

# 北京某高校实验楼通风空调设计

中国建筑设计院有限公司 李娟<sup>☆</sup> 尹奎超 宋孝春 韦航

**摘要** 该实验楼采用多联机空调系统用于夏季供冷。通风系统根据不同的实验室要求设置,包括全面通风、排风柜、原子吸收罩、万向排气罩。通风系统采用电动风阀连锁控制,节省了工程投资。介绍了洁净实验室和恒温恒湿实验室的设计。

**关键词** 实验楼 通风空调系统 排风柜 万向排气罩 原子吸收罩

## Design of ventilation and air conditioning system for lab building of a university in Beijing

By Li Juan<sup>☆</sup>, Yin Kuichao, Song Xiaochun and Wei Hang

**Abstract** The lab building uses multi-split air conditioning system to provide cooling in summer. Based on the different requirements of laboratories, the ventilation system includes general ventilation, fume hood, atomic absorption cover and universal exhaust hood. The ventilation system adopts the motorized air valve with interlock control, which saves the investment of project. Presents the design of clean room and laboratory with constant temperature and humidity.

**Keywords** lab building, ventilation and air conditioning system, fume hood, universal exhaust hood, atomic absorption cover

★ China Architecture design institute Co., Ltd., Beijing, China

### 1 工程概况

随着我国科研水平的提高和教学改革的不深入,高校对实验室的建设要求也趋于大型化和复杂化。该工程位于北京某高校,实验楼总建筑面积约 6.8 万 m<sup>2</sup>,其中地上建筑面积约 5.5 万 m<sup>2</sup>,地下建筑面积 1.3 万 m<sup>2</sup>。地上建筑物高度 45 m,地上 9 层,地下 2 层。实验楼建筑效果图如图 1 所示。建筑功能以教学实验用房及各学院科研办公用房为主,共包含实验室约 200 个,为 6 个不同的学院服务。



图 1 实验楼建筑效果图

设计依据除了常规规范外,还包括 JGJ 91—1993《科学实验建筑设计规范》、GB 50346—2011《生物安全实验室建筑技术规范》、GB 50073—

2001《洁净厂房设计规范》、JG/T 222—2007《实验室变风量排风柜》、JB/T 6412—1999《排风柜》,以及校方提供的各个学院实验室的初步设计资料、与各个学院就实验室功能及通风空调要求进行沟通的会议纪要等。

### 2 设计参数及冷热负荷

#### 2.1 室内设计参数(见表 1)

#### 2.2 冷热负荷(见表 2)

### 3 空调系统设计

空调系统设计依照以下原则:考虑建设区域内的建筑特点及使用性质;利用建设区域内的校区资源条件;合理降低建设费用及使用费用;方便计费管理;体现节能环保的要求。

#### 3.1 空调系统选择

该工程具有使用学院单位多,实验室种类多,

☆ 李娟,女,1983 年 11 月生,研究生,工学硕士,工程师  
100044 北京市西城区车公庄大街 19 号  
(010) 88327612 (0) 13810623109

E-mail:lijuan@cadg.cn

收稿日期:2015-02-10

修回日期:2015-03-14

表1 室内设计参数

	室内温度/℃		相对湿度/%		人员新风量/(m <sup>3</sup> /(人·h))	室内噪声标准/dB
	夏季	冬季	夏季	冬季		
办公室	26	18	55		30	45~55
接待厅、门厅	27	16	55		20	45~55
教室	26	18	55		25	45~55
一般实验室	26	18	55		40	45~55

表2 冷热负荷及指标

建筑面积/ m <sup>2</sup>	冷负荷/ kW	冷指标/ (W/m <sup>2</sup> )	热负荷/ kW	热指标/ (W/m <sup>2</sup> )
68 220	8 264	121	2 351.2	34

假期、周末使用率低等特点。根据该校项目的特点采用多联机空调系统进行夏季供冷。首先,多联机空调系统具有独立性及灵活性,可以根据不同学院、不同功能区等分别设置,有若干实验室明确提出独立空调,个别实验室需要24 h空调;其次,多联机空调系统能满足计量要求,该校要求各学院自行承担各自空调运行费用,多联机空调系统较集中式供冷系统计量更容易;最后,制冷剂直接蒸发对室内空气进行制冷,将电能直接转化为冷量,具有效率高、能耗低、制冷时间响应相对快速等特点。多联机空调系统安装简单,维护方便,由独立模块组成,检修时不影响整体。

