特约组稿专家 刘 东 周祖毅 李强民

科学实验室
环境控制

栏 首 语

科学实验室是实现科技创新、确保社会监管体系正常运转的基础设施之一，广泛应用于教育、研发和质检等领域，近年来我国的实验室建设发展迅速。科学实验室面临着能耗大、实验人员工作环境危险性大、空气污染严重等问题，一些污染甚至可能引起人的遗传特性突变，危及人的生命。长时间在科学实验室工作的人员经常有咽干、咳嗽、胸闷、头疼、恶心、呕吐等不良反应。美国、瑞典、英国进行的流行病学研究表明，化学工作者，尤其是实验室工作人员的死亡率远高于社会一般人群；美国职业安全与卫生管理局公布的统计数据显示，实验室人员寿命比社会平均寿命少 10 年。科学实验室内环境控制是关系到实验人员健康、大气环境质量的重要问题；不同领域的科学实验室既有共性，又有各自的特殊性——在设计、施工、维护、检测等阶段都有特殊的要求。

为了提高科学实验室的设计、实施和管理水平，实现科学实验室的高效安全运行，实现节能减排，我们与《暖通空调》杂志合作组织了“科学实验室环境控制”专栏，邀请了国内外从事实验室环境控制方面工作的人员撰写文章。

专栏共有 16 篇文章，围绕现代科学实验室通风空调的设计理念发展、实验室环境控制关键设备排风柜的发展以及关键性能控制、实验室通风空调工程系统的设计与控制、实验室环境控制系统的构建以及运行管理等诸多方面的问题进行总结和探讨。衷心希望这些文章能为广大暖通空调设计人员、实验室运行管理人员、实验室工作人员、相关管理部门人员提供有益的参考，也热诚欢迎专业人士的批评指正，以共同促进实验室的设计、建设和运行，有效控制实验室内的空气污染，保护工作人员，节约能源。

（刘 东）

现代化实验室的通风空调工程设计见解

上海市机电设计研究院 周祖毅☆

摘要 近年来现代化实验室的通风空调技术高速发展，在不少方面打破了旧规范条文规定、传统习惯或不成文俗成约定的限制和约束。总结了实验室通风工程设计的基本原则，从定风量排风柜的性能、排风柜并联运行系统以及全室通风系统等方面分析了传统实验室通风系统存在的问题。重点介绍了现代化实验室中变风量排风柜的应用、压力无关型文丘里变风量阀的构造及工作原理、大型变风量排风系统的典型模式及自动控制原理。就此类工程设计在审查中常见的问题作了评述。

关键词 实验室 职业卫生 变风量通风 自动控制 排风柜

Views on ventilation and air conditioning engineering design in modern laboratory

By Zhou Zuyi★

Abstract Rapid development in ventilation and air-conditioning techniques in modern laboratories in recent years breaks through some limitations and restraints of past regulations, tradition usual practices or

unwritten agreements. Summaries the basic design rules of laboratory ventilation systems and analyses the existing problems in the conventional ventilation system from the CAV fume hood performance, the fume hood parallel operation system, and the whole room ventilation system. Highlights the application of VAV fume hoods, the structure and working principle of the Venturi pressure independent VAV valves, the typical pattern of large VAV ventilation systems and automatic control theory. Reviews the common problems encountered in the design examination.

Keywords laboratory, occupational sanitation, variable air volume (VAV) ventilation, automatic control, fume hood

★ Shanghai Institute of Mechanical and Electrical Engineering, Shanghai, China

①

0 引言

随着我国产业结构调整步伐的加快,我国工业由制造业中心向研发中心的转型已渐成趋势。近年来国内大企业和跨国集团公司新建和改建的研发中心实验室越来越多。这些新建或改建实验室的通风空调工程设计,采用的理念和模式基本一致,即采用建立在高度自动化、智能化基础上的变风量排风和变风量空调送风与补风技术。新技术的应用与传统设计手法之间的冲突,自然会在不同场合下显现出来。比较突出的场景是,这些实验室通风与空调工程设计在面临各地相关职能机构审查时,总会出现种种歧见。对此,笔者深感自己有责任把问题解说清楚,求得各方共识;积极维护我国相关行政执法和审查的权威性;使各级行政审查始终处于现代化新技术应用积极助推者的境地。

1 实验室通风工程设计基本原则

国内外关于实验室通风工程设计的相关技术规范和标准在总的精神和原则上大都具有某些共性和一致性,归结起来大致有如下几点:

1) 实验室内的实验操作应在排风柜内进行。

2) 为有效控制污染物不逸出,排风柜的排风量应确保工作窗口的面风速大于或等于 0.5 m/s。

3) 新建和改建实验室所用排风柜应装有实时监控显示和声光报警装置,以便实时显示排风柜使用前和使用中的性能参数,并在面风速或者排风量降低到容许下限时,发出声光报警信号。

