

# 空调通风测试台测控系统的研究与应用

孙吉磊, 张天开, 关珊珊, 张永勇  
(青岛理工大学 自动化学院, 山东 青岛 266033)

**摘要:** 以工业控制计算机为核心构建了高速列车空调通风测试台测控系统。可对多路物理量(温度、风速、压力等)进行采集、分析处理和调节控制。通过实验测试对高速列车新车型的开发设计进行验证调试,对在用车型的各指标进行检测改进。对于提高测试的自动化水平、保证和提高车厢内的环境质量具有现实意义和实用价值。

**关键词:** 高速列车; 空调通风; 数据采集; 测量控制

中图分类号: TP273

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2010)19-0085-04

## Research of high-speed train HVAC test bed control system

SUN Ji Lei, ZHANG Tian Kai, GUANG Shan Shan, ZHANG Yong Yong  
(Automation Institute, Qingdao Technological University, Qingdao 266033, China)

**Abstract:** High-speed train HVAC test bed control system is designed based on industrial control computer. It can be multiple pairs of physical quantities (temperature, wind speed, pressure, etc.) for the collection, analysis and processing and regulation control. Experimental test of the high-speed trains through the new model development and design verification debugging of the models in use to improve detection of the various indicators. Improving the level of automation testing to ensure and improve the quality of the environment inside the passenger compartment of practical significance and practical value.

**Key words:** high-speed train; air conditioning and ventilation; data acquisition; measurement and control

当列车以高速运行时,如果车厢密闭不严或开启车窗,则车内会产生强烈的紊流和噪声,因此高速列车的车厢在列车运行时几乎为密闭空间,所以车厢内就要装有空调通风系统。对于设计的新车型和在用的车型,其空调送风系统在送风量、送风均匀性、气流组织、管道的静压等技术方面,均需要通过测试台测控系统进行实验测试,以便进行设计前期验证、实验调试、改进,使设计制造的空调通风系统达到设计要求<sup>[1]</sup>。

本测试台就是要完成对列车车厢空调通风系统的测试、验证和调试。对于投产前的新车型,通过本测试台自带的空调、风机机组来对新型车厢内各项设计要求进行前期的设计、调试来确定新车型的空调通风系统的设计。对于在用的车型,本测试台通过连接车厢内已有的空调通风系统来检测车厢内的各项指标是否达标,通过对检测结果的分析对在用车型中的系统进行改进提高。

本系统以工业控制计算机为核心,采用微机测控技术构成一套数据采集和工况闭环调控系统。随时可以看

到所有监控参数和结果,并可结果存储和打印,可以迅速对测试过程中出现的问题进行分析,实现对车厢内温度、风速、压力等参数的测量与控制。对提高测试的自动化水平、车厢内环境的改善有重要意义。

### 1 系统主要功能及技术参数

#### 1.1 系统的主要功能

该系统的功能主要是对列车空调通风系统进行试验研究及设计前期验证。对于新车型,系统可利用自带的空调通风系统完成对其各参数的检测,通过测量参数对新车型进行设计、验证、改进,使其空调通风系统达到设计要求。对于自带空调通风系统的在用车型,系统可直接连接到车厢已有系统,实现对在用车型空调通风系统的指标检测。系统主要实现以下功能:(1)车内基本空气参数测定;(2)空调系统集成和优化研究;(3)风道系统均匀性测试和研究;(4)空调通风系统降噪研究;(5)车内气流组织和舒适性研究;(6)高速列车空调送风系统研究;(7)新型通风系统研究(如诱导通风,变流量分区控制

系统等)。

## 1.2 系统的主要技术参数

- (1) 实验台总制冷量: 25~90 kW(可调);
- (2) 模拟空调系统的总风量: 2 000 m<sup>3</sup>/h~10 000 m<sup>3</sup>/h(可调);
- (3) 供电容量: 100 kVA;
- (4) 温度测量精度:  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ;
- (5) 送风温度控制精度:  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ;
- (6) 相对湿度测量精度:  $\pm 3\%$ ;
- (7) 风速测量精度: 最大量程的 $\pm 3\%$ ;
- (8) 风量的测量精度:  $\pm 2\%$ ;
- (9) 风量的控制精度:  $\pm 3\%$ ;
- (10) 压差的测量精度:  $\pm 2\text{ Pa}$ , 量程(-1 000 Pa~1 000 Pa);
- (11) 具有可视化功能; 集中发烟装置;
- (12) 具有视频录制、截图功能;
- (13) 数据分析综合软件: 具有自动的数据分析功能和反演云图功能。

