

生物化学实验室通风策略

中国中元国际工程公司 赵 侠[☆] 李 顺 陈 婷

摘要 介绍了生物化学实验室的建筑特性和通风空调特性,归纳了国内外实验室通风设计标准,给出了实验室通风设计参数如新风量、排风柜面风速、排风柜排风量等参数的选择。结合实际工程,比较了不同通风换气次数下不同通风方案的优劣,提出适用方案。

关键词 生物化学实验室 通风 设计标准 节能 设计参数

Ventilating strategy of biochemistry laboratories

By Zhao Xia[★], Li Shun and Chen Ting

Abstract Presents the characteristics of the building and ventilating and air conditioning of biochemistry laboratories. Summarizes the design standards of ventilating for laboratories at home and abroad. Presents the selection method of ventilating design parameters like fresh air amount, air face velocity and exhaust air rate of vented enclosures, etc. Combining with a project case, compares the advantages and disadvantages of different ventilating schemes under different air changes of ventilation. Puts forward the suitable schemes for use.

Keywords biochemistry laboratory, ventilating, design standard, energy saving, design parameter

★ China IPPR International Engineering Corp., Beijing, China

①

0 引言

生物化学技术已经渗透到人类生活的方方面面,它的飞速发展,使得为之服务的生化实验室的建设速度不断加快,建筑面积大增。以北京为例,就建有中关村生命科学院(总建筑面积 80 万 m²)、亦庄生物医药产业园(总建筑面积 16 万 m²)、大兴生物医药产业基地(规划面积 9.63 km²)、昌平未来科技城(规划面积 10 km²)等几个大型生物技术开发区。

1 生化实验室特性

1.1 建筑特性

实验楼以多层建筑为主,也有高层建筑或多层与高层相结合的实验建筑。不同类型的建筑通常将建筑密度控制在 21%~27% 范围内^[1]。大多是模块化的建筑模式,具有灵活性、人性化、智能化、信息化、环保、节能等特点,是研究人员舒适、健康的工作场所。

生化实验室通常由 4 种功能的房间组成^[1]。每种功能所占的比例为:实验用房 55%~61%,实验辅助用房 17%~21%,公共设施 5%~7%,行政及服务用房 15%~19%。

1.2 通风空调特性

1.2.1 复杂性

实验建筑内除设有空调系统外,还设置大量的局部通风和全面通风系统,采用排风柜、生物安全柜、万向排风罩等通风设备。因而管道多、布置复杂。

1.2.2 特殊性

实验建筑中有一些功能房间,如洁净室、实验动物房,高温、低温或恒温实验室等,这些房间对通风空调有特殊要求和严格的控制标准。

1.2.3 通风量

实验建筑的换气次数约为 12~15 h⁻¹。新风量国内外取值有较大不同,国内新风量通常为 2~3 h⁻¹,较好的达到 6 h⁻¹。国外大多采取 100% 全新风。

1.2.4 冷热负荷

实验建筑空调负荷的大小与其设计新风量密切相关。如果新风量为 3 h⁻¹,实验建筑的空调负荷约比一般的公共建筑增加 30%~60%;如果新

①☆ 赵侠,女,1962 年 3 月生,大学,高级工程师
100089 北京市西三环北路 5 号
(010) 68732494
E-mail: zhaoxia@ippr.net
收稿日期:2013-03-11

风量为 6 h⁻¹,则可能增加 80%~150%。

1.2.5 建设费用

实验建筑的通风空调系统投资占项目建设成本的 30%~36%。

1.2.6 机房和管井

实验建筑中,机房和管井占总建筑面积的比例达 15%~20%。

1.2.7 可靠性和冗余

实验建筑中的通风空调系统,尤其是一些特殊系统,要求高可靠性,因此冷热源、空调机组、风机和水泵常常需要一定的冗余量,采取多用一备、甚至一用一备的设计方案。

1.2.8 运行维护

与常规建筑相比,由于科学实验建筑拥有大量的设备和复杂的系统,其所需运行维护人员、维护工作量以及运行成本成倍增加。

2 需要排风的生化实验室

第一类,全年需要排除热量的房间,如冰箱室, -80℃超低温冰箱室,马弗炉室,烘箱、培养箱室等。

第二类,需要排除惰性气体的房间,如放置原子吸收分光光度计,气相色谱仪,液相色谱仪,气质两用、液质联用色谱仪,ICP(电感耦合等离子体)发光光谱仪,ICP-MS(电感耦合等离子体质谱)仪等的房间。