4) 新建和改建实验室所用排风柜应采用压力无关型风量自动调节、监控与声光报警设施。

5) 凡排风柜排出的有害气体与别的排风柜排放的气体混合后,可能引起燃烧、爆炸或者毒性加剧,不应合并于一个系统。

6) 除排风柜的局部排风外,实验室内还应有全室排风。实验室内的总排风量折合房间换气次数应大于或等于 6 h^{-1}。

7) 实验室内的供暖和空调不得采用循环空气(回风)。

8) 用于补给实验室内排风的新风补给送风系统应是不含回风的直流式系统。

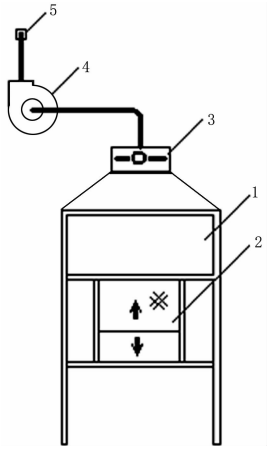
9) 除非是洁净型实验室,一般实验室的新风补风量应略小于房间的总排风量,以使室内相对于走道或办公室保持微负压。

需要特别说明的是,上述第 2)和 3)条是近年来国际上技术先进国家相关标准和规范中的新内容。与此相对应的是,我国的 JG/T 222—2007《实验室变风量排风柜》也加入了相关内容,按笔者的理解,这正是与国际接轨的一项必要举措。

2 传统实验室通风工程设计模式

2.1 老式排风柜的结构、操作及其性能

过去常用的排风柜及其排风方式如图 1 所示,



1 排风柜 2 上下拉窗 3 调节阀 4 固定转速排风机 5 直冲式风帽

图 1 老式传统型排风柜的构造和操作

①☆ 周祖毅,男,1936 年 5 月生,大学,教授级高级工程师
200060 上海市长寿路 800 弄 16 号 702 室
(0) 13916664048
E-mail:zhouzuyi@sina.com
收稿日期:2013-03-11

利用上下拉窗2靠手动实现开关,即当工作人员在工作台前做实验时,拉窗上移,窗口开大,直至全开;离开时下拉,窗口关小,直至关到最小开度。设计计算排风量则是按相应拉窗处于最高位置时,窗口最大开度下确保平均面风速大于或等于0.5 m/s确定。调节阀3是一种调节性能很差的手动蝶形阀,其只是用于安装施工完成后系统调试时,按设计计算排风量整定。阀位一经整定后便定位并固定锁住,不再改变。由此可见,由这样的排风柜及其风阀所构成的简单排风系统的运行主要有如下特点:

1)由于所用排风机是一台固定转速通风机,其运行风量是固定不变的。它的运行状态只有开和停两种,相应的风量为最大和零。所以,这样的排风柜和排风系统便称为定风量排风柜和定风量排风系统。

2)上下拉窗需由实验人员手动操作,实验人员做完实验或者离开后,往往不会总是循规蹈矩,按操作规定拉下窗门。

3)窗口面积随拉窗上下位置的变化而变化,但由于设计计算排风量是固定不变的,所以,窗口的平均面风速必会随着拉窗的下移而不断增大。当它处于最小开度时,窗口风速可能会变得很大,以致吹灭正在进行加热实验的酒精灯。

4)不管排风柜的工作状态如何变化,系统始终按最大设计计算排风量运行,其运行能耗大;补风量及其输送功耗也随之增大。

5)上述还只是涉及通风输送能耗的增大。过去囿于工作、生活条件和科学技术发展水平的限制,实验室很少采用空调,充其量只是在寒冷地区的冬季采用热风补风,以满足室内正常供暖或值班供暖。如今,随着科学研究技术水平的快速提高,对实验的精确度、可靠性、重复性要求也越来越苛严,相应地对实验室环境的要求也在不断提高,先是一般舒适性空调,后来则是恒温恒湿空调环境,再后来的发展是洁净室环境要求。在这种情况下如果还是采用定风量排风系统,其能耗是不堪设想的。仅仅从能耗这一角度说,其应用也是难以为继的。

2.2　多台传统排风柜并联运行的系统典型模式

随着研发中心实验室规模的增大,不可能每台排风柜构成一个独立系统,而是需要多台排风柜并联运行,共用一个系统。当多台排风柜接入同一系统时,可能引起的问题很多。

1)首先是系统的初始调试和整定问题。图2是由不同数量排风柜并联运行组成的排风系统示意。假定每个排风柜的设计计算风量都是1 500 m^3/h,那么图2中所示的两个系统的总排风量分别为7 500 m^3/h和4 500 m^3/h。按照GB 50243—2002《通风与空调工程施工质量验收规范》要求,工程完工验收前必须进行系统调试。调试的基本目标有二:一是使系统总风量达到设计计算风量;二是调整各支风管风阀的开度,确保每台排风柜的排风量均衡,都能有1 500 m^3/h的排风效果。

