

基于可视化的组合式空调机组运行仿真系统

王建华¹, 赵倩², 刘元成¹

(1. 北京信息科技大学, 北京 100085; 2. 中央美术学院, 北京 100015)

摘 要: 为达到方便分析、检验组合式空调机组设计的准确、安全及合理性, 节省样机制作和运行实验费用, 缩短设计周期, 修改和完善产品设计的目的, 文章从系统结构设计及主要功能、仿真模型的建立、建立开放型数据库和图形库、系统运行仿真可视化等方面, 介绍在微机上基于可视化的组合式空调机组运行仿真系统的研究成果, 并通过一个实例验证了软件系统应用的有效性。

关键词: 计算机应用; 组合式空调机组; 运行仿真; 可视化
中图分类号: TP 391

文献标识码: A **文章编号:** 1003-0158(2005)04-0092-06

组合式空调机组是由若干具有不同空气处理功能的段体组成的中央空调系统的关键设备, 主要用于各大商场、办公楼、宾馆、机场、地铁等。随着人类生活水平和生活质量的提高, 空调业得到了迅速的发展。我国空调产品的产量目前已达到了世界第一, 但由于是在大量引进、仿造的基础上发展起来的, 技术的发展落后于产品的发展速度。在所耗能源、材料、技术手段及产品开发费用等方面仍然落后于先进国家, 尤其是在新产品开发上, 主要依赖于引进国外先进技术和设计人员的经验, 企业需要投入大量的资金用于样机制作与实验。因此, 利用计算机仿真技术, 开发基于可视化的组合式空调机组运行仿真系统, 来实现实体实验、优化结构的目的, 是企业亟待解决的一项实用课题。作者以北京空调器厂为协作单位, 在此方面进行了软件开发的研究工作。

1 系统结构设计及主要功能

组合式空调机组运行实验是一个复杂的动态过程, 它牵涉到空调机组的设计、段体选型及外部环境等各个方面, 且各环节之间又相互关联和作用。而组合式空调机组的运行仿真是针对组合式空调机组设计计算和选型结果, 在计算机上模拟各种不同工况的运行状态, 为产品设计提供一种实验方法。以方便分析和检验组合式空调机组系统设计的合理性, 节省大量原本用来做样机的实验费用, 缩短设计周期, 提高实验的安全性, 进而修改和完善设计^[1]。基于以上目标, 组合式空调机组运行仿真系统的软件设计主要由科学计算和可视化运行仿真组成, 系统主要结构设计如图 1 所示。

系统各模块具有以下主要功能:

(1) 空气参数计算 包括各空气参数的计算, 并利用焓湿图直观形象的放映各空气状态点的位置与变化。

收稿日期: 2005-02-03

基金项目: 北京市教委科技发展计划资助项目(2002KJ-123)

作者简介: 王建华(1953-), 女, 北京人, 教授, 主要研究领域为工程图学及计算机辅助设计。

(2) 一次回风计算 根据给定的室内、外空气参数, 确定降温、加热、加湿后的各空气状态参数。

(3) 表冷段仿真计算 包括表冷段参数的输入、增加、删减、修改等, 从而直接用人机对话良好的界面操纵数据库。通过输入入口空气参数及表冷器型号的选择, 仿真求出表冷段的出口空气参数以及表冷器的冷量、空气侧阻力、水侧阻力等参数。

(4) 干蒸汽加湿段仿真计算 根据室内、

外空气参数, 确定加湿段的加湿量。

(5) 系统仿真计算 确定各段的结构参数, 根据室外空气参数以及所需的室内环境条件, 模拟空调机组的各调节开关, 计算各段体的输出空气参数以及表冷段的冷量等关键参数。

(6) 可视化输出 在选定了空调器型号后, 系统会自动按比例绘制出组合式空调机组三维表面结构框架图形, 仿真开始后能动态的模拟空调机组的运行工况。同时, 运行仿真结果各参数的变化值能实时显示在计算机屏幕上。