第三类,需要避免有机溶媒或其他有害气体积聚的房间,如药品室、试剂库和气瓶间等。

第四类,设有排风柜、万向排风罩、高速离心机、排风解剖台等设备的实验室。

第五类,需要排除湿气和消毒剂的实验辅助用房,如洗消间、洗衣房等。

3 生化实验室通风设计标准

3.1 中国标准

GBZ 2.1—2007《工作场所有害因素职业接触限制 第 1 部分:化学有害因素》、JG/T 222—2007《实验室变风量排风柜》、JB/T 6412—1999《排风柜》、JBT 385—2012《无风管自净型排风柜》、HG/T 20698—2009《化工采暖通风和空气调节设计规范》、127—2009《疾病预防控制中心技术标准》(建标)、《疾病预防控制中心建筑技术规范》(征求意见稿)、《全国药检所微生物检验重点实验室建设标准》(草案)、《超痕量有机污染物实

验室建设基本要求》(中国检验检疫科学研究院编制)。

3.2 美国标准

Federal Register-OSHA《联邦公报——美国职业安全与健康管理局》、OSHA 标准 29《实验室中危险化学药品前的职业性暴露》、Industrial Ventilation-ACGIH《工业通风》、美国防火协会标准 NFPA 101《人身安全规范》、美国防火协会标准 NFPA 30《易燃和可燃液体规范》、美国防火协会标准 NFPA 45《化学实验室防火》、ASHRAE 110 Application Handbook、美国国立卫生研究院 NIH Design Policy and Guidelines《设计准则和指导方针》、美国国家标准/工业卫生协会 ANSI/AIHA Z9.5 等、美国科学设备及实验室专用家具协会 SEFA1.2。

3.3 欧洲标准

欧盟/英国国家标准协会 EN/BS 14175、英国国家标准协会 BS7258、德国国家标准协会 DIN 12924、法国标准 AFNOR XP X15-203。

4 生化实验室通风策略

4.1 实验室新风量

根据运行情况,实验室不使用时(如夜间和周末)最小新风量为 4 h⁻¹;使用时为 6~12 h⁻¹(Federal Register-OSHA)。

根据实验室性质,新风量宜采用表 1 数据。

表 1 实验室新风量建议标准

实验室性质	新风量/h ⁻¹
化学	6~20
有机合成	15~18
有毒实验	20~30
生物安全实验	15~30
生物	5~30
医药	5~10

4.2 排风柜排风量

我国相关标准对排风柜面风速的规定见表 2。

表 2 我国排风柜面风速标准 m/s

排风柜内有害物种类或使用场所	面风速
无毒有害物	0.25~0.375 ^[2]
有毒或有危险的有害物	0.4~0.5 ^[2]
极毒或少量放射性有害物	0.5~0.6 ^[2]
放射性有害物	≥1.0 ^[3]
同位素实验室内用	1.5 ^[4]

美国 ANSI/AIHA Z9.5 和 Federal Register-OSHA 对排风柜面风速的规定见表 3。

表3 美国对排风柜面风速的要求 m/s

应用条件	排风柜面风速
为避免操作人员暴露危险,保证测试的准确性,不建议低于此风速	≥ 0.3
顶送风位置正确,送风平均风速 <0.2 m/s,排风柜远离门和通道	0.3
大多数情况下采用	0.4~0.5
使用很高毒性物质或外部条件对排风柜性能有不利影响的场合	0.5~0.6
为节能和提高捕捉效率,任何情况下不应超过的风速	0.75

我国常用排风柜单台排风量见表4^[1]。

表4 常用排风柜排风量

排风柜尺寸(长×宽×高)/mm	排风量/(m³/h)
1 800×800×2 550	1 300~2 100
1 500×800×2 550	900~1 700
1 200×800×2 550	700~1 300

4.3 其他实验设备排风量

生化实验室常用仪器设备排风量见表5。

表5 实验室仪器设备排风量

设备名称及规格	排风量/(m³/h)
原子吸收罩,5 000 mm×5 000 mm	400~600
万向排风罩,直径 375 mm/200 mm	130~300
试剂柜	75~100
可燃气体气瓶柜	100(换气次数平时 >3 h ⁻¹ , 事故时 >12 h ⁻¹)
负压手套箱	200