### 3.2 新风系统设计

实验室设置新风机组,满足人员新风要求,排风不回收。办公区设转轮式热回收新风机组。

## 4 通风系统设计

通风系统设计应满足以下要求:通过一定的换气次数保证实验室的安全;满足实验室通风系统的负压设计和系统控制要求;在满足换气次数和全新风条件下控制能耗;系统稳定可靠。

该工程实验室种类繁多,对通风、温湿度要求各异。设计前期对校方资料进行整理,详细了解实验室工艺要求,并根据校方提供的实验室功能、洁净度、实验内容、污染性以及房间正负压特性设计通风系统。

通风系统设计为竖向排风、水平进风,走廊侧设竖井至屋顶,所有废气由设置在屋顶的离心风机经过处理后高空排放;每层设新风机房,满足人员新风和实验室补风要求。

实验室通风系统若采用文丘里阀控制,可达到控制精准、反应时间快的目的,但初投资较高。高校实验室数量众多,采用电动风阀及定风量阀控制,可节省初投资,通过合理的系统设计亦可以达到良好的通风效果。

### 4.1 只要求全面通风的实验室

只要求全面通风的实验室室内设置排风扇,通过竖井至屋顶排风机,排风扇与风机联锁,采用空调新风进行补风。实验室通风系统的划分原则参照文献[1],每个排风装置宜设独立的排风系统,同一个实验室内的所有排风装置宜合用一个排风系统。由于每层实验室数量多,若每个实验室的排风系统均设独立系统,则导致系统过多,屋顶面积紧张,故将实验室通风系统整合。普通实验室换气次数取6 h<sup>-1</sup>,特殊实验室如酸碱性废品处理室、有机废品处理室等排风系统单独设置,排风量按校方明确提出的换气次数要求设计。危险气体实验室、化学药品库、毒品储藏库等按换气次数12 h<sup>-1</sup>单独设置,排风机变频并配置备用,实现24 h不间断运行。若无外窗则设置事故排风,控制开关设在实验室内外便于操作的地点,在室内设报警装置。

### 4.2 带排风柜的实验室

化学实验室内一般都设有排风柜,用来做一些危害性比较大的实验(包括散发有害的有机和无机气体的实验)。其主要功能是排放实验操作时产生的各种有害气体、臭气、湿气以及易燃、易爆、腐蚀性物质。通风系统既要保证通风柜的捕捉能力和一定数量的换气次数,使实验室保持负压,为实验人员创造舒适的工作环境;又要容易控制,易于管理,稳定、低能耗运行。

带排风柜的实验室的排风均为独立系统,一般2~3台排风柜设计为一个排风系统。排风柜采用顶抽排风,控制管道、柜内的负压值,控制污染气体的扩散。房间平时排风与排风柜结合,平时排风口布置在仪器室或产生危险物质的仪器上方,共用一个独立风管出屋面排放,风机设置在屋面,排风管为负压,避免有害气体在室内泄漏。根据排风柜是否开启,设置2种送风工况,高速保证排风柜排风,低速仅房间平时排风,维持最小换气次数的要求。

由于排风柜设置于供暖或对温湿度有控制要求的房间,为降低空调、供暖能耗,选用有补风的排

风柜。其风量的  $2/3 \sim 3/4$  为供给空气,仅  $1/4 \sim 1/3$  为室内空气。当用于供暖或空调房间时,能大幅减少热量和冷量的损耗<sup>[2]</sup>。排风柜运行时,室外补风直接引至排风柜。补风管设电动风阀,与排风柜排风管上电动风阀联锁,排风柜排风时抽吸室外风补风,在柜内循环后排出室外。房间平时排风的补风来自空调系统直接送入实验室的新风(满足人员新风),当不满足排风要求时引入室外风,此部分补风管设电动风阀,与房间排风管上电动风阀联锁。