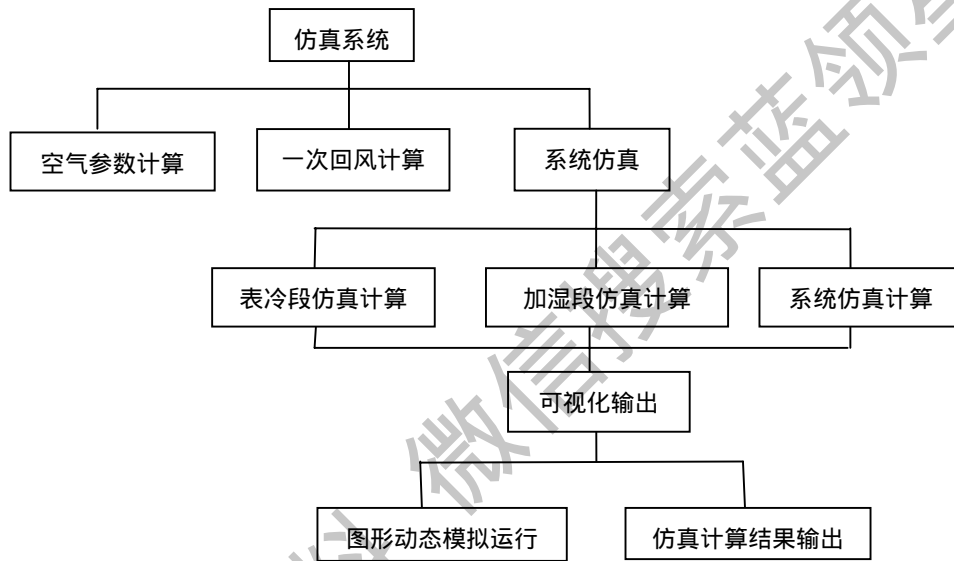


图1 组合式空调机组运行仿真系统结构框图

2 软件开发的关键技术

2.1 仿真模型的建立

系统仿真模型是建立在各段体模型建立的基础上, 再通过数学抽象得到的^[2]。组合式空调机组除了五个基本段(新回风混合段、粗效过滤段、表面冷热交换器段、加湿段、送风机段)外, 还包括可选择的6个附加段(中效过滤段、蒸汽加热器段、中间段、回风机段、消声段、新排风混合段)。每个段体由于内部部件不同, 从而可实现不同的功能。例如送风机段和回风机段里面部件为风机, 分别实现从空调机组到室内的送风和从室内到空调机组的回风功能; 粗效过滤段和中效过滤段中的部件为过滤器, 由于材质不同, 所以过滤的效果也有所不同; 表面冷热交换器段

中的表冷器实现制冷制热的功能; 加湿段中因为加湿器所以能实现加湿的功能。在空气处理中, 新回风混合段、表冷段、加湿段和蒸汽加热器段是最重要的, 它们基本实现了空调机组所有功能, 即制冷、制热、加湿和保持室内空气新鲜的功能。其它段实现的是一些附加功能, 例如消声段是为了减少噪音污染, 过滤段是为了减少空气中的微尘粒子等。所以在建立模型的时候, 将空调器简化成新回风混合段、表冷段、加湿段和蒸汽加热段。分别建立了仿真模型。

对组合式空调机组仿真模型的建立, 是将室外空气条件、室内空气条件、制冷剂的入口参数、新回风比和空调机组中内部运行机制, 作为输入条件。模型的输出为空调器的出口空气参数、制冷剂的出口参数以及空调机组的各个部件的运行参数。组合式空调机组实际上是作为一个

一次回风计算模型来运行的。一定条件的空气先进入新回风混合段，与回风形成混合空气，然后进入表面冷热交换器段，与一定参数的制冷剂进行热交换，输出制冷后的空气进入蒸汽加热段，将空气加热到室内空气所需要的输出空气温度，在加湿段中将空气等加湿为室内空气所需要的输出湿度，通过送风机段将空气输出，空气吸收室内的余热余湿，达到室内所需要的空气状态，通过回风机段将部分空气抽入空调机组继续形成以上循环。整个空调机组工作状态模型原理如图 2。

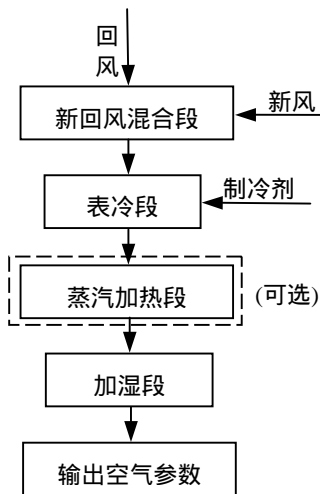


图 2 组合式空调机组工作状态模型原理图

2.2 建立开放型数据库和图形库

数据库采用了 XML 数据描述语言进行构建，XML 是一种独立于平台和操作系统的可扩展标记语言，它具有比较直观、清晰规范的存储格式，让数据在不同的操作系统或应用之间进行灵活交换。故此，系统数据库开发广泛采用了这种文件，从程序模块间的数据交换，到表冷器参数库的建立，从各种实验数据的采集，到各种公式的系数存储，乃至整个程序的菜单结构都是采用 XML 进行建立的。使用这种语言建立的数据库文件，具有维护方便，扩充容易，检索方便等优点。