4.4 通风方案比较与分析

以某实际工程为例,进行实验室通风方案的比较与分析,确定房间在不同换气量条件下,送、排风采取定风量或变风量的联合控制方案。为安全起见,笔者将设有排风柜的实验室运行时换气次数下限定为8 h⁻¹。根据实验室排风柜、排风罩等通风设备的排风量,实验室最大排风量存在下列4种情况:不足8 h⁻¹换气,在8~12 h⁻¹换气之间,大于12 h⁻¹换气,以及室内无排风柜、排风量满足6 h⁻¹换气。

4.4.1 房间排风换气次数不足8 h⁻¹

针对排风柜开到最大也不能满足8 h⁻¹换气的实验室,可采用以下方案。

方案1:采用房间定风量8 h⁻¹送风、变风量排风柜(见图1),同时,增加房间变风量排风阀,使其与排风柜的变风量阀联动。这样既能满足换气次

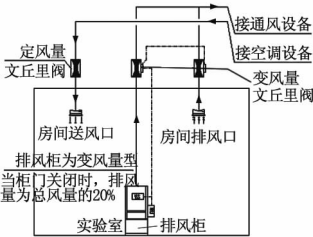


图1 方案1原理图

数的要求,也能实现变风量排风柜的面风速控制。

方案2:房间采用定风量送风,满足最小换气次数的要求。同时,采用定风量排风柜,定风量阀将排风柜锁定在最大排风量工况下运行,房间设一个定风量排风阀,与排风柜共同作用达到房间排风量要求。见图2。

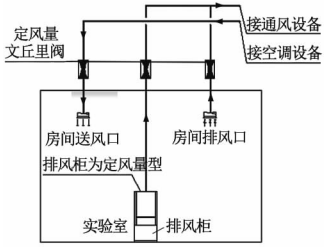


图2 方案2原理图

方案1造价较高。将来如果增加排风柜数量,已安装的排风柜控制系统不必做任何改变,只是在新增的排风柜上增加相应的控制阀门及控制部件,利用系统的同时使用率,并入系统运行即可。因此,未来变化的灵活性比较好,改造费用也低一些。

方案2造价较低。将来如果增加排风柜,房间内所有排风柜都需要由定风量型改为变风量型,才能利用系统的同时使用率达到增加排风柜的目的。因此,首先要对已安装的排风柜进行改造。除了新增的排风柜需要配置变风量控制系统外,已安装的排风柜排风控制阀门也需要更换为变风量型;同时,还要增加必要的排风柜监控器和调节门传感器。因此,未来变化的灵活性较差,改造费用也比较高。

4.4.2 房间排风量为8~12 h⁻¹

房间内排风柜排风开到最大时排风量大于8 h⁻¹、但小于12 h⁻¹,如果排风柜都关闭时最小新风量尚不能满足8 h⁻¹换气次数的要求。针对这种类型的实验室可采用以下方案。

方案3:房间采用变风量送风阀,排风柜采用变风量排风阀,二者联动控制。房间排风增加定风量控制的辅助排风阀,当排风柜关闭时,使实验室的换气次数满足最低8 h⁻¹的要求。见图3。

方案4:排风柜为定风量型,用定风量阀将排风柜排风机锁定在最大风量运行,房间定风量送风,送、排风量达到平衡。图4为方案4原理图。

方案3除具备方案1灵活性的优点外,当排风柜关闭时,房间的最小通风换气次数可达到8 h⁻¹,因此,系统有一定节能潜力。该方案气流组织也比

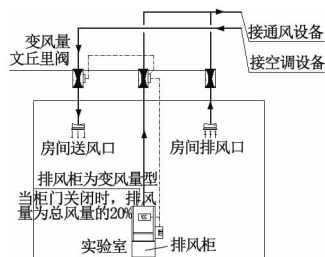


图3 方案3原理图

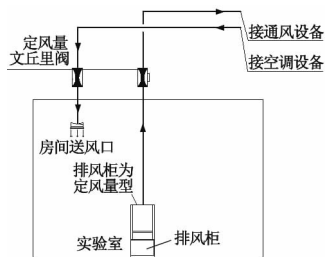


图4 方案4原理图

方案4合理,但系统的初投资较高。

方案4和方案1在造价和灵活性方面的优点相同,另外,由于采用了定风量通风,风量始终在大于 8 h^{-1} 的工况下运行,运行能耗较高。

4.4.3 房间排风量大于 12 h^{-1}

房间内排风柜开到最大时换气次数大于 12 h^{-1} ;但排风柜都关闭时不能满足 8 h^{-1} 的换气次数的要求。针对这类实验室,也有两种做法。

做法一,采用方案3。做法二,采用方案5,即采用变风量送风和变风量排风柜排风,二者联动控制。当排风柜关闭时,增加排风柜调节门关闭时的最小排风量,从而取消房间辅助排风阀。见图5。

