

文章编号: 1672-1497(2009)05-0072-05

组合式空调机组状态监测与故障诊断系统设计

姜皓¹, 丛华², 江鹏程¹, 冯辅周¹, 姬小峰³

(1. 装甲兵工程学院 机械工程系, 北京 100072 2. 装甲兵工程学院 科技部, 北京 100072

3. 太原卫星发射中心 发测站, 山西 太原 036304)

摘要: 组合式空调机组具有功能段组合灵活、技术参数可选范围大以及对目标环境指标操控性强等优点, 广泛应用于导弹和卫星测试环境调控等军事领域。但是机组在运行过程中常出现风机风量不足、加热器加热不均以及除湿能力下降等问题, 直接影响着机组性能的发挥。针对上述问题, 以某基地某型空调机组为研究对象, 设计了一套具有实时监测、在线评估、分段报警和故障诊断等功能的空调机组运行的状态监测与故障诊断系统, 重点阐述了该系统的设计思路、硬件组成及软件框架。该系统在提高空调机组的性能监控、故障报警、故障诊断与隔离的能力及故障类型确定、故障部件的快速定位, 为相关部门提供维修决策措施等方面具有实际意义。

关键词: 组合式空调机组; 状态监测; 故障诊断; 设计

中图分类号: TB657.2 TP277 **文献标志码:** A

System Design of Fault Detection and Diagnosis for Air Handling Units

JIANG Hao¹, CONG Hua², JIANG Pengcheng¹, FENG Fuzhou¹, JI Xiaofeng³

(1. Department of Mechanical Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China

2. Department of Science Research, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China

3. Launch Testing Station, Taiyuan Satellite Launch Center, Taiyuan 036304, China)

Abstract: Because the functional section of air handling units can be assembled nimbly, the technical parameter can be chosen in a wider scope, and the air handling units can accimatize itself to the target environment index, it is widely used in military field, such as missile and satellite testing environment control. But the units often have some problems when they are functioning, such as blower lacking of air quantity, heating differences and dehumidifying effect dropping, which directly influence the units performance, and seriously hinder the performance. Aiming at these problems, an air handling unit of a certain military base is studied, and the system of condition monitoring and fault diagnosis is designed, which can be used in real-time monitoring, online evaluating, grading alarm, and fault diagnosing. This paper expatiates train of thought of the system's design, hardware structure and software framework. This system can improve the performance monitoring, fault alarming, fault diagnosing and separating, determination of fault type, and rapid location of fault components, which provides maintenance decision for related departments.

Key words: air handling units; condition detection; fault diagnosis; design

组合式空气处理机组 (Air Handling Units) 是以冷、热水或蒸汽为媒质, 完成对空气的过滤、加热、加湿、冷却、减湿、消声、新风处理和新、回风混合等功

能的箱体组合而成的机组^[1]。由于其具有功能段灵活组合、安装方便、技术参数可选范围大以及对所需环境指标操控性强等优点, 在医药、化工、电子及

收稿日期: 2009-08-21

基金项目: 军队科研计划项目

作者简介: 姜皓 (1982-), 男, 硕士研究生。

精密机械等领域具有广泛应用。尤其在对各项试验环境指标要求苛刻的航天发射领域, 空调系统更是不可或缺的环境保障设备。但与此同时, 空调系统运行故障产生的不利影响也达到了极至, 如对于大量应用空调系统的卫星和导弹发射基地, 其故障会直接影响测试环境各项指标的调控效果, 严重时(如虚假环境)会影响卫星或导弹发射前的调试正确性, 造成卫星发射失败的严重事故。因此, 空调系统的故障检测与诊断成为一个亟需解决的问题。然而, 由于空调系统强干扰、高度非线性、大滞后, 各控制回路耦合强、故障征兆(原因)不确定以及工程适用的检测设备缺乏等因素的影响, 其故障检测与诊断相对困难^[1]。

笔者对空调机组常见故障现象进行了归纳和分类, 以原有系统级监测报警为基础, 通过研究一个极具代表性的空调机组的故障机理及检测诊断手段, 开发了一套空调机组状态监测与故障诊断系统, 能

够大大提高空调系统的性能监控、故障报警、故障隔离与诊断的能力, 确保发射前的卫星等设备的调试环境, 对于设备的安全调试、发射与调试任务的按时完成具有十分重要的意义^[3-4]。

