

# 科研实验类建筑通风空调设计探讨

胡巍 王玥 张恺 王磊 左靖泽

中国中元国际工程有限公司

DOI:10.12238/btr.v7i4.4450

**[摘要]** 科研实验类建筑中通风空调系统设计方案的合理选择,对保证实验工艺需求、降低建筑物的能耗、减小项目对周边环境的影响,起到至关重要的作用。本文以实际案例为基础,分析总结了科研实验类建筑通风空调设计的难点要点,为此类建筑的设计提供了一些实际经验与技术解决方案,以期对同类型项目的设计起到一定的参考和促进作用。

**[关键词]** 实验室; 动物房; 隔离温室; 通风空调系统; 节能环保

**中图分类号:** TE08 **文献标识码:** A

## Exploration of Ventilation and Air Conditioning Design for Scientific Research Experimental Buildings

Wei Hu Yue Wang Kai Zhang Lei Wang Jingze Zuo

China IPPR International Engineering Co.,Ltd

**[Abstract]** The reasonable selection of ventilation and air conditioning system in scientific research experimental buildings plays a crucial role in ensuring experimental process requirements, reducing building energy consumption, and minimizing the impact on the surrounding environment. Based on practical cases, this article analyzes and summarizes the difficulties and key points of ventilation and air conditioning design, which provides some practical experience and technical solutions for the design of scientific research experimental buildings, playing a role provide some reference and promotion for the design of similar projects.

**[Key words]** laboratory; animal room; Isolation greenhouse; ventilation and air conditioning system; air cleaning system; energy conservation

### 引言

近年来,随着中国经济和科学技术的快速发展,国家对科研实验室建设的投入也越来越大,各检验检测类、高校类实验室建设数量和速度明显增加,同时,实验室的专业化、精细化、前沿化的特点也越来越突出。而为满足科研实验类建筑多样化的工艺需求,一直是通风空调系统设计领域的重点。基于此,笔者通过某公共检测平台项目,分析总结了不同类型实验室的通风空调系统设计难点要点,希望为同类型项目的设计提供借鉴参考。

### 1 项目概况

该公共检测平台项目位于山东省,总建筑面积约68203平方米。项目的主要功能包括科研综合楼、食品农产品检测中心、工业品检测中心、后勤保障中心、三级生物安全实验室、隔离温室以及动物房。

### 2 实验室通风空调设计

本项目实验室种类多,工艺复杂,涵盖农食、化工、生物、机械、电子等种类,通风空调系统形式多样。各类实验室对人员

物品流向、实验环境、温湿度、洁净度、抗震动、电气屏蔽、消声等都有特殊的技术要求。



图1 项目正面实拍照片

设计针对不同的用途区域采用不同的通风空调系统形式,采用“区域控制与整体规划相结合”的设计理念,集成各系统横

向竖向设置,保证工艺需求,避免各系统之间相互干扰,同时降低运行能耗。

### 2.1 三级生物安全实验室

ABSL-3和BSL-3实验区为不可回风的负压净化区域,7级净化,采用全新风直流净化空调系统,核心区实验室换气次数25次/h。

设计压力梯度: ABSL-3实验室(-60Pa)→BSL-3实验室(-50Pa)→第二缓冲间(-40Pa)→内走廊/准备(-30Pa)→缓冲间(-20Pa)→二更(-10Pa)→淋浴(-10Pa)→一更(0Pa)→前室(+10Pa),由里向外压力递增。

ABSL-3实验室、BSL-3实验室均采用上送上排的气流组织方式,送风口设在实验室污染较轻的区域上方,排风口设在实验室污染较为严重的区域上方,室内气流组织自污染较轻的区域流向污染较为严重的区域。送、排风口布置应使室内气流停滞的时间最短,最大限度减少室内回流与涡旋,使室内气流组织更加均匀,并避免气流短路。

净化空调系统送风采用四级过滤,即粗效(C2)、中效(Z3)、高中效(GZ)过滤器,设在空调机组内;末端设置高效过滤送风口(G40)或高效过滤送风箱(G40)。

排风均采用一级高效过滤,ABSL-3实验室在高效过滤器后配一级活性炭过滤器吸附动物排出的氨气,排风高效过滤器采用可原位检漏的高效过滤箱(BIBO)。为减少排风系统受到污染,排风机组出风段均配中效(Z3)过滤器。

