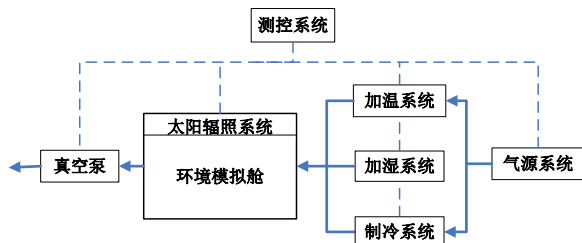


图1 环境模拟系统的组成及其原理图

3 环境模拟系统设计

为模拟直升机飞行包线内的外界环境，直升机环境模拟系统既需要模拟地面环境条件，也需要模拟空中环境条件，并根据直升机飞行状态的变化进行模拟环境的转换。此外，直升机环控系统试验时，经常伴随着强电、高温、高压气体等危险源，要求各个子系统可独立也可联合控制，可手动机械控制，也可计算机全自动控制^[2]。

3.1 气源系统

直升机环控系统试验时，既需要为环控系统提供高温、高压气体，也需要为环境模拟舱提供干燥、清洁的压缩空气，为此需设计一套满足试验要求的气源系统。

气源系统主要由空气压缩机机组和用于除油、除水、除尘的过滤器及储气罐等组成，其原理如图2所示。气源系统启动后，空气压缩机将压缩的高温、高压气体通过阀门送入过滤器，在过滤器内，高速气体经过减速和旋流，油水及杂质沉积罐底而分离，干净空气经过阀门送入储气罐，系统根据需要打开供气阀门供气。其中，系统在压缩机出口管路上设置泄压阀，若压缩机出口供气压力高于设定值，泄压阀将自动打开。同样在储气罐上设置泄压阀，若储气罐内压力过高，泄压阀会自动打开泄压。

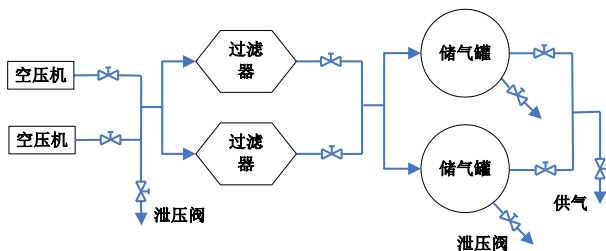


图2 气源系统组成及原理图

3.2 制冷系统

环控系统进行相关试验时，环境模拟舱需保持 -55°C 的低温环境，为此需建立一套高效的制冷系统，一般常用蒸发循环式制冷与空气膨胀制冷。本制冷系统采取空气膨胀制冷，其主要优点为：具有良好的低温制冷性能，压缩空气易于获得，空气无污染，且空气制冷设备维护方便，可靠性高。空气在涡轮中膨胀时对引入的空气干燥度要求较高，为此在用于空气膨胀的涡轮前端设置一套冷冻干燥机。系统工作时，引自储气罐的高压气体在冷冻干燥机内冷冻除湿，将空气中的大部分水分分离出来，使其露点温度降至 -55°C ，同时气体温度也被冷却到 4°C 左右，然后进入涡轮，通过调节涡轮机入口处的气体压力、温度，可在涡轮出口处得到最低 -55°C 的低温空气，用于环境模拟舱降温。

3.3 加温系统

加温系统除了模拟高温环境外，主要模拟直升机环控系统引入的发动机高温高压气体。其主要部件为电加热器，由可控硅控制电加热器的启停来调整供气温度。由于电加热器功率较大，试验操作人员易触碰触电，为此本电加热器采用直流供电，可有效保证试验操作人员的人身安全。需加热时，先将储气罐内的高压气体引入加热器，再开启电加热器，防止无引气时烧毁电加热器；同时，做完试验后需先关闭电加热器，15min后再关闭引气阀门。