数据库以型号与风量一一对应为索引进行检索，按行进行存储，包含了以下一些字段：截面尺寸 (W, H, h) 主要技术性能指标 (风量、冷量、热量、水量、机外余压、噪声) 各个功能段的长度和重量、过滤段性能指标 (滤速、初阻力、终阻力、计数效率)、表面冷热交换器段的技术指标 (台数、水阻、风阻、水管直径) 加湿段的加热量、送风机段的电机功率以及各个功能段的其他外形尺寸等。图 3 是采用 XML SPY 工具查看一表冷器计算结果的 XML 文件内容。

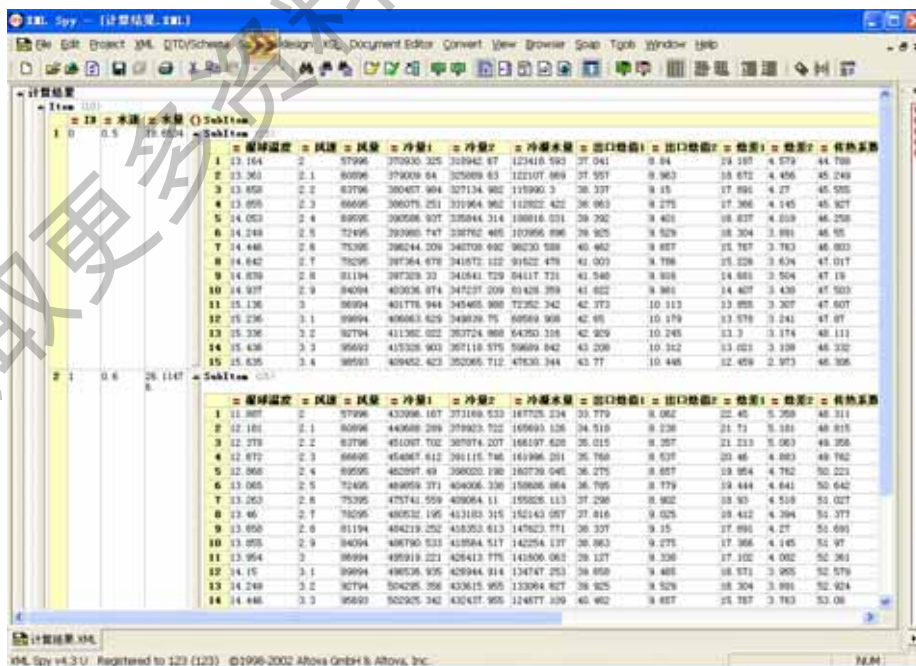


图 3 计算结果 XML 文件内容

图形库采用 VC++编写参数化的 ARX 应用程序方法构建,根据空调机组的组成及零部件的结构特点,按照组成机组的段体对零部件进行分类。图形库分为 3 个层次,即参数化图形库、段体类和零部件。图形库包含 7 个(段体)子库,每个子库又包含该段体的所有零部件。该图形库覆盖了厂家产品中主要的 4 个系列的空调机组。图形库结构模型如图 4 所示。

2.3 系统运行仿真可视化

仿真过程是按照实际的空调机组运行过程进行的,由于组合式空调机组的运行仿真涉及到的输入和输出参数比较多,在软件设计时,其主界面包括了 3 个主要部分:参数输入及调节区域、空调器图形绘制仿真区域、仿真结果控制及输出区域,如图 5 所示。