## 2 系统的组成和硬件结构

### 2.1 系统的组成

系统以工业控制计算机、各种温度、风速、压力等传感器、变送器、采样器、风机、变频器、空调机组等为平台, 通过检测各个测点的温度、压力、速度等参数, 对采集的数据进行处理分析, 根据制订的运行策略对车厢内的各控制量进行自动控制。并通过数据分析对车厢内的风道、风口进行调整, 实现对车厢的设计验证及实验调试。

系统需要保证较高精度的温度、湿度、压力、风速、风量、噪音等参数的测量, 所有传感器、变送器、采样器均须性能优良、测试稳定、精度高。系统要实现送风温度、送风量、车内微正压的自动控制, 其传感器、A/D 及 D/A 转换器、执行器须性能稳定。对速度场、温度场、压力场及气流组织的测定采取可移动测量方式, 所有的测量与控制均由计算机自动完成, 用户界面友好、方便。

### 2.2 系统的硬件结构

根据系统的参数要求, 对系统的硬件进行配置。为达到可测定车厢内任意点的温度、风速、压差及流型的相应参数, 其测定均采用可移动式测量方式, 即所有测量仪器均可在车内移动, 每个传感器测试线的长度在车厢内需达到 20 m, 以便于对温度场、速度场及流型的测定。风量的测试拟采用喷嘴流量计和微风速仪相结合的方式。在总风道中使用精度较高的喷嘴流量计, 并作为风量调节控制的基准传感器, 在风道内及末端风口处采用微风速仪。相对湿度与噪音的测试仅作为一般性测定, 考虑对降噪技术的研究所用, 采用分频声级计。测试台视频部分承担实验过程的声像记录功能, 其是可视化的最终图像手段之一。对于控制用风压的测定, 不论是车内正压还是风道资用压力的测定, 其传感器和变送器均可与实验台、压差传感器公用。

系统的硬件设置具有结构合理, 运行可靠的特点。系统的运行过程采用多种方式实现, 既可采用手动方式实现, 又可使用自动方式完成。在手动方式下, 测试员通过手动设置参数、控制按键、旋钮等控制各种设备、执行机构、检测单元等对象完成实验过程。在自动方式下, 操作员可通过预先设置存储的实验流程通过启动键由测试系统自动完成测试过程。系统的硬件结构图如图 1 所示。