ABSL-3实验室的负压通风笼架自带排风机、高效过滤器。

生物安全三级实验室的排风口位于主导风向的下风向,且与新风口的直线距离大于20m。

ABSL-3实验室、BSL-3实验室的设计要点就是要保证实验室安全性、可靠性。应重点关注:实验区风量平衡计算,生物安全核心区实验室压差监控,定风量阀锁定,变风量阀的控制,生物型密闭阀的连锁。

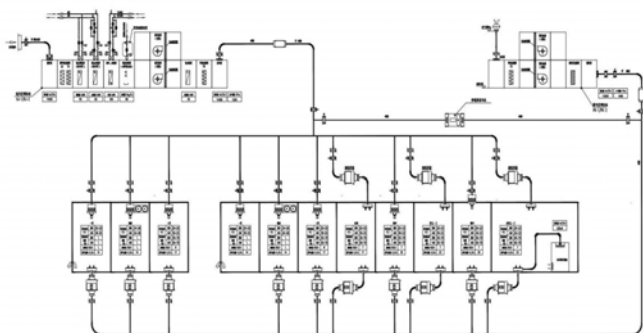


图2 三级生物安全实验室通风空调系统原理图

### 2.2 BSL-2实验室

实验区采用可回风的负压全空气空调系统,实验室换气次数8次/h。

设计压力梯度: BSL-2实验室(-15Pa)→缓冲间(-5Pa)→走廊/准备(0Pa),由里向外压力递增。

BSL-2实验室均采用上送下回的气流组织方式,室内气流组织自污染较轻的区域流向污染较为严重的区域。

空调系统送风采用二级过滤,即粗效(C2)、中效(Z3)过滤器。排风经中效(Z3)过滤后屋顶排放。

### 2.3 微生物检测实验室

实验区为正压洁净区域,7级净化,采用一次回风净化空调系统,核心实验室换气次数20次/h。

设计压力梯度: 无菌间(+20Pa)→缓冲间(+10Pa)→走廊/准备(0Pa),由里向外压力递减。

实验室均采用上送下回的气流组织方式,送风口设在实验室中央位置,回风口设在实验室四角或对角,使室内气流组织全面覆盖,保证洁净度。

### 2.4 EMC实验室

EMC实验室采用独立的恒温恒湿空调,夏季供冷,冬季供热、加湿。电波暗室、屏蔽室最大精度要求温度控制在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ,湿度要求在 $\pm 5\%$ 以内,电波暗室气流组织下送上回,换气次数不低于3次/h。

### 2.5 动物房

动物饲养实验室,动物种类多,要求高,人流、物流、气流复杂,净化区面积大、能耗大、气味控制难度大。空调通风设计既要满足工艺要求、消防安全要求,同时还要满足节能环保的要求。

SPF级动物房为不可回风的正压净化区域,采用全新风直流净化空调系统,饲养室7级净化,夏季温度 $25^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度60%,冬季温度 $22^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度45%。普通动物房及其辅助用房为不可回风的负压区域,采用全新风直流空调系统。

动物实验室监控室设置高性能直接数字控制器(DDC),可以独立或联网控制、监视和能源管理功能而无需依赖中央控制系统。

净化空调系统送风采用三级过滤,即粗效(C2)、中效(Z2)过滤器,房间设高效过滤送风口(G40),气流组织上送下排。

排风系统与空调系统对应设置,根据不同种类的动物采用不同规格的独立通风笼架(IVC)和禽隔离器,达到精确的小环境控制。其中SPF级动物房设专用净化排风机组,风机一用一备。排风均采用活性炭过滤器吸附动物排出的氨气,为减少净化排风系统受到污染,SPF级动物房净化区排风机组出风段均配中效过滤器。

### 2.6 植物隔离温室

在国家规范对植物隔离温室生物安全三级实验室没有明确建设要求的基础上进行了超前设计,核心实验区分分为高风险隔离温室区域和普通隔离温室区域,高风险隔离温室设置双扉高压灭菌器,人员进出经过更衣风淋,温室排水经过消毒废水处理,按照生物安全三级实验室标准建设。

隔离温室采用外遮阳、内遮阴的方式达到节能与温度调控的目的。

隔离温室及其辅助用房均为可回风的负压净化区域,按功

能分区域设置独立的双风机净化空调系统,温度:18~35℃,精度±2℃,湿度:50~80%,精度±5%。设计采用一次回风的双风机净化空调系统,负担室内冷负荷、湿负荷和新风负荷。按使用功能分区,设三套送风空调系统,其中一套空调系统为特殊隔离温室服务,送回风机均为一用一备,水平安装。

