

【文章编号】1007-9467(2010)09-0068-04

国家海洋生态环境综合实验楼 通风空调系统设计

■李伯军(大连理工大学土木建筑设计研究院有限公司 辽宁 大连 116023)

【摘要】通过对国家海洋环境监测中心海洋生态环境综合实验楼通风空调系统设计介绍,详细论述了变风量系统在实验室通风系统中的应用,对多联机空调在实验楼中的应用作了简单阐述。

【关键词】变风量系统;排风柜面风速;定风量阀;变频多联机

【中图分类号】TU831

【文献标志码】A

The Design of Ventilation and Air Conditioning Systems of the Integrated Experimental Building of Marine Ecological Environment in National Marine Environment Monitoring Center

LI Bo-jun

【Abstract】This essay is an introduction about the design of ventilation and air conditioning systems of the integrated experimental building of marine ecological environment in national marine environment monitoring center, which discusses in detail about the application of variable air volume system in laboratory ventilation system and describes briefly the application of multi-splits air-conditioning system

【Key words】variable air volume system; surface wind speed of exhaust air cabinet; constant air volume valve; variable frequency multi-compressor

1 工程概述

国家海洋环境监测中心位于辽宁省大连市,海洋生态环境综合楼位于其院内,总建筑面积12 821m²,地下1层,地上5层,建筑高度23.3m,主要功能为理化检测实验室、综合测试实验室、浮游植物实验室、海洋生物标本库、生物检测实验室、细菌培养实验室、常规实验室、藻类培养实验室、离心机室、同位素室、药品库、消化室、洁净实验室等。

本工程施工图设计时间为2006年7月~2006年10月,2008年10月建成并投入使用(见图1)。



图1 海洋生态环境综合实验楼外观

2 工程设计特点

本实验楼实验室通风采用变风量通风系统,空调采用变频多联机空调系统。其特点如下:

- 1) 排风柜的面风速可控制在合理的范围内,安全性好。
- 2) 通风系统风量按实际需求运行,不是以恒定的最大风量运行,不仅节约运行费用,而且减少了系统设备总容量,降低风机、空调等设备的初投资。
- 3) 由于风井较集中,占用建筑面积少,有利于实验室工艺布置。
- 4) 房间全面排风的排风支管及局部排风罩等阻力小的排风设备的排风支管上设定风量阀,保证其排风量恒定。
- 5) 设变频多联机空调,夏季供冷,过渡季供热(冬季采用热水散热器采暖)。

3 通风系统设计

3.1 主要设计原则

- 1) 通风系统必须维持工作环境的安全、舒适,并具有适应开展新科研的能力,同时系统应易于维护、

节能、可靠。

2)在划分通风系统时,将实验性质相同或相近的排风设在一个系统,对混合后可能引起燃烧、爆炸或形成毒性更强的有害物质的排风要分设排风系统。

3)排风柜、局部排风罩、房间全面排风合用一套系统。

4)由于本实验楼排风量大,因此设计时考虑了机械补风。

3.2 通风方式的确定

实验室常用的通风方式有定风量系统、双风量系统和变风量系统,选用何种通风方式直接关系到实验室的通风效果、安全性、初投资及运行费用,通过反复方案比较及与使用单位多次沟通,最后决定采用变风量通风系统。变风量通风系统可以根据排风柜门的开度以及实验室排风柜的同时使用度调节系统风量,从而可控制排风柜的面风速在一个合理的范围内,同时系统总排风量与送风量按实际运行需求提供,减少了运行成本。

3.3 排风柜面风速控制

排风柜是实验室内最重要的安全设施,实验一般在排风柜内进行,实验过程所产生的污染物通过排风带走,排风柜相对实验室呈负压状态,以避免污染物的泄漏和积聚,保证实验室工作人员免受伤害,排风柜只有合适的面风速,才能保证柜内污染物彻底排除,排风量过大,进口风速高反而导致气流短路和滚动,污染物在柜内某个角落发生积聚,一方面浪费能源,另一方面也使得工作人员不安全,且过高的风速可能会吹熄火焰,以及破坏正在进行的精密实验,而过低的面风速势必会导致柜内污染物外逸。根据国外先进国家的经验和有关规范,本设计排风柜面风速确定如下:操作人员在柜前时,面风速控制在0.5m/s,操作人员不在柜前时,面风速控制在0.3m/s,当实验室内无人时,将排风柜设定在最小排风量(250m³/h)模式,即值班排风模式,维持排风柜和管道中的负压,保证有毒有害气体不会外逸。

3.4 排风柜排风量计算

排风柜排风量等于柜门开启面积乘以面风速,

$$L = F \times v \times 3600$$

式中 L 为排风柜排风, m³/h; v 为排风柜面风速, m/s; F 为排风柜门开启面积, m²。

本工程所用排风柜规格为:1.8m×0.8m×2.2m,1.5m×0.8m×2.2m,1.2m×0.8m×2.2m,三种规格,柜门开启最大高度均为0.7m,因此其最大排风量分别为2268m³/h,1890m³/h,1521m³/h。