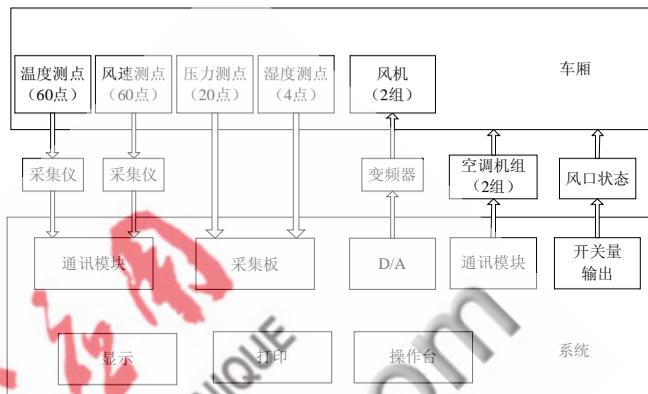


图 1 系统结构图

系统控制部分以可靠性高、处理速度快、数据分析能力强、稳定性好的高性能工业控制计算机为核心, 配以 A/D、D/A 采集板、通讯模块及开关量输出模块等组成。通过车厢内可移动的 60 点温度传感器和 60 点风速传感器对车厢内的每一部分进行精确的温度和风速的测量, 因为此处测量的数据量庞大而且要求测量精度高, 测量的数据由高速、高精度的数据采集仪进行采集、存储。工控机通过通讯模块与数据采集仪进行数据传输。20 点的压力传感器和 4 点湿度传感器的数据直接由工控机上的 A/D 采集板进行数据采集, 由于要求数据的精度比较高, 所以工控机的 A/D、D/A 采集板都选用 12 位隔离型采集板。系统通过对采集的温度、风速、压力、湿度数据进行分析, 通过与设定值的比较, 根据指定的运行策略控制风机风速和风量的大小、空调机组温度、风量的调节和风口的开关, 使车厢内的各项指标达到设定值。同时采集的数据存入数据分析系统, 经过数据分析得出车厢内温度场、速度场的云图, 根据数据结果调整送风温度、速度及车厢内各风口的开口位置及大小。

## 3 系统的软件结构设计

### 3.1 系统的软件结构

本系统软件采用 Web Access 组态软件开发完成。软件具有简单、易用、灵活、开发周期短、功能强大等优点。

利用 Web Access 组态软件设计开发的软件程序能很好地完成对车厢的各项指标的检测以及对各控制量的自动控制。系统在工作时其工况调节与数据采集、显示及输出均可并行进行。

测试系统包括测量控制系统、视频监控系统和数据分析系统三个子系统(以下简称: 测控系统、视频系统、

数据系统)。三个子系统既可独立实现各自的功能,又可相互实现数据共享完成实验系统的全部功能。

测试系统运行时对三个子系统分别设置自动和手动操作界面,可在系统的主界面中选择使用。

对应测控系统的运行配备以下主要功能:

(1)测控系统设置:设置测控系统的预置运行参数。

(2)测控系统信息汇总:显示测控系统在运行过程中的各种检测参数、分析结果、各个测点的变化曲线等信息。

对应视频系统的运行配备以下主要功能:

(1)视频系统设置:设置视频系统的工作方式、调整视频摄像参数、选择视频录像操作等。

(2)视频系统信息处理:对视频系统的存储信息进行处理,如:录制信息的选择,截图操作等。

对应数据系统的运行配备以下主要功能:

(1)数据系统设置:为数据分析系统设置参数,预置数据取样间隔、数据调整参数等。

(2)数据系统信息处理:对采集的信息进行分类、存储,方便数据处理系统对数据进行调用、分析等。

主画面中还配备了系统参数设置的操作按键。用以设置系统的修正参数、系统工作参数等。

(1)修正参数为测控系统的各个测点设置修正参数、比例参数、量程参数等,以保证参数测量的准确性。

(2)系统参数为各个系统协调工作设置参数,包括数据库参数、系统自动运行参数、操作员信息参数、历史数据参数等。

(3)手动操作为系统的运行配备了手动操作方式,可由实验员手动操作测试实验的各个步骤,包括测控系统的检测过程,视频监控的数据选取,数据分析系统的数据选择、运算处理、结果分析等。

(4)自动操作为系统的运行配备了自动操作方式。在该方式下,由实验员启动测控系统、视频系统、数据系统按照预置的参数要求自动地完成整个测试过程。

### 3.2 系统控制过程

系统的控制流程图如图2所示。系统通过各传感器测量得到的温度、风速、压力等参数对车厢内的环境进行分析,通过与设定要求的数据进行分析比较,然后利用PID算法对空调、风机等对象进行控制,使车厢内的各项指标趋于设计要求。

系统首先根据参数要求调节空调机组控制空调的送风温度达到系统要求,通过调节进风口和出风口的风量调节车内的压力,使之满足车厢内保持微正压的要求。控制变频器、调节风机来调节送风量和送风速度,调整车厢内各风口的位置和大小,根据以上综合控制来使车厢内各点的温度符合要求,并调节送风速度使之在要求的范围内。