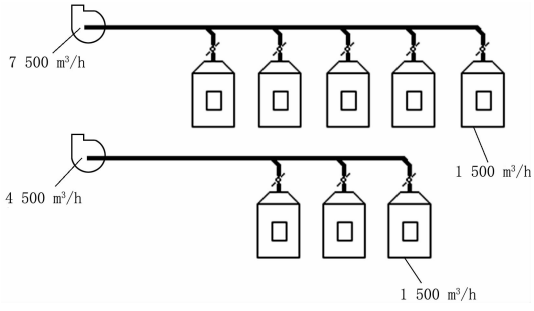


图2　不同数量排风柜并联运行的排风系统示意图

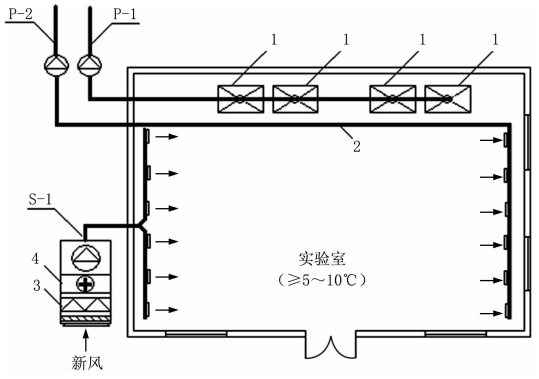
实际上这种费时、费力、十分烦琐的工作很少有单位能够认真实施,最后的结果必然是顺其自然。系统投入使用运行时,必然会出现有些排风柜窗口的风速过大、有些风速太小的不均衡现象。

2)即使是上述初始调试和整定工作按标准规定圆满完成并得以严格验收,那也只是系统某一特定的运行工况,比如所有排风柜都处于最大开度情况下的运行状态。而实际上,并联于同一系统中的任何一台排风柜的开-停或者拉窗位置的变化,都会引起别的排风柜排风量的变化。这是因为风管系统内水力相关,无法避免各个末端之间相互干扰。

为便于各支管的水力平衡,有利于各个排风柜正常、稳定运行,一个系统中不宜接入太多的排风柜,比如,不超过4台成了一项不成文的约定。当然,这种俗成约定是不具严格科学意义的,它只是在低水平科技手段条件下针对这类定风量排风系统模式的一种无奈的折中处置。

2.3　采用定风量型排风柜排风系统和相应房间全室通风的传统模式

图3为采用定风量型排风柜和相应房间全室



1 排风柜　2 全室排风　3 粗效过滤器　4 加热器　P-1 局部排风系统　P-2 全室排风系统　S-1 新风补给送风系统

图 3　传统定风量型排风柜和相应房间全室通风的传统模式

通风的传统模式。在寒冷地区，该系统的进风除需经粗效过滤外，还需进行加热，以实施热风补给。从图 3 可看出，全室排风系统 P-2 和局部排风系统 P-1 是分开独立设置的。至于全室通风是否必须与局部通风分开独立设置，虽然未见教科书有所记述，也鲜见有什么设计标准或规范条文予以明确规定，不过，这一做法却几乎已成为通风工程设计不成文的俗成约定。

另外，如图 3 所示，过去，囿于技术经济条件的限制，多数实验室内不设空调，只是要求冬季温度不低于 5～10 ℃而已。所以，新风补给系统的全年运行能耗尚属有限。

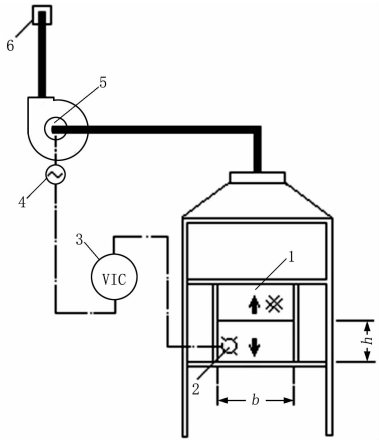
3　现代自动化、智能化实验室的通风空调工程设计模式

3.1　实验室变风量排风柜的应用

JG/T 222—2007《实验室变风量排风柜》是一项与美国 ASHRAE 标准和国际标准等效的标准。该标准规定实验室排风柜需采用自动化控制手段，以保持工作窗口面风速恒定为目的而实施变风量控制。

图 4 所示为最简单的只有单一排风点，没有分支风管的情况。图中 1 为可自动或手动控制的上下拉窗；2 为安装于窗口的风速传感器；风速显示控制器 3 根据面风速给定值与风速传感器 2 的实时测定值进行比较，作出判断；操控变频器 4，调节风机运行转速，增大或减小排风量。

对于面风速的感测，这里只是为了能比较直观地阐述原理，才在图 4 中借用了风速传感器 2。在现实情况下，采用这种有形的风速传感器显得有些碍手碍脚，也难以找到恰当位置安放。在实践中广