1 组合式空调机组结构及典型故障

1.1 基本构成

某基地某型空调系统主要由空调机和转轮除湿机组两个分系统组成, 其中转轮除湿机包括除湿转轮、再生加热子系统、处理风机、再生风机、前后表冷器、电控制柜及机壳组合而成箱式机构的机组。空调机包括处理风机、粗效过滤器、表冷器、蒸汽加热器、蒸汽加湿器、消音器、送风机和中效过滤器等部件。待处理风经转轮除湿机组除湿后与机组回风在混合段充分混合, 经过机组的粗效过滤、蒸汽加热(表冷)、蒸汽加湿、消声和中效过滤一系列处理后, 由处理风机送至测试大厅, 空调机结构原理图见图 1。

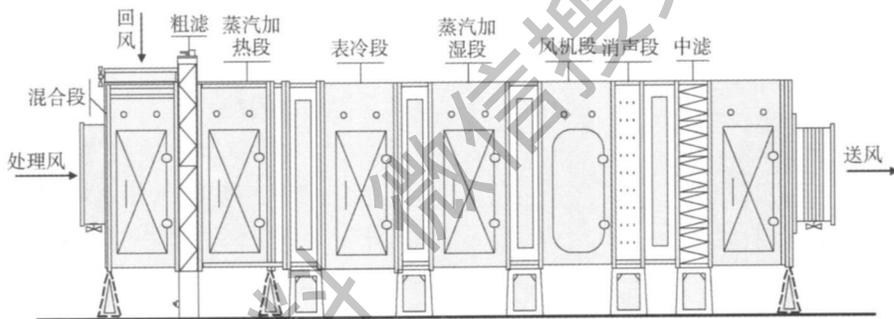


图 1 组合式空调机组结构原理图

1.2 典型故障

据统计调查, 该组合式空调机组在执行任务过程中曾出现以下典型故障:

- 1) 目标房间实测风量、温湿度与要求不符;
- 2) 加热、表冷盘管泄露, 换热性能下降, 表冷盘管制冷除湿能力降低;
- 3) 电机电流过大、发热、噪声、振动大、轴抱死;
- 4) 过滤器效果差, 过滤阻力增大, 过滤风量减小, 送风洁净度差;
- 5) 电加热、蒸汽盘管加热后温度传感器比实际空气温度相差很大;
- 6) 转轮除湿机除湿效果不明显, 除湿能力降低。

以上为该机组运行时发生的典型故障, 而原机组安装时装有简单的 PLC 监控, 所能检测的参数较少, 一些传感器是通过人工读表的方式进行判断, 无法对整个系统及各部件的性能进行跟踪分析和判

断, 只能完成系统级参数报警或异常时自动关机, 不具备故障隔离和故障定位功能。

2 系统总体设计

2.1 功能定位

该系统以某卫星发射基地调试大厅某型组合式空调机组为研究对象, 紧紧围绕卫星发射前的各种试验任务, 以完成空调机组的平时巡检、用时监测和维修指导等保障任务为需求, 实现空调机组的状态监测与评估、故障诊断和信息管理等功能, 确保在试验任务期间空调机组安全可靠地运行, 保障试验任务的圆满完成, 最终为空调机组的技术状况评估与统计分析、动用计划的制定、维修保障、平时维护保养提供辅助决策依据, 其总体功能如图 2 所示。