3.4 加湿系统

环控系统进行相关试验时，环境模拟系统既需要模拟常压下的湿环境，又需模拟高温高压高湿气体。对于前者可采用常规电加湿器对空气进行加湿；对于后者需加装锅炉加湿装置，其主要部件为锅炉蒸汽发生装置。工作时，锅炉蒸汽发生装置将锅中沸水持续加热，待生产的水蒸气压力达到设定值后打开管路阀门，水蒸气与加温系统出口处的高温高压气体充分混合，以得到所需含湿量的高温高压气体。

3.5 低压模拟系统

为进行直升机环控系统高空模拟试验，环境模拟系统需模拟高空低气压环境。由于直升机座舱一般为非密封舱，其舱内舱外气压相同，因此在进行高空试验时，需将整个直升机座舱段放入环境模拟舱，并对环境模拟舱抽真空。以环境模拟舱为抽气对象的低压模拟系统由真空泵、真空导管、真空阀门及测量控制装置组成^[3]。试验时，可根据需要模拟最高10km的低气压环境，即环境模拟舱的真空中度不小于74kPa（抽至

绝对压力不大于 26kPa)。本低压模拟系统根据模拟压力范围选用水环真空泵, 具有结构简单, 维修方便等特点。

3.6 太阳辐照系统

为保证直升机良好的视野, 驾驶舱与客舱的玻璃面越来越大, 而通过玻璃面传入舱内的太阳辐照热量是一种不可忽视热源。因此, 需要建立一套太阳辐照系统, 能够真实、直接地再现空中太阳辐照环境及其效应, 以便考核直升机空中飞行时环控系统的适应性。



图3 灯阵太阳模拟器

3.7 测控系统

环境模拟系统作为一种综合应用技术, 涉及的技术领域较广, 尤其在试验的测量与控制方面, 测量是取得研究数据的重要环节, 而综合控制是各个系统集成优化的重要手段, 因此需建立一套高效的测控系统。

测控系统主要用于整个试验室的状态监视及各子系统参数的测量、控制与调节, 由试验工作台(图像、视频系统)、测控终端、信号采集单元及控制单元等组成, 系统结构如图4所示。

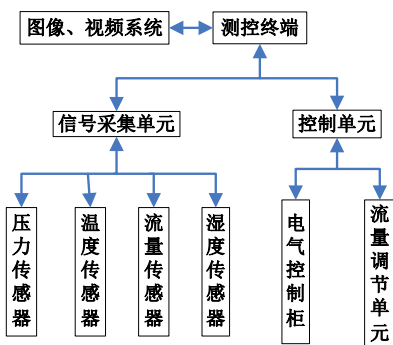


图4 测控系统结构图

测控软件采用面向对象的设计分析方法, 通过规划和设计, 使程序结构清晰, 便于维护、修改和增加。

本系统软件分三部分: 信号采集机箱软件、控制软件及上位机软件。信号采集机箱软件主要负责对信号采集机箱进行管理、控制, 以及数据的采集、初步

处理等, 它支持通过以太网将采集数据传输到上位机; 控制软件主要负责各种模拟信号的生成; 上位机软件负责人机交互, 实时曲线、历史曲线、报表生成及各外围设备的控制等。

4 环境模拟系统应用

为验证直升机环境模拟系统的试验能力, 选取一种直升机典型且严酷的飞行环境进行模拟。首先, 环境模拟舱内模拟海拔 6km, 环境温度-40℃的自然环境; 其次为直升机环控系统模拟一股流量为 1000kg/h, 压力为 500kPa, 温度为 280℃热空气用于舱内加温。启动环境模拟系统, 系统运行 15min 后, 开始测试环境模拟舱内及热空气出口处的相关参数, 具体见表1、表2。所有参数误差均在允许范围内, 满足设计的试验要求。

表1 环境模拟舱内的环境参数

运行时间/min	真空度/kPa		辐照强度/ kW m^{-2}		环境温度/℃		环境湿度/ g m^{-3}	
	设定值	实测值	设定值	实测值	设定值	实测值	设定值	实测值
15	53	53.6	0.45	0.451	-40	-41.2	11	11.1
18		53.7		0.451		-41.3		11.1
21		53.1		0.452		-40.5		11
24		52.6		0.45		-40.8		11.1
27		52.3		0.451		-41.2		11.1

(下转第 41 页)