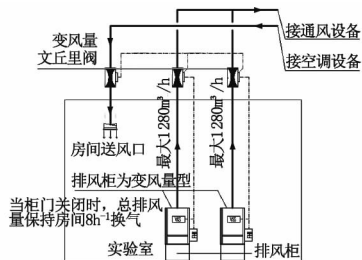


图5 方案5原理图

方案5比方案3节省了1个房间排风定风量阀,初投资降低。

在节能和未来的灵活性方面,二者区别不大。如果增加排风柜最小柜门关闭高度对实验没有影响,与方案3相比,方案5更好。

4.4.4 房间无排风柜、排风量满足 6 h^{-1}

房间无排风柜、但万向排风罩较多时,万向排风罩的排风量满足 6 h^{-1} 换气。这样的房间多为色谱仪室。

方案6:房间送风定风量控制,排风则在每个房间的总管上设置1个定风量排风文丘里阀。见图6。

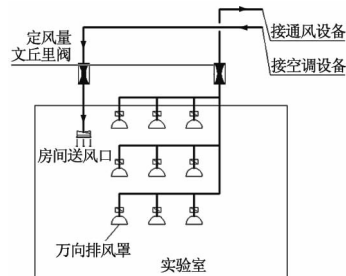


图6 方案6原理图

方案7:送风不变,在每个支风管上设置定风量文丘里阀,每个支管上一般设4~6个排风罩。见图7。

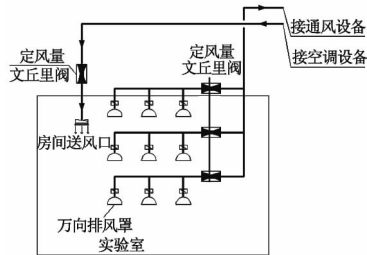


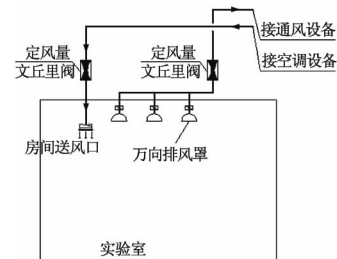
图7 方案7原理图

方案6造价较低。由于万向排风罩较多,房间总风量可控制,但是每个排风罩的风量分配可能稍差,需要具体分析。

方案7使得排风罩的风量容易分配,但定风量阀的数量会增加,造价较高。

4.4.5 无排风柜、排风量不足 6 h^{-1}

对于无排风柜且万向排风罩比较少的房间,在送、排风管上各设置1个定风量阀保证房间排风量满足 6 h^{-1} 换气次数是较好的选择。见图8。

图8 房间排风量小于 6 h^{-1} 的通风方案

5 结语

实验室的情况千差万别,通风方案也不能一概而论。需要根据房间功能、风量大小、资金状况、节能需求等,综合衡量后确定。

当实验室通风量 $>6\text{ h}^{-1}$ 换气次数时,宜选择变风量通风方案 1,可降低运行能耗。当通风量在 $8\sim 12\text{ h}^{-1}$ 换气次数时,首选方案 3,气流组织合理、运行节能。当通风量 $>12\text{ h}^{-1}$ 换气次数时,应选方案 5,节能潜力大,投资效益好。如果确实受投资限制需要采取定风量通风方案时,宜采用方案 2,以达到合理的气流组织。

6 致谢

通风及控制方案得到了北京比特赛天系统集成技术有限公司周鹰和布占亮先生的协助,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] 黄家声. 实验室设计与建设指南[M]. 北京:中国水利水电出版社,2011:39,95
- [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
- [3] 王同生. 核辐射防护基础[M]. 北京:原子能出版社,1983
- [4] 许居鹁. 机械工业采暖通风与空调设计手册[M]. 上海:同济大学出版社,2007:117