## 4 系统工况详解

### 4.1 测控系统

(1)开启时,实验员需进行参数的设置,包括温度测

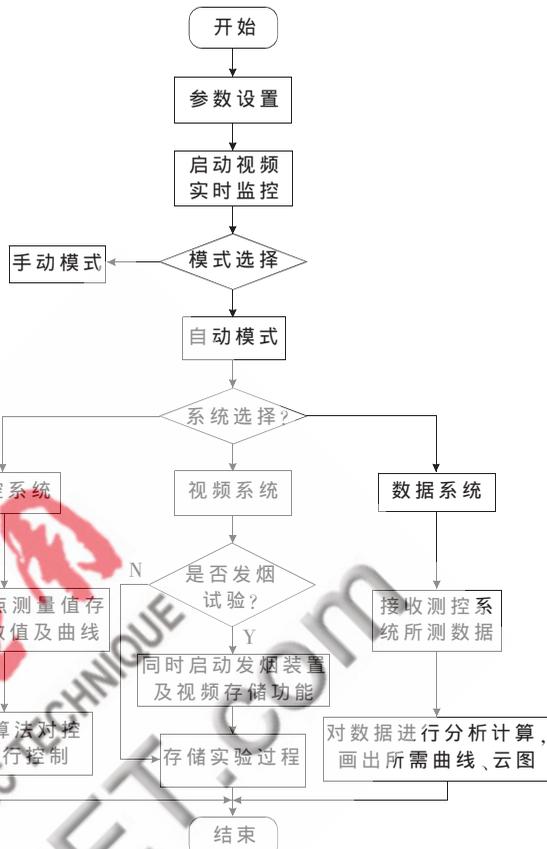


图2 系统控制流程图

点的选定(首次启动需进行标定)、风速测点的选定和压差测点的选定,确定所选测点无误后,完成参数设置。

(2)进入参数设定界面,控制参数显示风量、风压、出口温度三项;测试参数显示温度、风速、压差、湿度四项。

实现的功能:温度、风速、压差均可指定测点;测试的参数均显示数值和实时变化曲线;所有测试实时数据均进入数据库,以备随时调用从而进行数据分析处理。

(3)设备运行参数的显示。实验进行过程中,可切换系统的运行数据,该数据在系统结构原理图中表明各关键点的对应数值。

### 4.2 数据分析处理

(1)测试类型的设定。包括风口、断面、风道内三个部分,输入各部位的测点编号,完成定位功能(断面处可输入断面上的各点坐标)。

(2)风口处:风口风速、温度数据的曲线绘制,不均匀系数的计算。

(3)断面处:温度场、速度场的插值计算,生成云图;空间任意点的测量值查询;求解温度场、速度场的不均匀系数,ADPI评价指标;截面(温度场、速度场已知)的PMV分布云图。

(4)风道内:压力测点(每个压差变送器对应两个)、温度、风速测点的定位,绘制风道内的阻力变化曲线。

### 4.3 视频监控系统

包括实时监控、调整视角(缩放)和录像功能。

(1)实验台开启时即启动实时监控功能;

(2)摄像头的视角范围可手动调整;

(3)录像功能:根据需要手动设定,录像的视频文件自动进入数据库储存;发烟实验时,录像存储功能和发烟器同时启动,自动存储相关视频信息。

本系统的研究成功解决了高速列车空调通风系统人工检测费时费力且精度无法充分保证的实际问题,对高速列车新车型的开发设计和旧车型的指标检测有指导意义,对于保证和提高高速列车车厢内的环境质量具有现实意义和实用价值。

#### 参考文献

[1] 李剑, 林东.270 km/h 高速列车二等座车空调系统的设

计[J].铁道车辆,2004,42(2):17-19.

[2] 潘新民,王燕芳.微型计算机控制技术[M].北京:电子工业出版社,2006.

[3] 史自强,张吉光,邢海峰,等.客车空调通风试验台及测试方法[J].铁道车辆,2004,42(1):33-36.

(收稿日期:2010-05-05)

#### 作者简介:

孙吉磊,男,1986年生,硕士研究生,主要研究方向:PLC控制。

张天开,男,1955年生,教授,主要研究方向:自动控制。

关珊珊,女,1985年生,硕士研究生,主要研究方向:自动控制。