1 拉窗　2 风速传感器　3 风速显示控制器　4 变频器　5 变频风机　6 直冲式风帽

图 4　变风量排风柜结合采用变频风机时窗口风速的自动控制原理图

泛采用的是间接的机械式替代方式，即利用卷轴行程传感器对其牵拉线缆拖动的窗门位移高度进行精确的感测，从而相应地加大或者减小排风量，以达到始终保持恒定面风速的效果。其工作原理可用式(1)表示。

$$L = 3\,600 v\,bh \qquad (1)$$

式中　L 为排风量，m^3/h；v 为恒定的平均面风速，0.5 m/s；b 为窗口宽度，m；h 为窗口开启高度，m。

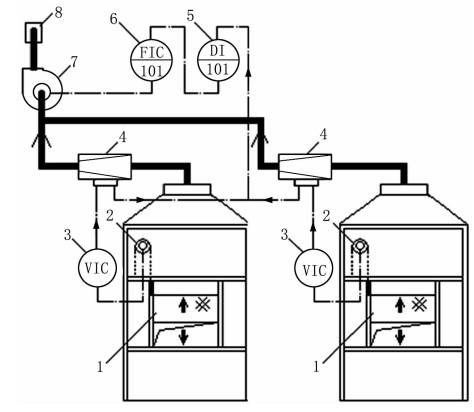
式(1)中的 v 和 b 都是常量，唯一的变量是 h。所以，排风量 L 与窗口高度 h(即卷轴行程传感器所感测到的行程)之间存在着简单的线性关系。

为了使窗口保持恒定的面风速，只要感测出窗口的高度(开度)，即可计算并实施控制所需排风量 L。这样，卷轴行程传感器的感测效应与面风速传感器便是完全等效的。后文中除非特别说明，在讨论相关自动控制原理时，将一律采用排风量(风速)传感器代之。

对于变风量排风柜，如果要求进一步提高其自动化程度，还可增设区域存在传感器，在一定距离处(比如距排风柜 0.5 m)感测操作人员的有无，自动操控工作窗口的开闭。当排风柜前有操作人员时，传感器发出信号给控制器，命令将排风柜设置到使用模式(开窗和正常排风量)；当操作人员离开后，传感器和控制器便发出指令，将排风柜设置于待命模式(关窗和最小排风量)。

实际工程中常见的是具有多个排风点的系统

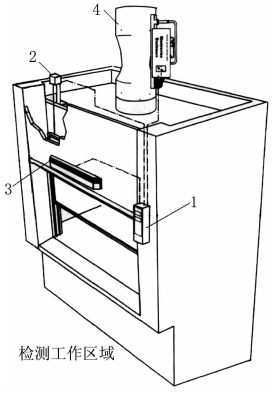
形式。图 5 所示的是含有 2 个排风点的系统,在这种情况下,每个支风管所连接的变风量排风柜都需采用压力无关型变风量阀 4,以确保每个排风末端的排风效果不受别的支风管及其末端设备运行状况的干扰影响。



1 拉窗　2 卷轴行程传感器　3 风量(风速)显示控制器　4 文丘里变风量阀　5 风量叠加计算给定器　6 总风量显示控制器　7 变频调速风机　8 直冲式风帽

图 5　2 台变风量排风柜采用变风量阀并联于 1 个系统的基本控制原理图

接入系统的任一排风柜分支风量彼此之间互相不受干扰的根本原因,在于其所用变风量阀的压力无关特性。实践中应用最多的压力无关型变风量装置为文丘里变风量阀(文氏风阀)。变风量通风柜与文丘里变风量阀及卷轴行程传感器结合使用的集成模块见图 6。



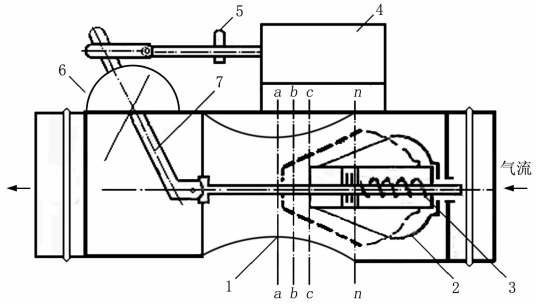
1 监控器　2 卷轴行程传感器　3 区域存在传感器　4 文丘里变风量阀

图 6　变风量排风柜与变风量阀的结合应用集成模块

图 5 中,卷轴行程传感器 2 感测到拉窗位置改变后,发出信号给控制器 3(VIC),后者即命令变风量阀 4 的阀位作出相应的变化,以达到所需的风量(风速);同时,风量数据信号也由变风量阀 4 传输给风量叠加计算给定器 5(DI)。总风量显示控制器 6(FIC-101)在获得其计算结果数据信号后,控制变频调速风机 7 的运行转速,以满足总风量要求。显然,这是一个开环控制,如要实现闭环控制,补充一个总风量反馈信号即可。

3.2　压力无关型文丘里变风量阀的构造和工作原理

文丘里变风量阀消除了排风系统(或空调送风系统)中各支管或末端之间水力工况的相关性,可以说是变风量通风与空调技术应用中的关键性设备。只有了解其结构和工作原理(见图 7～9),才能洞察它的压力无关特性。