2.2 系统总体构成

基于系统功能定位, 设计确定了空调机组故障

监测与诊断系统的总体构成,如图 3 所示。

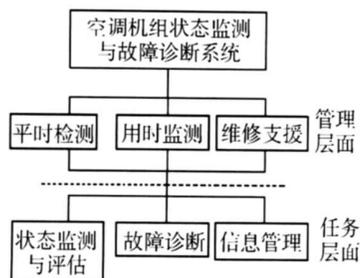


图 2 总体功能

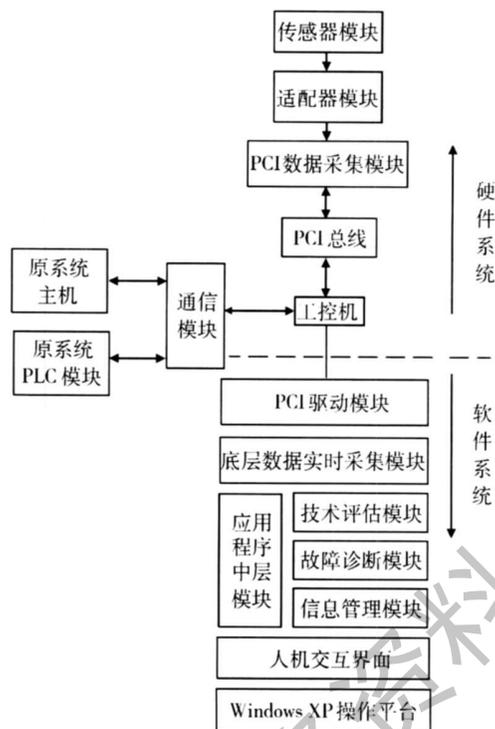


图 3 系统的总体结构

组合式空调机组状态监测与故障诊断系统硬件主要由主机、传感器组、适配器、数据采集卡和通信模块五大部分组成。

系统通过自身的通信模块与原有系统进行数据交换,获取空调机组运行的部分状态参数,其他状态参数则通过新加装各类型传感器进行采集,二者共同提供的技术状态参数信息构成了系统进行状态监测与评估、分级预警和故障诊断的数据来源。

软件系统采用 Windows XP 操作系统作为平台,采用目前应用广泛的虚拟仪器软件 LabWindows/CV 开发平台作为程序开发工具,并采用支持多种数据类型的 SQL Server 2000 作为数据库管理系统,以 PC 采集卡驱动程序为基础,设计底层数据实时采集模块,实现状态监测与评估、故障诊断和信息管

理三大应用程序底层模块的开发,同时为用户提供友好的人机交互界面,最终完成软件的总体功能。

3 硬件系统设计

3.1 适配器

适配器主要由信号调理模块和电源管理模块构成,完成传感器组的供电和信号调理。考虑到可扩展性和可移植性,适配器运用积木式、模块化的设计方法,采用密封结构,信号变换、连接电路采用标准板式结构封装在模块中,电路板、连接线缆封装在适配器箱体内部,适配器结构原理图如图 4 所示。

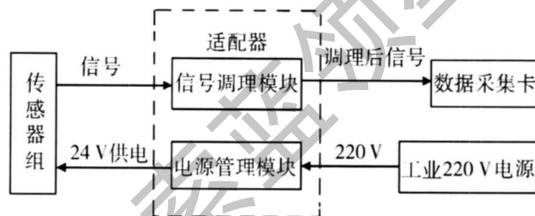


图 4 适配器结构原理图

3.2 传感器模块

3.2.1 检测参数体系的构建

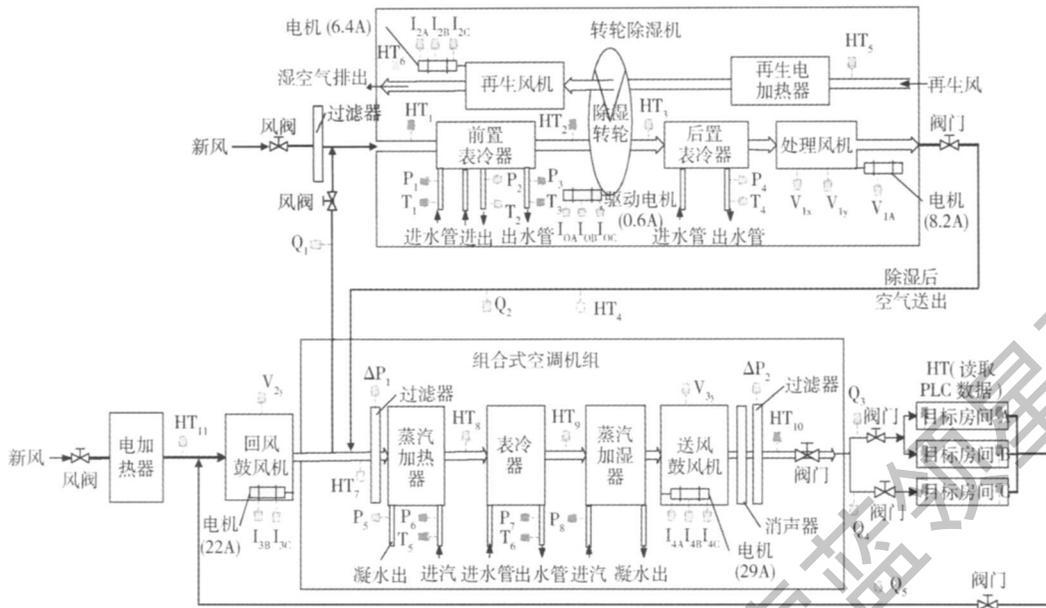
通过对空调机组工作原理和结构体系的深入分析,在空调机组运行技术状态评价指标体系构建的基础上,按照“分系统—部件—评价指标—检测参数”的结构,系统规划了反映技术状态评价指标的检测参数,最终确定了 7 类检测参数:风量、湿度、温度、压力、电流、振动、压差。