3.5 其他通风设备排风量

生物安全柜100%外排,最大排风量:1500m³/h;
生物安全柜30%外排,最大排风量:500m³/h;
局部排风罩0.8×0.5,最大排风量:800m³/h;
万象排气罩D100,最大排风量:300m³/h;
通风试剂柜,最大排风量:50m³/h。

3.6 房间全面通风排风量

根据实验室工艺要求,每间实验室都设有全面排风,排风量按换气次数5次/h计算。

3.7 排风系统划分及风量确定

1)排风系统划分

根据实验室工艺布置、排风性质、使用情况、排风量等因素综合考虑来划分排风系统,每间实验室内设竖向风井,各风井在屋顶通过水平风管将划为一个排风系统的风井相连,由排风机排至大气,本工程共设12个排风系统。

2)排风系统风量确定

由于一个排风系统带多个排风柜或其他排风设备,根据实际运行操作和节能经验,排风柜按最大排风量70%计算排风量,系统总排风量取各排风设备排风量总和的70%,经计算最大系统的排风量为44000m³/h,选2台变频风机箱,每台风量为22000m³/h,静压660Pa,电机功率15kW;最小系统的排风量为2200m³/h,选1台变频风机箱,每台风量为2500m³/h,静压380Pa,电机功率2.2kW。

3.8 补风系统设计

1)补风系统最大补风量的确定

由于实验室排风量较大,会造成室内较大的负压,为平衡室内外压差,需对实验室进行补风,以维持房间设定的负压(-10Pa)。

补风量计算:根据房间排风量及设定的负压值

(相对走廊)计算确定,补风量按下式计算:

$$L_b=L_p-L_f;$$

式中, L_b 为补风量, m^3/h ; L_p 为排风量, m^3/h ; L_f 为维持负压所需风量,也叫余风量, m^3/h 。

保持房间 $-10Pa$ 的压力,所需余风量为房间体积的 1 次换气量,经计算实验室所需最大补风量为 $70\ 000m^3/h$ 。

2) 补风系统形

集中设新风机组,将处理后的空气(冬季过滤、加热处理,夏季、过度季只进行过滤处理)经送风竖井和每层的水平风管送至实验室,新风机组设在顶层机房内,共选择了 3 台新风机组,每台风量为 $25\ 000m^3/h$,静压 $800Pa$,电机功率 $18.5kW$ 。

3.9 系统控制

1) 排风柜面风速控制

在排风柜排风支管上设风量控制阀,排风柜上设面风速控制器及红外线探头,通过红外线探头检测排风柜前人员的存在与否来控制柜门面风速,当操作人员出现在排风柜前时,红外线探头传感器输出信号,将排风柜面风速设定到高排风量模式,此时排风柜面风速控制在 $0.5m/s$;当操作人员离开的时候,红外线探头传感器输出信号,将排风柜面风速设定到低排风量模式,此时排风柜面风速控制在 $0.3m/s$;当实验室无人时,排风柜设定在最小排风量 ($250m^3/h$) 模式,即值班模式;排风柜还设有事故排风模式,当发生突然事故时,开启该模式,进行强力排风,该控制系统的反应时间为 $1s$ 。

2) 风机控制

排风、补风系统风机均采用变频风机,在主风道上设压力传感器,将压力传感器测得的压力与设定压力值比较,由变频器调节风机转速,达到调节风量的目的。

3) 设电动风阀控制

房间全面排风的支管上设电动风阀,工作人员可根据需要通过设于墙壁上按钮开关控制电动风阀的开关。

4) 实验室压力控制

实验室压力控制采用压差控制法,在实验室与

走廊的隔墙上设压差传感器,通过压差传感器测量室内与走廊的压差,与设定压差比较,控制器根据偏差自动调节补风管上的风阀,调节补风量,从而达到要求的压差。

5) 实验室通风系统控制原理图(见图 2)

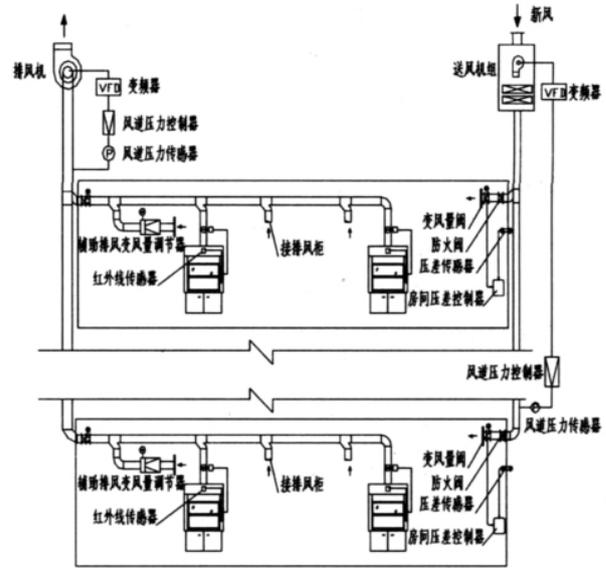


图 2 实验室通风系统控制原理图

控制原理说明:

1) 通风柜面风速控制系统工作原理

面风速控系统持续地监测实际面风速状态,当任何因素影响面风速变动时,系统将自动调整管道上的风阀以恒定设定的面风速值。

系统通过红外线监测器实现当通风柜前有操作人员时面风速控制在某一设定值(如 $0.5m/s$),当通风柜前无人操作时,系统自动转换到另一设定值(如 $0.3m/s$)以节省运行费用。

通风柜门位过高时有声音报警。

由于故障风速过高或过低时有声光报警。

当出现异常情况时,开始事故排风模式,控制系统将风阀开到最大开度,不受面风速值的控制。

通常面风速控制系统本身对面风速及风量的设定及控制值只有两种状态即有人、人或白天、夜间。

2) 管道静压控制系统原理

持续监测管道内的静压变化,通过调整风机转速来恒定管道内静压。

控制系统在 $0.1s$ 内探测到压差变化并输出控制

信号。

夜间工况时,控制系统有第二状态设置。

3.10 定风量阀的应用

定风量阀是一种机械式自力装置,其风量控制不需要外加动力,它依靠风管内气流力来定位控制阀门的位置,从而在整个压力差范围内将气流保持在预先设定的流量上,在管道静压发生变化的情况下维持定风量。由于本工程通风设备种类较多,其通风阻力相差很大,房间全面排风、局部排风罩等阻力较小,排风柜、万向排气罩等阻力较大,这些设备又同在一个排风系统,为了保证这些通风设备在实际工作过程中达到设计风量,在房间全面排风、局部排风罩等阻力较小的通风设备的支管上设定风量阀。

3.11 管材

排风管采用耐腐蚀的 SAS 风管,送风管采用玻璃纤维复合风管。

4 空调系统设计

1)空调形式 结合本工程实际特点,选用高效、节能、使用灵活方便的变频多联机空调系统,夏季供冷,过渡季供热。

2)空调冷指标及总负荷,单位面积冷指标为 $100\text{W}/\text{m}^2$,空调总冷负荷为 1044kW 。

3)空调室外机室内机选择

①全楼共设 10 套空调系统,室外机分别为 35.3kW (48 匹), 33.8kW (46 匹), 31.6kW (42 匹), 27.1kW (36 匹), 18.0kW (24 匹), 13.6kW (18 匹),均设于 4 层屋面。

②室内机为四面出风嵌入式、超薄风管机二种形式。

4)控制系统 采用线控器控制,且控制室内设有中央控制台进行机群集中控制管理。

5)冷媒采用对臭氧层破坏系数为零的 R410A 环保冷媒。

5 洁净实验室设计

5.1 概况

根据工艺要求在本建筑 3 层设一个洁净实验室,其中 5 级间 1 个 (12.6m^2), 6 级间 1 个 (73.5m^2), 7

级间 2 个 ($27.8\text{m}^2 \times 2$), 温湿度要求: 温度 $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, 相对湿度 $60\% \pm 10\%$ 。

5.2 风系统设计

7 级间送风量按换气次数为 30 次/h 计算。6 级间送风量按换气次数为 60 次/h 计算。5 级间送风量按断面风速 $0.37\text{m}/\text{s}$ 计算。设二个空调风系统。7 级间、6 级间合用一套空调机组, 5 级间设一台空调机组。送风采用三级过滤(第一级为新风初效过滤, 第二级为中效过滤, 第三级为房间送风口的高效过滤), 气流组织为高效过滤风口顶送, 下侧侧回风形式。5 级间设风机过滤单元, 新风量为总送风量的 $15\% \sim 30\%$, 排风经排风柜或余压阀排出, 各不同级别的房间之间保持 5Pa 的压差, 洁净间与非洁净间之间保持 10Pa 的正压差。

5.3 空调冷热源

洁净室总冷负荷为 65kW , 总热负荷为 30kW , 空调冷源选用 1 台 80kW 风冷热泵冷水机组。夏季供冷, 过渡季供热, 冬季热源为城市热网提供的 $85^\circ\text{C}/65^\circ\text{C}$ 热水。

6 防排烟设计

不满足自然排烟条件的地下实验室及内走道设有机机械排烟系统, 地下室楼梯间设正压送风系统。

7 运行效果

该工程于 2008 年 10 月建成并投入使用。经检测, 通风系统的风量、排风柜面风速、房间压差、室内温湿度、洁净室的洁净度等参数均符合设计参数值, 达到了当初预期的节能、工作环境安全的目标, 使用单位对该设计比较满意。

【参考文献】

- [1] 陆耀庆. 供暖通风设计手册[K]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1987.
- [2] 张悦, 徐文华, 吕天宇. 实验室和变风量排风柜的控制[J]. 暖通空调, 2007, 37(1): 116-119.

【收稿日期】2010-06-20

作者简介

李伯军(1961~), 男, 吉林长春人, 高级工程师, 从事暖通空调设计研究(电子信箱)84707762@163.com。