1 文氏管型筒体　2 锥形阀芯　3 压力补偿弹簧　4 执行机构　5 限位器　6 刻度盘　7 连杆

图 7　文丘里变风量阀的结构和工作原理示意图

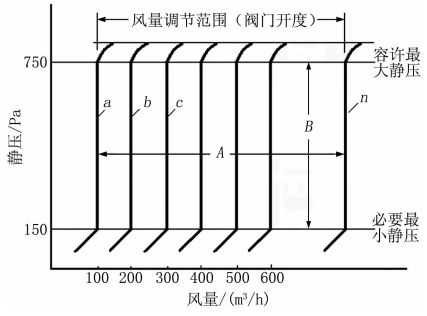
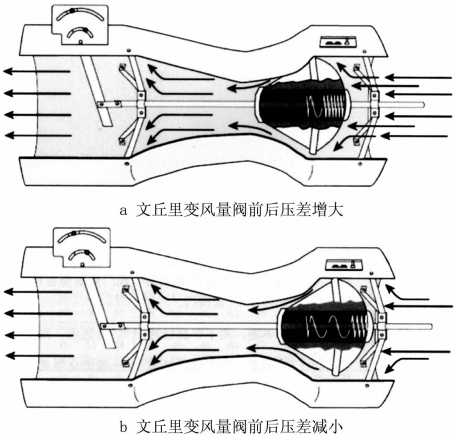


图 8　带定风量机构文丘里变风量阀的风量调节特性

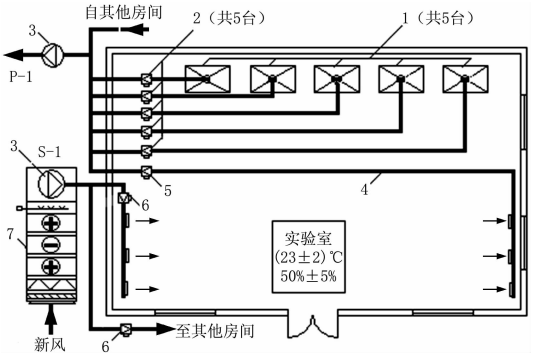
如图 7 所示,文丘里变风量阀的外形是一个文氏管型的筒体 1,内部有一装有压力补偿弹簧 3 的锥形阀芯 2。4 为安装于阀体上的执行机构。它接收来自风量显示控制器(VIC)的控制信号,通过连杆 7 牵动锥形阀芯 2 前后移动,改变环形流道截面,实现风量调节。显然,这是属于主动性质的控制效应。压力补偿弹簧 3 吸收风管系统中压力在一定范围内的波动,从而赋予文丘里变风量阀压力无关特性,因此,弹簧 3 在文丘里变风量阀中被称为定风量机构。当排风系统总风管内压力(图 7 和



a 文丘里变风量阀前后压差增大

b 文丘里变风量阀前后压差减小

图 9 文丘里变风量阀的实际构造及其锥体弹簧作用原理



1 变风量排风柜 2 文丘里变风量阀(局部排风) 3 变频风机 4 全室排风管 5 文丘里变风量阀(全室排风) 6 文丘里变风量阀(送风) 7 恒温恒湿空调机组

图 10 现代智能化实验室通风与空调工程设计典型模式

图 9a 中文丘里变风量阀的左侧)降低时,或送风系统总风管内(文丘里变风量阀右侧)压力升高时,文丘里变风量阀前后压差增大。这一增大的压差一方面会导致风量有增大的趋势;另一方面也会加大施加于锥体弹簧上的压力,压缩弹簧,推动锥形阀芯稍稍向左移动,使阀内环形流道截面积减小,流动阻力增大,使之呈现风量减小的趋势。这样,本来因压差增大而可能导致风量增大的趋势,便在后一因素作用下,获得补偿或平衡,最终得以消除。反之亦然。

图 8 中风量曲线 $a,b,c,\cdots,n$,与图 7 所示的阀位一一对应。图中纵坐标显示的是压力补偿弹簧的正常工作压力范围,只要总风管内压力波动引起文丘里变风量阀前后压差的变化不超出所示压力范围,文丘里变风量阀即可完全排除风管系统内无序的压力波动干扰,而达到压力无关的控制效果。图 8 中的 A 和 B 分别表示文丘里变风量阀两个互不相关操作机构的控制功能:前者根据自动控制器指令信号,对风量进行调节;后者为阀件本身为排除系统压力波动干扰因素影响的定风量作用。