隔离温室采用上送上排的气流组织方式,送风口设于过道上空,排风口设于温室角落,减少短路,保证气流均匀,同时避免影响植物日照。隔离温室净化空调系统送风采用三级过滤,即粗效(C2)、中效(Z2)过滤器设在空调机组内,高效过滤送风口(G40)设在房间吊顶内。

各个房间的送回风口均配置高效过滤风口(G40),可以避免室外植物与室内植物、室内植物之间的花粉和孢子的相互影响。

为减少净化排风系统受到污染,隔离温室净化空调系统排风机组出风段均配中效过滤器。

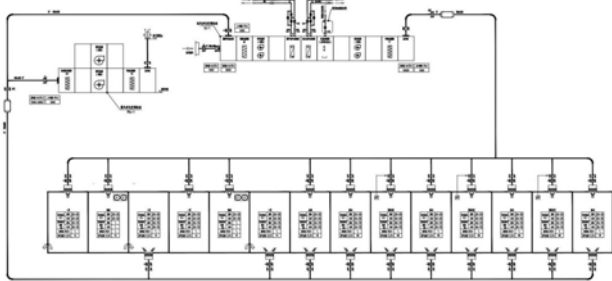


图3 隔离温室通风空调系统原理图

### 2.7 普通物理实验室、化学实验室、生物实验室

普通实验室均保证微负压,设计基础换气次数不应低于国家规范要求,物理实验室1~2次/h,生物实验室2~3次/h,化学实验室3~4次/h。实际设计时,建议适当增大,以备实验室功能调整或增加局部排风。本项目根据工艺需求,基础换气设计达到了6~8次/h。

通风柜设置独立变风量排风系统,通过感应柜门开度,控制面风速,调节风量。房间送风根据排风进行变风量控制,并可实现无人时阀门及送排风机组关闭,以利节能。

为利用排风热能,并保证送排风无交叉污染的风险,部分新风机组可采用设置显热回收装置,冬季热回收效率不小于65%。

### 3 冷热源设计

针对项目运行特点,合理配置冷热源,既满足工艺需求,又方便管理,低碳节能。

综合科研楼地下室设有集中冷站,配置3台离心式冷水机组,单台制冷量3000KW,为空调系统提供7/12℃冷水,通过冷源智能

控制系统实现对机组运行台数的合理匹配,降低运行能耗,增强了项目建设运营的经济性。

集中热源采用市政热力,经换热站换热后,为园区冬季供热,一次水供回水温度130/70℃,二次水供回水温度60/50℃。

动物房、植物隔离温室、三级生物安全实验室等单体设置独立的风冷热泵机组,制冷制热,以满足工艺的特殊需求。风冷热泵作为主冷热源,当故障时,可切入园区集中冷热源,以保证可靠性。

大型仪器实验室等发热量大的房间,设置单独的多联机空调系统,满足工艺设备降温需求,使用灵活。

### 4 项目运行简述

自项目竣工交付后,暖通空调各系统经调试后,运行良好。作为高能耗的实验检测类建筑,本项目通过冷热量热回收系统、冷源智能控制系统、结合工艺匹配复合型冷源形式、末端设备按功能分区独立控制等多项节能措施,实现了项目的可靠、高效、节能、绿色运行。

针对实验室高污染的排风,采取源头控制、合理组织、多级处理等行之有效的过滤净化措施,排风污染物浓度远小于环境评估检测标准的要求,最大限度的降低对周围环境的影响。

### 5 结束语

科研实验类建筑的主要特点是工艺需求多样化、建筑高能耗、高污染性。这就需要设计师根据项目所在地的气候条件、针对不同的实验类型,综合考虑通风空调设计方案,既要满足实验工艺需求和舒适性要求,又要低碳节能、绿色环保,保证全生命运维周期的经济性和可持续性。

### 【参考文献】

- [1]中科院建筑设计研究院有限公司.科研建筑设计标准:JGJ-91-2019[M].北京:中国建筑工业出版社,2015:30-35.
- [2]中国建筑科学研究院.生物安全实验室建筑技术规范:GB50346-2011[M].北京:中国建筑工业出版社,2011:13-18.
- [3]中国电子工程设计院.洁净厂房设计规范:GB 50073-2013[M].北京:中国计划出版社,2013:19-24.
- [4]曹国庆,唐江山,王栋,等.生物安全实验室设计与建设[M].北京:中国建筑工业出版社,2019.
- [5]赵文成.中央空调节能及自控系统设计[M].北京:中国建筑工业出版社,2018.

### 作者简介:

胡巍(1981—),男,汉族,河北省辛集市人,大学本科,高级工程师,暖通空调设计及研究领域。