

空调风系统计算机辅助 调试系统的开发^{*}

北京工业大学 叶 勇[☆] 李炎锋 贾 衡

摘要 为提高现场调试效率,开发了该系统。介绍了该系统的结构和功能,并通过风系统调试实例说明了其应用过程。

关键词 风系统 计算机辅助调试 风阀 四通 开度

Development of a computer-aided adjustment system for duct systems of air conditioning

By Ye Yong[★], Li Yanfeng and Jia Heng

Abstract For improving field adjusting efficiency, develops the system. Presents its structure and functions. Demonstrates application process of the system by an example.

Keywords duct system, computer-aided adjustment, air damper, cross, open degree

★ Beijing University of Technology, Beijing, China

①

0 引言

空调系统的测定和调整(TAB, testing, adjusting and balancing)对空调系统投入运行后效果的好坏有重要影响。在TAB中,风系统调试是一项非常繁杂的工作,其工作强度大,工作环境差,有时还需要工作人员进入建筑的吊顶里进行风量调试。因此如何减轻现场调试工作量,提高工作效率成为业内关注的课题。目前计算机硬件设备和软件开发水平已能够满足通风调试软件的开发要求。我们可以在现场调试前,根据风量设计要求,利用计算机辅助计算出风系统上各阀门的理论开度,并作为风阀安装时的预调开度。由于国内的设备安装公司同时负责系统的调试工作,现场调试时,一般情况下只需在风阀预调开度基础上进行微调,即可达到风系统调试要求。

由于Visual Basic在软件开发及使用过程中可视化好,与AutoCAD、Access数据库等的接口简易,而且功能强大,因此本计算机辅助调试系统

选用Visual Basic作为开发语言。

1 风系统现场调试步骤及特点

风量调整通常采用流量等比分配法或基准风口调整法^[1]。下面以流量等比分配法为例,简要说明风系统现场调试的步骤。首先,在系统平面图上对各管段进行编号,并标出各管段风口的设计风量,阀门、测孔的位置;同时,对实际管道系统进行检查,确定干管、支管、散流器等上的各种阀门(包括防火阀、止回阀等)处于全开状态,三通、四通的调节阀片开至某一中间位置,系统总风阀处于某一开度上。然后,从最远支路或基准风口开始,调节风阀使相邻两支路风量比值与设计风量比值相等或近似相等。最后,调节总干管上的风阀,使总风量与设计风量的偏差在±10%以内。如果调试后的总风量达不到要求,原因可能是风机工作不正

①☆ 叶勇,男,1979年8月生,硕士研究生,工学硕士,助理工程师
100038 北京市复兴路12号中国有色工程设计研究总院通
风室

(010)63962233-3455

E-mail: yxyj222@sohu.com

收稿日期:2003-03-07

* 北京市教委科技发展计划项目(编号:01KJ-009)

常、管路局部堵塞、设计不合理等。排除这些干扰因素后,重新开始正常调试的各步骤。

调试前风系统的总风量或局部送风量经常极大地偏离设计风量范围,而调试过程中,当某一阀门开度改变较大时,阀门下游的各管段及风口的风量均会受到不同程度的影响。因此,实际过程中经常需要反反复复调节许多风阀的开度,才能使所有支、干管的风量都在设定风量范围内,整个现场调试可以说是一个动态调节过程。

2 风系统辅助调试系统的总体结构

该调试系统主要包括五大模块:系统水力计算模块,系统参数设置模块,结果查询模块,实用工具模块,软件使用帮助模块。以下分别进行介绍。

2.1 系统水力计算模块

为了确定风阀预调开度,首先应对风系统管路进行详细的水力计算。为此,首先对送回风管路上各管段进行命名编号,同时在管段参数表中输入:

a) 管段的设定流量、尺寸、长度等;b) 管段上阻力部件的参数,如弯头、风阀、变径管等的类型及对应参数;c) 管段连接风口的参数,如名称、全压损失等。在 VB 中,可以将这些参数存储在自定义的结构体中,下面列出几个主要参数及其表示:

```
Public Type Ductinfo '管段信息自定义结构
    DuctNumber as string '编号
    StartPoint as string '起点
    EndPoint as string '终点
    Volume as string '流量
    Length as string '长度
    Chicun as string * 7 '尺寸
    Wantouleixing as string * 20 '所含弯头类型
    Fengkouleixing as string * 20 '末端风口类型
End Type
```