3.3 现代化实验室通风与空调工程设计的典型模式

1) 大型变风量排风系统

图 10 所示的排风系统是一个大型变风量排风系统。并联接入该系统的变风量排风柜 1,仅图中所示的一个房间就有 5 台,另外,图中未示出的其他房间可能还有很多台。还有一个与传统做法明显不同之处,房间全室通风的排风管 4 也与各排风柜局部排风支管并联于一个系统。需要注意的是,系统的每个支管上都装有压力无关型文丘里变风量阀 2,而且,系统的动力部分采用的是变频风机 3。采用变风量排风系统的实验室和实验中心,可能采用的排风柜数量少则几台,多则十几台、数十台。从理论和技术层面上说,并联接入同一系统的排风柜或其他设备数量可以不受限制,而且,全室排风风管的并联接入也属正常和必要。更有甚者,同一个排风系统还可连接若干个不同实验室的排风。其实,这一切都是由于并联各支路的水力工况,以至其风量,均被赋予了压力无关特性的缘故。另外,借助于智能化的自动控制技术,可确保系统总是以必要的最小排风量运行,从而在最大程度上减少通风和空调能耗。

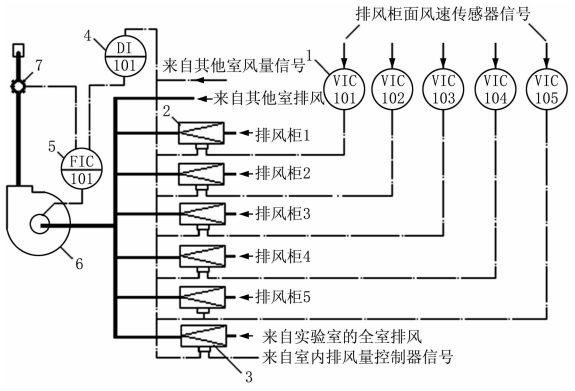
需要补充说明的是,有的实验室要求恒温恒湿空调环境,甚至是洁净空调环境,但更多的只是要求保持舒适性环境即可。不同空调环境参数的要求,其系统运行能耗显然是大相迥异的。

2) 大型变风量排风系统的风量自动控制原理

变风量排风柜的应用和变风量排风系统的自动控制技术,对于确保实验室排风柜的排风效果,保障整个排风系统运行的可靠和稳定,改善实验室研究人员的职业卫生环境,降低实验室的通风和空调负荷、减少能耗都具有很大意义。

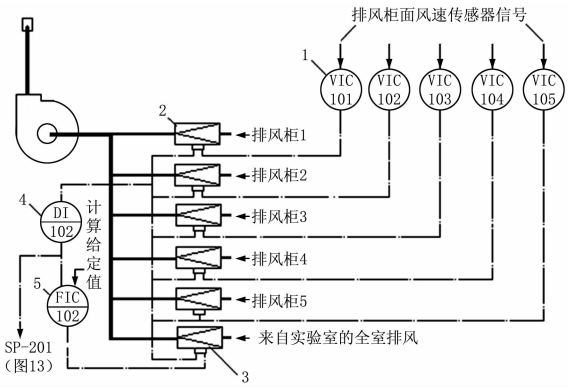
图 11 所示的是一个跨房间的多室共用系统,首先它所连接的排风柜及其他设备的数量很多(远远超过了传统习惯的 3～4 台);其次,在符合某些规定的条件下它容许把作为局部排风的排风柜、储存柜、活动风口等的排风与房间全室排风合并成一个系统。

如图 11 所示,从风量(风速)显示控制器 1



1 风量(风速)显示控制器　2 变风量阀(排风柜)　3 变风量阀(全室排风)　4 风量叠加计算给定器　5 总风量显示控制器　6 变频调速风机　7 总风量传感器

图 11　变风量排风系统风量自动控制原理图



1 风量(风速)显示控制器　2 变风量阀(排风柜)　3 变风量阀(全室排风)　4 房间排风量叠加计算器　5 (全室排风)风量显示控制器

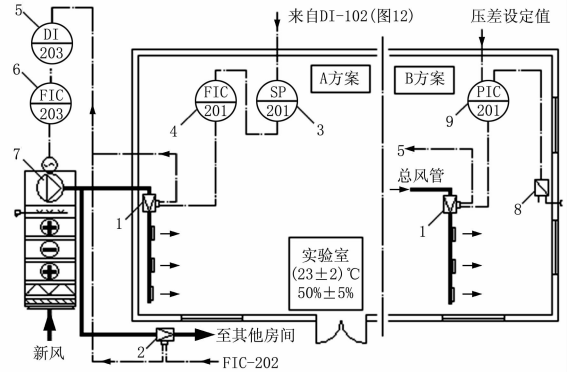
图 12　实验室内全室排风量自动控制原理图

(VIC－101～105)到变风量阀 2 的控制,等同于图 5。凡是接入同一系统,包括来自别的房间的各排风末端风量控制器的风量输出信号,都各自输入变风量阀 2,3,以控制自身所需排风量。同时,各路排风量数据信号经由各变风量阀 2,3 输入风量叠加计算给定器 4(DI－101)。给定器 4 的计算结果数据信号即作为总风量显示控制器 5(FIC－101)的系统总风量给定值,用于控制变频调速风机 6 的转速。总风量传感器 7 测得的总风量值是控制动作后的实际风量,作为反馈信号再输入总风量显示控制器 5(FIC－101),与之前的计算给定值进行比较,构成带反馈的闭环控制回路,从而可实现变风量排风系统总风量的精确控制。