3.2.2 传感器组的规划和布局

由于原有系统传感器组评价能力有限,检测手段相对落后,不能满足空调机组及其部件监测、预警、评估与故障诊断要求,因此对传感器组进行扩展和改进,传感器组的布局按照系统级和部件级的原则合理规划,使其能够对系统和每个部件进行性能跟踪及精确分析。根据确定的检测参数体系,选定传感器 7 类共 54 个测点,71 个监测参数,其中:转轮除湿机 31 个监测参数;机组 28 个监测参数;测试大厅 12 个监测参数。基本满足系统参数数据的需要,传感器组布局如图 5 所示。

3.2.3 传感器的选型

充分考虑量程、测量精度、安装尺寸、现场施工及使用环境等技术要求,所有传感器组件均选用一体式变送器。同时,考虑到传感器比较分散,与主机距离较远,为避免信号传递过程中的失真,所有传感



Q - 风量传感器; T - 温度传感器; P - 压力传感器; ΔP - 压差传感器; HT - 湿度传感器; I - 电流传感器; V_x - 振动传感器

图 5 传感器组布局

器采用工业标准的两线制 24 V 供电、4 ~ 20 mA 电流环输出方式。

3.3 数据采集模块

在传感器组的规划与布局的基础上, 根据系统物理通道的数量及各自的精度、量程范围、与主机连接方式以及采样频率等电气要求, 综合考虑各种因素, 选用两块基于 PCI 总线的 32 通道研华 PCI1715U 型数据采集卡, 在总线频率为 33 MHz 条件下, 它在读写传送中最大可达到 132 Mby/s 的峰值传输速率, 可以满足本系统的数据要求。

3.4 通信模块

通信模块为主机自身的串口资源, 主要用于完成与原有“计算机 + PLC”系统之间的数据交换, 有两种方案: 1) 主机通过串口以及串口电缆与原有系统的计算机串口相连, 通过串口协议, 获取原有系统计算机所采集的传感器信号; 2) 工控机通过串口及 MP 电缆以及 TD200 多站管理器与原有系统的 PLC 的 MP 端口相连, 通过 MP 协议, 获取原有传感器传递到 PLC 上的信息。

此外, 根据现场环境和可靠性要求, 选用工控机作为主机。根据系统所要实现的功能, 综合考虑运行速度、处理能力和数据库空间等要求, 采用主频双核 2.0 GHz、1 GB 内存和 160 GB 硬盘完全能够满足系统需要。

4 软件系统设计

4.1 总体结构

根据总体功能, 软件系统可分为在线监测、技术评估、故障诊断、信息管理和帮助 5 个子系统。在线监测子系统包含数据采集、存储与显示、初步分析评价、实时分级预(报)警等功能, 在空调机组连续运行保障试验任务过程中, 能够实现空调机组及其部件运行性能状态的在线监测与分级预(报)警功能; 技术评估子系统主要通过在线监测子系统存储的历史数据或在线实时数据, 对空调机组及其部件技术性能进行分级评估, 实现空调机组及其设备技术状况的跟踪检测和状态变化趋势的分级评估; 故障诊断子系统主要由知识库、推理机和解释机制组成, 实现故障报警或维修时空调机组及其设备的故障定位和隔离; 信息管理子系统主要实现系统各种数据的维护管理及历史数据分析; 帮助子系统主要为用户提供软件操作的帮助支持。

4.2 总体流程

根据系统总体功能及其管理使用时机, 可将系统分为平时检测、用时监测、维修指导、信息管理和帮助 5 个模块, 软件启动后, 用户可根据实际需要进行选择, 程序根据用户所选择的模块进入不同的处理流程。软件总体流程如图 6 所示。