排风柜尽量布置在远离空气流动、湍流大的地方,远离行走区域和新风区。新风从远离排风柜的地方引入,空气流动路径远离排风柜。图 2 为带排风柜实验室通风管道布置图。

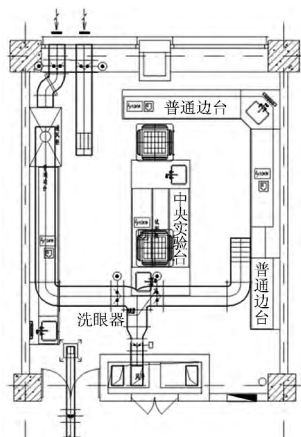


图 2 带排风柜实验室通风管道布置图

#### 4.3 带原子吸收罩、万向排气罩的实验室

原子吸收罩一般用于排放火焰燃烧废气,功率较大,为不锈钢集气罩,在一定范围内可自由伸缩,并有 DN200 不锈钢导风管,导风管上配有手动调节阀,可任意调节风量。万向排气罩一般采用高密度 PP 材料,耐腐蚀、使用方便,在一定范围内可自由伸缩导管,以固定架为中心可以  $360^\circ$  旋转,罩端设封门钮,可调节气流。带原子吸收罩、万向排气罩的实验室通风系统采用风管连接原子吸收罩或万向排气罩,与室内平时排风结合设置,支管设电动风阀控制,与屋顶风机联锁。通风系统原理见图 3。

#### 4.4 恒温恒湿实验室及洁净实验室

有恒温恒湿及独立空调要求的实验室(如生物设计与蛋白质功能实验室以及大气细颗粒物研究室、气相色谱-质谱联用仪实验室、高效液相色谱-

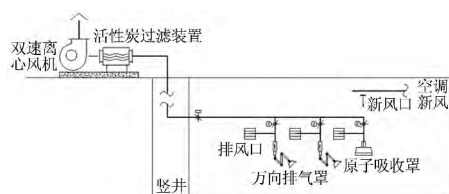


图 3 带原子吸收罩、万向排气罩的实验室通风系统原理图

质谱联用实验室等)设置独立机房空调,室外机安装于屋顶或室外平台。

有洁净要求的实验室(如细胞生物学实验室、流式分子室、生物大分子相互作用室、药物代谢实验室、细菌培养室、BSL-2 实验室),设置全空气系统直流运行,保证一定的换气次数。其中 1 万级净化要求的实验室换气次数为  $25 \text{ h}^{-1}$ ,10 万级净化要求的实验室换气次数为  $15 \text{ h}^{-1}$ 。采用带有两级过滤处理的净化空调机组,粗效空气过滤器采用易清洗更换的合成纤维过滤器,中效空气过滤器集中设置在空调机组的正压段,送入房间时末端再增加高效空气过滤器或亚高效空气过滤单元。在机组新风入口处设电动风阀,与洁净空调机组联锁。选择中效及高效空气过滤器需按额定风量选择,空气过滤器的安装应简便可靠,便于检漏和更换。

净化空调机组设在专用机房内,风机按系统的总送风量和总阻力值进行选择,中效、高效空气过滤器的阻力按其初阻力的 2 倍取值。气流组织采用上送侧回。回风设在缓冲区,洁净送风管道及高效过滤器和静压箱安装在净化复合板顶棚上。实验室设置压差显示计,送回风系统的安全操作规程为开启优先或关闭(断)后,缓冲间各道门之间执行先闭后启的电动互锁和自闭设置,以确保室内的洁净度。洁净实验室事故排风换气次数为  $12 \text{ h}^{-1}$ 。事故排风装置的控制开关应分别设在洁净室和室外便于操作的地点,并应与净化空调机联锁,室内宜设报警装置。

#### 4.5 气体排放处理

由于实验室气体排放中存在着很多有毒和酸碱腐蚀性极强的气体,应严格执行国家环境保护法,当排风系统排出的有害物浓度超过有关标准规范规定的排放标准时,应采取净化措施<sup>[1]</sup>,可以通过吸附、过滤、净化等方式进行处理。该工程风机设于屋顶,排风机入口设置活性炭吸附装置,使排出气体有害成分低于国家环保卫生要求。排风系统应排至建筑物动力阴影区和正压区以上。排风