输入窗口如图 1 所示。

为了减少用户的输入量及操作失误,本系统采取了以下几种措施:

a) 可在输入参数过程中打开相应的 CAD 图形文件(*.dwg, *.dxf),与之进行数据交互,在图上选取数据,即可自动复制到数据输入表选定位置中。

b) 管段尺寸、管段连接的风口或所含设备(如弯头、风阀、变径管等)等均可选择系统提供的已有类型及相关参数,参见图 2。

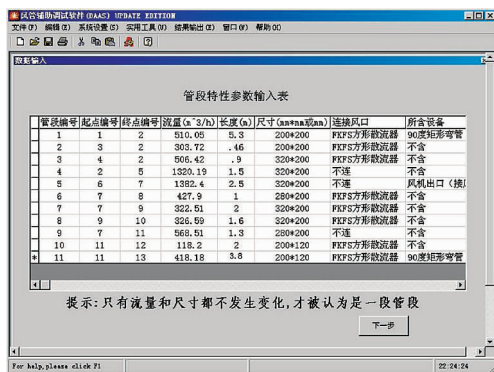


图 1 管段参数输入表



图 2 部件参数输入表

c) 本系统中已提供弯头、风阀、变径管等局部阻力部件的常见类型,通过选择类型及相关参数,即可算出局部阻力系数;对于系统没有提供的设备类型,用户可自行输入扩充并存入系统内。对于任何局部阻力部件,也可以选择直接输入设备局部阻力系数 ζ 的方法。

系统水力计算(包括摩擦阻力、局部阻力计算)的理论依据及算法说明如下:

标准状态下风管摩擦阻力^[2]

$$\Delta p_m = \lambda \frac{l}{d_e} \frac{v^2 \rho}{2} \quad (1)$$

式中 λ 为摩擦阻力系数; l 为风管长度,mm; d_e 为风管当量直径,mm; v 为空气流速,m/s; ρ 为空气密度,kg/m³。计算 Δp_m ,关键是需要计算出摩擦阻力系数 λ 。在空调系统中,风管的空气流动状态大多属于湍流过渡区。计算湍流过渡区摩擦阻力系数,目前广泛采用 Colebrook 公式^[2]:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{K}{3.71 d_e} + \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} \right) \quad (2)$$

式中 K 为风管内壁粗糙度,mm。

利用该公式,通过迭代计算,可求出 λ 。其结果与设计手册对应值的相对误差在±5%以内。非

标准状态下的摩擦阻力 $\Delta p = \Delta p_m \rho / 1.2^{[2]}$, 已知 $\rho = f(p, t)$ (p, t 分别为空气压力和温度)^[2], 可求出某一状态下的摩擦阻力。

因局部阻力部件的多样性, 局部阻力的计算较为复杂, 其计算公式为^[1]:

$$\Delta p_l = \zeta \frac{v^2}{2} \rho \quad (3)$$

式中 ζ 为部件的局部阻力系数。

局部阻力系数 ζ 与局部阻力管件的形状有关, 而且对于三通、四通而言, 还与它们各干管、支管的流速有关。对于如何实现计算机自动计算局部阻力系数, 目前一般采用两种方法, 一是将现行设计手册中的局部阻力资料输入计算机中, 建立局部阻力系数数据库, 并编制分段内插程序, 这种做法的工作量相当大; 二是利用拟合公式计算, 这方面前人已经作了大量的工作, 文献[3]给出了 37 种常用局部阻力管件的拟合公式, 拟合公式计算值和手册上的表格中大多数值的平均相对误差一般不超过 $\pm 6\%$, 其计算精度可以满足工程应用。本系统中某些常见部件的局部阻力系数计算参照了文献[3]给出的拟合公式, 而风口不同开度下的阻力损失系数可参考具体厂家提供的资料。