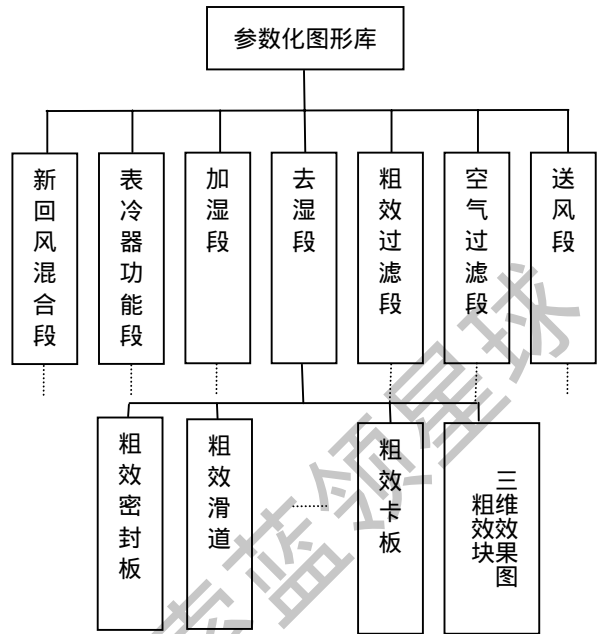


图 4 图形库结构模型

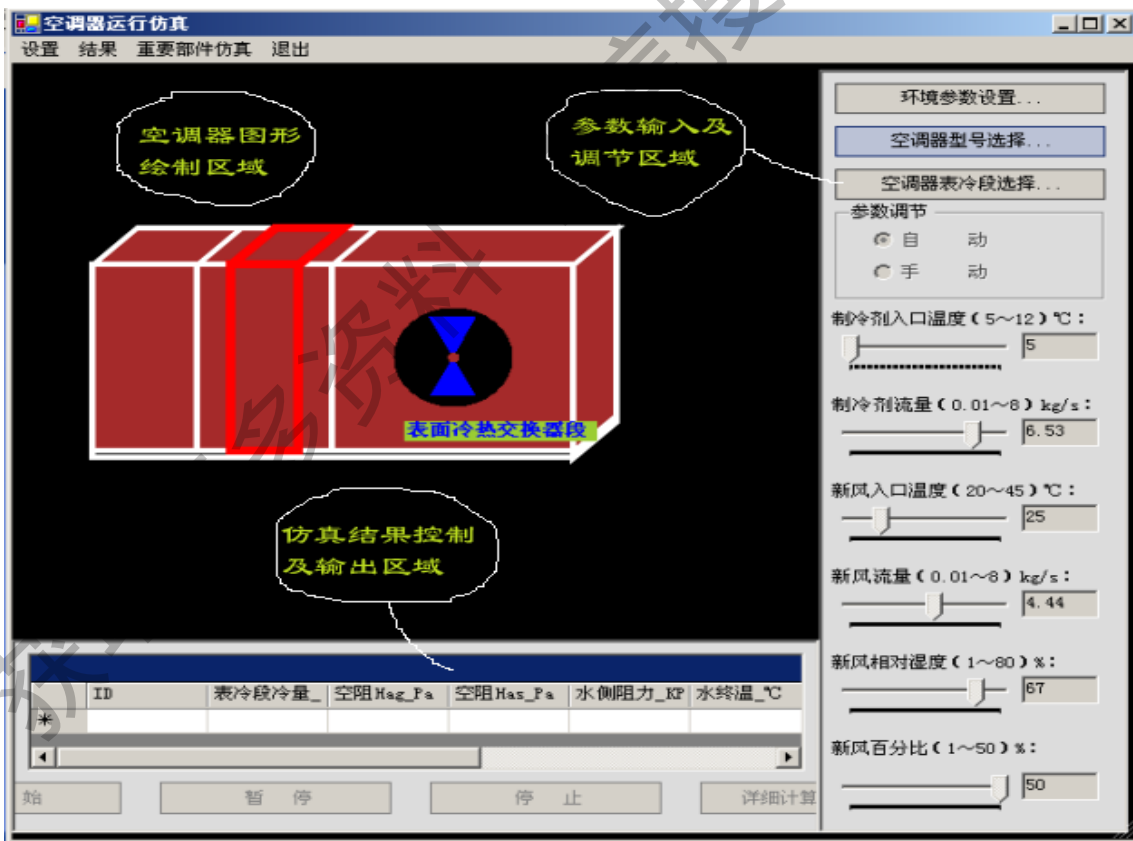


图 5 组合式空调机组运行仿真主界面

参数输入及调节区域,主要用来输入仿真结构参数和工艺参数,对那些确定的参数通过对话框来实现,可调节的参数可以通过自动或手动两种方式进行调节。

框来实现,可调节的参数可以通过自动或手动两种方式进行调节。

空调器图形绘制仿真区域，在选择空调器型号后，系统会在图形绘制区域自动按比例绘制出组合式空调机组三维表面框架图形。当鼠标在一个段体框架上停留两秒钟时，会显示出该段的名称。单击该段体框架，会弹出请求输入或改动内部部件的对话框。同时，图形区域还具有另一个作用，那就是能够动态的模拟空调机组的运行工况。当点击仿真开始按钮时，图形绘制区域送风机段中的风扇就会运转起来，并且随着风速的大小而或快或慢。还会标出风的输送方向，其输送方向箭头也能随着风速的变化而变化，能比较直观的模拟空调机组的运行。