管高于屋面 2 m,顶部加风帽。确定排风机的功率时应考虑室外排风过滤装置的阻力。屋顶风机安装示意如图 4 所示。

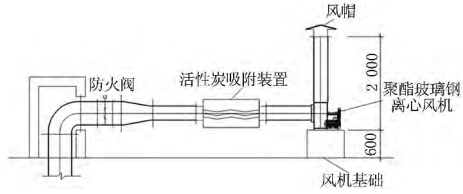


图 4 屋顶风机安装示意图

#### 4.6 其他

由于实验室排风具有腐蚀性,实验室内送排风管材料均采用防酸碱、防腐的玻璃钢风管,风机采用聚酯玻璃钢离心风机。风管与风机连接处设置长度 150~200 mm 的不燃材料,接口严密牢固。实验室有噪声限制,设计时注意风管内排风速度不能过高,有平时排风要求的风管风速建议控制在 3

m/s。实验室排放废气管道施工安装应满足相应实验室规范,并应由有实验室专业施工资质的施工单位进行安装。

#### 5 结语

高校实验楼空调系统采用多联机空调系统,具有独立性、灵活性,满足计量要求。实验室通风采用垂直式,在通风管道上设置电动风阀联锁控制,节省初投资,控制简单。补风分 2 种,排风柜补风及事故排风补风,并在风管上设电动风阀与排风管道电动风阀联锁。人员补风采用新风机组,减少新风负荷。

#### 参考文献:

[1] 北京建筑设计研究院. JGJ 91—93 科学实验建筑设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,1993

[2] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册[M]. 2 版. 北京:中国建筑工业出版社,2008:969

· 简讯 ·

### 暖通空调专业相关的自然科学基金资助项目

2015 年度国家自然科学基金申请项目评审结果于 2015 年 8 月 17 日公布,现从中摘录暖通空调专业相关的部分资助项目,列表如下。

表 1 暖通空调专业相关的自然科学基金资助项目摘录

编号	项目名称	项目负责人	依托单位	批准金额/(万元)	项目起止年月
1	室内环境营造的基础科学问题研究	张寅平	清华大学	1 050	2016-01 至 2018-12
2	基于手术室的人体气溶胶散发模式与环境控制方法研究	周斌	南京工业大学	20	2016-01 至 2018-12
3	不同辐射条件下基于间歇空调运行模式的非透光围护结构隔热设计基础理论研究	董宏	中国建筑科学研究院	66	2016-01 至 2019-12
4	变物性条件下的建筑围护结构内部冷凝研究	冯驰	中国建筑科学研究院	20	2016-01 至 2018-12
5	基于住户空调行为的住宅建筑绝热特性与节能评价方法研究	李兆坚	总装备部工程设计研究总院	62	2016-01 至 2019-12
6	利用低品位能量总线减少玻璃围护结构夏季传热和去除室内得热的研究	李先庭	清华大学	68	2016-01 至 2019-12
7	东南沿海城镇高层高密度建筑群辐射热过程及其对建筑得热影响	李峥嵘	同济大学	65	2016-01 至 2019-12
8	夏热冬冷地区老年人热感觉模型研究	于航	同济大学	65	2016-01 至 2019-12
9	高层住宅厨房均匀自适应排烟动力学与设计方法研究	高军	同济大学	65	2016-01 至 2019-12
10	基于数据挖掘方法及不确定性分析对公共建筑冷水机组群控策略的识别、评估和优化方法研究	李铮伟	同济大学	20	2016-01 至 2018-12
11	基于臭氧对建材挥发性有机物作用的人居环境新风量快速计算方法	叶蔚	同济大学	20	2016-01 至 2018-12
12	基于气象预报的建筑动态冷热负荷预测模型研究	赵靖	天津大学	20	2016-01 至 2018-12
13	城市光伏密集接入地区楼宇空调虚拟机组组合及联动策略研究	徐青山	东南大学	57	2016-01 至 2019-12
14	面向随机用能行为的区域建筑动态空调冷负荷预测模型研究—以高校校园为例	陈淑琴	浙江大学	20	2016-01 至 2018-12
15	空调系统节能调控中的室温大滞后及智能预测控制方法	张吉礼	大连理工大学	65	2016-01 至 2019-12
16	户式蓄能型空气源热泵毛细管辐射供暖系统热性与建筑供暖行为模式的适应性研究	胡文举	北京建筑大学	20	2016-01 至 2018-12
17	基于相变蓄冷和太阳能空调的建筑热环境调控的基础研究	张炜	四川大学	20	2016-01 至 2018-12

(本刊)