3) 全室排风量的确定及其自动控制原理

对于房间的全室排风而言,由于它只与该房间的容积相关,理应在每一房间(实验室)层级基础上考虑问题。实验室的日常全室排风量应确保换气次数不小于 6 h^{-1}。由于室内的局部排风也是来自同一实验室内,其实时量值也应计入全室排风内,室内局部排风量是时时变化的,因而,全室排风量也需随之时时改变才行。

图 12 所示的只是整个排风系统(图 11)中所涉及实验室的一部分。来自各变风量阀 2,3 的风量数据信号,输入风量叠加计算给定器 4(DI－102),其计算结果数据信号有两路输出:一路传输给补风量差值计算给定器 SP－201(见图 13),以供送风系统补风量控制用;另一路则传送给全室排风量显示控制器 5(FIC－102),与房间按照最小换气次数计算的排风量给定值进行比较。如果前者实



1,2 变风量阀　3 补风量差值计算给定器　4 风量显示控制器　5 风量叠加计算给定器　6 总风量显示控制器　7 变频调速风机　8 压差传感器　9 压差显示控制器

图 13　实验室新风补风量自动控制原理图

时量值与后者给定值相等,则变风量阀 3 开度保持不变;如果前者大于后者,阀 3 关小,直到全关;反之,若前者小于后者,则阀 3 逐步加大开度,直到补全不足部分风量为止。

图 12 中的给定值可按照实验室工作班制定时改变,比如白天工作期间,室内最小换气次数按 6 h^{-1}计算;夜间最小换气次数按 2 h^{-1}计算。定时改变给定值,即可实现节能的值班通风控制。

4) 变风量空调送风系统风量的自动控制

图 10 中 S－1 系统是一个典型的跨区域(房间)、多区域(房间)共用的直流式变风量空调送风系统。其单一实验室和系统总送风量的自动控制原理见图 13。

实验室空调自动控制有两个方面须考虑:一是室内微负压(洁净室空调时微正压)的保持;另一个是室内环境要求的空气参数的保持。对于室内微负压的控制,有两种方案可供选择:补风量差值控

制方案和压差控制方案。

补风量差值控制方案示于图 13 左侧。送风系统的风量控制大致可分解成两个层次:由补风量差值计算给定器 3(SP－201)和风量显示控制器 4(FIC－201)构成的单一房间层次的控制与由风量叠加计算给定器 5(DI－203)和总风量显示控制器 6(FIC－203)构成的整个系统层次的控制。将来自室内总排风量的数据信号(图 12 中 DI－102 的一路输出信号)输入补风量差值计算给定器 3(SP－201),后者可将其乘以 0.9(或 0.95)所得结果作为室内送风量给定值,输入风量显示控制器 4,控制变风量阀 1 的开度,这是房间层次的控制。至于整个送风系统层次的控制,则是由来自各房间送风支管上变风量阀 1 和 2 的风量数据信号输入风量叠加计算给定器 5(DI－203)开始,通过总风量显示控制器 6(FIC－204)对送风机 7 的转速实施控制完成。

方案 B 压差控制方案比较简单,由安装于室内的压差传感器 8 感测室内侧压力与室外侧(走廊)压力之间的实时压差信号,输入压差显示控制器 9(PIC－201),与预先确定的压差给定值进行比较,控制器 9 根据偏差信号的大小,调节变风量阀的开度。同时,来自变风量阀 1 的送风量信号传输给风量叠加计算给定器 5(DI－203),参与对整个系统总送风量的控制。

室内环境空气参数的控制也有两种手段:一种是常规的空气处理过程中的参数控制,另一种是对送风量的控制。前者实施比较简便、节能;后者实施起来势必又会反过来波及并牵动室内负压,以至排风量的控制。显然,在既要满足负压控制要求,又要满足室内空气环境参数要求的情况下,便不得不额外加大送风量和排风量,导致运行能耗增大,所以,笔者认为,后一种手段不值得推广应用。

4 研发中心实验室通风空调工程设计及其完工验收面临的评价和审查

我国各级地方政府下属的相应职能监督机构,比如各级疾病预防控制中心、卫生监督所、劳动安全监督机构等,受权对研发中心实验室通风、空调工程的各个阶段实施监督和审查。这类监督和审查随着实施过程的进展越来越严格和规范化。现在可以确定的是,除了工程设计前期针对室外环境的环境影响评价之外,对于室内环境至少得通过两步评估和审查:初步设计阶段的预评估审查和完工后的效果实测验收审查。仅就这一制度实施以来笔者所经历的情况而言,碰到的问题不少。这些问题大致有:

1) 新老系统不同设计理念的质疑。

① 在一个排风系统中连接排风柜数量超过 4 台有违常规,难以正常、可靠、有效地运行。

② 把作为全室通风的排风与作为局部通风的排风柜排风合并接入同一系统,难以认可。

③ 偌大一个排风系统连接的支风管多多,能否防止气流的倒灌?