仿真结果控制及输出区域，前者主要控制仿真计算的运行，包括开始、暂停、停止以及详细计算结果输出4个按钮。后者则是将仿真的结果直观形象的反应出来。仿真结果输出区域可同步显示仿真运行结果数据。

3 应用实例

应用该软件系统对部分组合式空调机组产品设计项目进行了实验，认为已基本达到了实际应用的技术指标。这里以 ZKWB80 型号组合式空调机组设计项目为例。

ZKWB80 型号组合式空调机组是集中式空调系统的空气处理设备，可完成对空气的加热、冷却、加湿、去湿、净化等处理。按空气处理功能设有蒸气加热段、水冷式表面冷热交换器段、干蒸气加湿段、粗效过滤段、新回风混合段、送风机段。

利用软件系统进行仿真实验：

(1) 对表冷器进行仿真效核计算，如图 6 所示。



图 6 表冷器仿真效核计算

先选定表冷器型号，系统会自动查阅数据库得到大气压力、传热面积等参数。输入空气冷却前后干球温度、湿球温度、相对湿度和进口水温参数，系统自动计算出水流速、迎面风速等。

(2) 机组整体运行仿真。已知：风量

$Q = 80000 \text{ m}^3/\text{h}$ ；北京地区夏季工况室外气象条件：大气压力 $P = 101.3 \text{ kPa}$ ， $t_w = 33.8^\circ\text{C}$ ， $\phi_w = 62\%$ ；室内空气参数： $t_N = 23^\circ\text{C}$ ， $\phi_N = 55\%$ ；新风与循环风比：15%：85%。取

室内的空气余热为 11.3kW, 余湿为 0。送风温差为 5。选取与样机相同的结构、设备及设计参数在计算机上进行实验。

仿真结果与空调器厂提供的样机实测结果进行比较, 如表 1 所示。

表 1 仿真结果与样机实测结果比较

	冷水出口温度 ()	送风温度 ()	送风相对湿度	冷量 (kW)
仿真结果	13.16	13.188	0.949	457.183
实测结果	13.3	13.33	0.95	458.1

通过比较, 可以看出, 使用该仿真软件获得的结果和样机实测结果基本一致。在软件的运行过程中, 还可以任意改动空调机组的运行条件, 从而得到各种不同的参数, 模拟各种运行工况。

计、实验方法, 为组合式空调机组产品设计提供了一项实用、操作简单、性能可靠的计算机应用技术。有助于推动企业的技术进步, 推广应用前景广阔。

4 结束语

本项目的研究采用 Windows 操作系统, AutoCAD 2000 绘图平台, 用 C#, Vc++ 和 ObjectARX 编写了全部软件程序, 具有良好的中文用户界面, 采用开放式数据库和图形库, 易于维护和扩展。在计算机上实现了组合式空调机组这一复杂系统的直观描述和设计结果的可视化运行仿真。为工程技术人员提供了一种崭新的设

参考文献

- [1] 绍双全, 石文星, 陈华俊, 等. 制冷空调系统计算机仿真技术综述[J]. 制冷与空调, 2002, (3): 10~15.
- [2] Hamilton J F, Miller J L. A simulation program for modeling an air-conditioning system [J]. ASHRAE Transactions, 1990, 96(1): 213~221.

The Visualization-Based Simulation System of the Running of a Combined Air-Conditioner

WANG Jian-hua¹, ZHAO Qian², LUI Yuan-cheng¹

(1.Beijing University of Information Science and Technology, Beijing 100085,China ;

2.Central Academy of Fine Arts , Beijing 100015, China)

Abstract: This paper aims to provide a convenient way to analyze and evaluate the accurateness, safety and rationality of the setting up of a combined air-conditioner, and in this way reduce the cost of setting up and running the model machine, shorten the period of experiment, improve and perfect the design of the combined air-conditioner. The basic structure and main function of the simulation system of the running of a combined air-conditioner is introduced. By elaborating the process of setting up the working model, setting up an open database and an open graphics database of the system, and the method for visualizing the system, the paper stresses the possibility and achievement of the running of the visualization-based simulation system on computer. Finally, an example is presented to justify the effectiveness of the software.

Key words: computer application; combined air-conditioner; running simulation ; visualization