在我国, 许多建筑物的空调风系统使用四通部件, 为了方便调节四通支管风量, 在实际工程中大量采用在四通阀上加装拉杆阀(见图3)的做法。

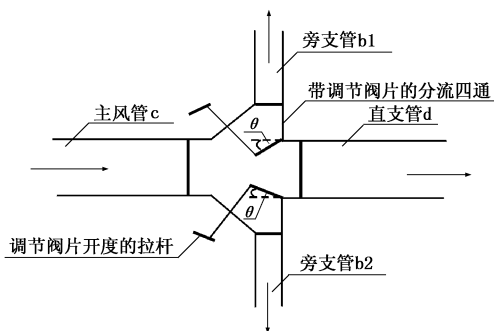


图3 分流四通示意图

而目前国内外关于分流、合流四通局部阻力系数的资料和实验研究都较少, 这给实际空调设计和调试带来诸多不便。为此, 北京工业大学建筑环境与设备工程系在这方面作了较多的试验研究, 试验中采用的四通类型都为工程应用中的常见形式, 得到了分流、合流(对称、非对称)四通的局部阻力系数^[4~7]。研究得出:

$$\zeta = f(v_b/v_c, v_{b1}/v_{b2}, A_b/A_c, \theta) \quad (4)$$

式中 v_b 为支管的风速(包括旁支管 b1, b2 和直支管 d); v_c 为主风管 c 的风速; v_{b1} 为旁支管 b1 的风速; v_{b2} 为旁支管 b2 的风速; A_b 为支管的截面积(包括旁支管 b1, b2 和直支管 d); A_c 为主风管 c 的截面积; θ 为四通调节阀片(共 2 个)的开度。本系统中的四通局部阻力系数主要参照了该系列试验得出的阻力系数图表及拟合公式。这些公式已经在实际调试中得到应用, 在精度上可以得到保证。

2.2 系统参数设置模块

实际工程调试时, 为了解机组是否正常工作, 需要测量空调机组的送风段、新风段、回风段的压头、流量以及风机、电机的转速, 这些数据可输入软件中作为系统数据。在本系统模块中, 同样可以设置风口参数(默认名称、尺寸、全压损失系数等), 空气参数(压头、温度、湿度等), 管段材质, 输入数据的默认单位等。系统参数设置和管段数据输入完成后, 系统会自动查找出三通、四通部件。在设置三通、四通参数后, 系统即可进行全部水力计算。同时, 风机性能曲线和管路性能曲线的交点即为风机的实际工况点。因此, 根据实测的机组工况数据可推算出管路送风段等处的实际压头损失和流量。这样, 只要先调整机组的流量和压头到设计范围内, 从理论上而言, 管路系统上各管段的压力损失及阀门开度都可以计算出来。计算机辅助调试的算法流程见图 4。

2.3 结果输出模块

计算机辅助调试完成后, 在本模块中可以输出阀门预调开度结果和系统压力分布图, 分别存为 txt 文件格式和图片格式, 为以后查询及归档提供方便。

2.4 实用工具模块

为了方便用户, 系统增加了一些辅助功能: 单位换算, 风管比摩阻查询, 常见部件局部阻力系数查询。借助这些功能, 用户可以节省查阅设计手册的时间。这些功能的编制, 主要参考了文献[1~3, 8]。

2.5 联机帮助模块

用户在使用过程中, 可以查阅内容丰富的帮助文件。这样有利于节省时间, 顺利达到计算机辅助调试的目的。

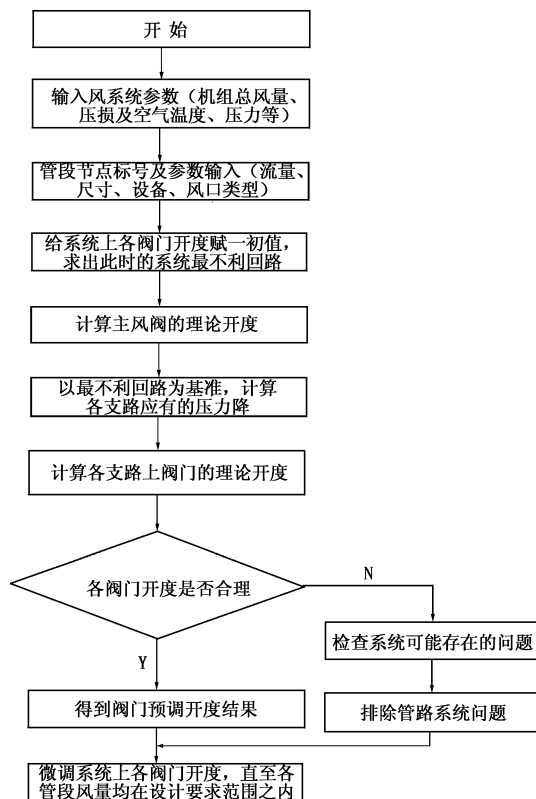


图4 系统算法流程图

3 系统应用举例

3.1 实例简介

为了检验该系统的性能及体现系统的一些特点,笔者选用了北京工业大学气流实验室的空调风系统试验台作为调试对象,试验装置及阀门管段编号如图5所示。调试时所测的系统参数为:空气温度