④ 由于对作为新技术应用之关键性装置——压力无关型文丘里变风量阀的构造、工作原理、性能的不了解,产生各种疑虑,导致对新型系统运行可靠性和安全性的怀疑。

上述 4 个方面的问题是初始阶段最常受到评审专家们质疑的话题。不过,通过对新老系统不同设计理念的解说,评审专家们最终能接受新的思维和技术理念。

2) 某公司实验中心的建设和通风工程设计,考虑到生产工艺未来可能的多变,借鉴其国外已有的成功先例,采用模块化的手法,在每一单元模块承重顶板上预留若干标准尺寸的管孔,用以适应日后设备位置的可能变动。对于这种本来属于增进工艺灵活性的新的设计思想,基于它对室内环境控制并无实质性影响,不但不应遭到质疑,反而应该得到肯定和支持。

3) 某公司实验中心的建设方和设计方,为了追求建筑立面的美观,整个外墙自上而下全部采用玻璃幕墙。鉴于新风进风量很大,只能利用建筑物周边顶部的幕墙留出条缝作为新风口,并通过适当的围合,构成宽广的新风通道,与安装于屋面的新风机房相连通。对于这样的做法和安排,质疑之声不断。理由是在卫生部和地方卫生部门颁发的标准和规范中确有条文明确要求:“空调系统的新风应直接取自室外”,而不是靠机房的负压吸入。其实,该条文的目的只是在于限制当新风机房周边有其他房间,在新风机房负压作用下,有可能吸入非室外空气的情况。然而,在该工程情况下,一方面由于进风量很大,利用风管集风,几无可能;另一方面,新风机房周边并无别的房间连通,新风机房吸入的只是室外空气。情况解释清楚之余,质疑之声

也就戛然而止。

4）某工程的建设单位和设计单位提供的设计方案,对实验室空调提出采用风机盘管方式,这一设计方案终不为评审专家们所认可。理由是,风机盘管自身赖以工作的空气循环处理方式,有违实验室空调系统关于回风利用问题的基本原则。

5）某公司的设计团队在其实验中心通风与空调设计方案中提出了一种新的方法。主要思想有两点:一是办公区的空调采用直流式的全空气系统;二是除卫生间的排风直接排出外,办公区的全部排风作为实验区空调的进风。应该说,这一设计思想体现了对节能减排的追求,可是要想得到公共卫生专家们的认可,不费一番口舌,也是难以通过的。不过,以笔者观点看,只要办公区能够严格执行控烟制度,增大新风换气次数后的排风空气质量满足实验区的空调新风进风的卫生标准,是不会有问题的。这种空气的梯级利用,是值得充分肯定的。这种做法的实际效果还可在工程实施后,通过实测予以验证。

6）比较常见和频发的问题是对实验中心的通风排风口和进风口的不当处理和安排。相应技术规范和标准中对两者的最小水平安装距离和垂直安装距离都有明确和严格规定。但是,建设单位往往考虑建筑物的美观,不希望把排风管做得足够高,以致污染气流得不到有效扩散。在这种情况下,采用提高出口风压,加大气流射流高程的办法,尽管可以使问题得到部分改善或缓解,但重要的是还需通过气流扩散模拟计算加以论证,并在工程竣工投产后,对气流扩散效果进行实测验证。

7）笔者对某公司已建成实验大楼建设现场进行的实地考察发现,该实验大楼 4 层屋面上布满了新风空气处理机组和排风净化处理机组以及各种管道。尽管新风进风口和废气排风口分别位于建筑物宽度方向的两侧,水平距离可达 25 m 以上,而且两者风口朝向相反,但是,其排风口高度很低,甚至低于仅靠着的女儿墙高度。这显然存在两个问题,一是排风气流受到女儿墙的阻挡,严重影响污染气流的扩散;二是排风口高度和新风口与排风口的垂直距离不符合规范要求。虽然实验室周围看不到高高矗立的排气筒,大楼美观的立面得以保全,但是,污染气流扩散不良,导致周边环境污染和新风进风空气质量的降低,这样的代价是不容许的。

5　结语

现代化、智能化的研发中心实验室可说是完全建立在先进的变风量排风系统和变风量空调系统的技术基础上的。而变风量通风与空调技术却丝毫离不开自动控制手段的保障。笔者在文中就此方面的诠释,也仅仅是基于和限于个人对所涉问题的理解,特别是对自动控制原理的图示,重点在于对控制逻辑的表达,力求通俗、简约、直观,让通风空调设计者和工程审查者易于接受。

水平所限,不当和错误难免,恭请指正。

参考文献:

[1]　薛殿华. 空气调节[M]. 北京:清华大学出版社,1991

[2]　节流式可变风量空调系统中的一种定风量装置——文氏风阀. 周祖毅,译[J]. 暖通空调,1979,9(1):39