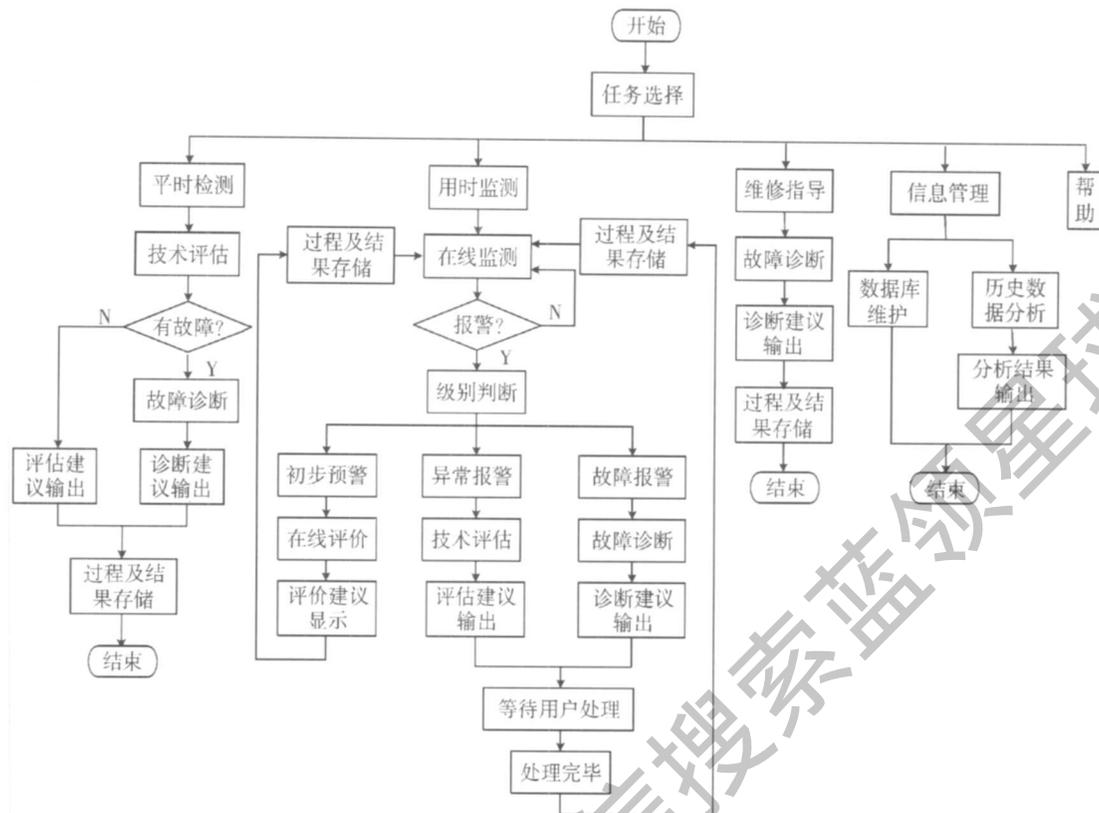


图 6 软件总体流程

用户选择“平时检测”时,空调机组启动运行,程序首先调用数据采集底层模块,按照评估要求采集技术评估所需的各种检测参数,然后调用技术评估模块,分析所采集的各种检测参数,对空调机组目前的技术状态进行全面评估。

用户选择“用时监测”时,空调机组启动运行,程序首先调用数据采集底层模块,实时连续采集系统检测参数体系中所包含的各个参数量,并显示在界面上,同时参照技术指标体系,采用多线程技术对实时采集的数据进行在线初步评价。当评价结果为正常时,程序继续在线监控;否则,进行预(报)警,程序根据预(报)警级别自动进行相应的处理。

用户选择“维修指导”时,程序则直接调用故障诊断模块,指导用户逐步定位故障,并给出诊断结论和维修建议,帮助用户排除故障,随后程序存储诊断过程及结果数据,程序结束。

用户选择“信息管理”时,程序会提示用户进行数据库维护或者历史数据分析两大子任务的选择。

用户选择“帮助”时,则直接调出帮助文档,为用户操作软件提供指导。

5 结论

笔者根据组合式空调机组的特点及其在航天测发领域的实际应用,设计了一套能够对组合式空调机组运行状况实时监测、在线评估、实时报警和故障诊断等功能集一体的状态监测与故障诊断系统。实际应用表明:该系统有效地提高了空调系统的性能监控、故障报警、故障隔离与诊断的能力,为发射前卫星等设备提供良好的调试环境,在保证设备的安全调试和发射任务的按时完成方面,起到了重要的作用。

参考文献:

- [1] 黄翔. 空气调节[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [2] 郭辉, 袁旭东, 熊永福. 实时故障诊断专家系统在空调中的应用[J]. 电气传动与自动化, 2004, 26(3): 41-43.
- [3] 陈友明. 自动故障检测与诊断在暖通空调中的研究与应用[J]. 暖通空调, 2004, 34(3): 29-33.
- [4] 李志生, 张国强, 刘健龙. 暖通空调系统故障检测与诊断研究进展[J]. 暖通空调, 2005, 35(12): 31-38.

(责任编辑: 尚彩娟)