18.6℃,相对湿度38.5%,大气压 1.05×10^5 Pa,风机送风全压244 Pa,回风全压-52 Pa,转速2500 r/min,流量882 m³/h。管段编号、管段包含部件类型属性及管段设计流量等均可参见图6所示的数据输入窗口。部件的类型及选型可在部件参数输入表中输入。系统部分

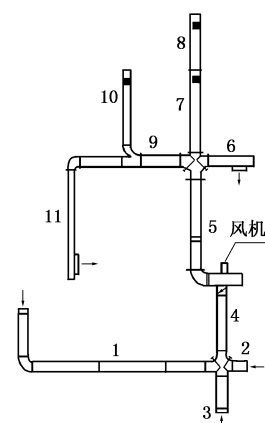


图5 试验装置

数据可以从相应的CAD图导入。系统中分流、合流四通每一分支调节阀的开度 θ 均赋初值为20°,其他阀门的开度 θ 均赋初值为0°。

将软件计算出的阀门计算开度(见图7)设为

管段特性参数输入表

管段编号	起点编号	终点编号	流量(m ³ /h)	长度(m)	尺寸(mm或in)	连接风口	所含设备
1	1	2	193.5	5.3	200*200	FKFS方形散流器	90度矩形弯管
2	3	2	200.4	.46	200*200	FKFS方形散流器	不含
3	4	2	476.9	.9	320*200	FKFS方形散流器	不含
4	2	5	870.9	1.5	320*200	不通	不含
5	6	7	884.7	2.5	320*200	不通	风机出口(1)
6	7	8	371.9	1	280*200	FKFS方形散流器	不含
7	7	9	159.2	2	320*200	FKFS方形散流器	不含
8	9	10	199.2	1.6	320*200	FKFS方形散流器	不含
9	7	11	310.4	1.3	280*200	不通	不含
10	11	12	83.3	2	200*120	FKFS方形散流器	不含
11	11	13	215.4	3.8	200*120	FKFS方形散流器	90度矩形弯管

提示: 只有流量和尺寸都不发生变化,才被认为是一段管段

图6 数据输入窗口

阀门结果显示

ID(自动关联管段(或所属管段))	阀门类型	开度
1	风口调节阀	53
2	风口调节阀	38
3	矩形风道合流四通阀	2旁支管侧开度: 4 1旁支管侧开度: 5
4	矩形风道分流四通阀	7旁支管侧开度: 25 6旁支管侧开度: 17
5	风机阀	37

注: 没有说明的阀门开度均为0度,即处于全开状态

图7 阀门计算开度结果表

施工安装时阀门的预调开度。现场调试前,测得各风口的风量偏离设计风量的范围都较小,因此仅需微调各风阀的开度。由于某一风阀开度的轻微变化,对其他支路的流量影响很小,整个调试工作可以说是一个静态调节过程,所以能很方便地将各风口的流量调至与其设计风量的相对偏差在±10%以内。最后系统各风阀的实际开度为:风口调节阀1,45°;风口调节阀2,45°;合流四通阀3,1旁支管侧10°,2旁支管侧12°;分流四通阀4,7旁支管侧25°,6旁支管侧20°;风机阀5,42°;其他风阀处在全开状态。

利用该系统后,现场调试速度、效率大大提高。这一优点在大型空调系统中表现得更为明显。因此,利用计算机辅助调试系统,可以提高调试速度和效率,降低调试费用,取得良好的社会效益和经济效益。

4 结语

本文所开发的空调风系统计算机辅助调试系统具有界面友好、直观、实用性强等特点。输入管段、部件参数值后,其余工作由计算机自动完成,整个操作过程简单方便。本系统特色之一是充分考虑到国内实际工程中大量使用四通构件,大大加

(下转第77页)