

几种专用实验室的通风设计

中国中元国际工程公司 赵 侠[☆] 李 顺 李玉梅 张 晨

摘要 介绍了二噁英实验室、抗生素效价测定室、放射性同位素和高氯酸实验室等生物化学实验室的特点,以及对应的通风空调方案,包括通风量计算,气流组织、防腐防爆、人员防护、消防以及排风处理等技术措施的确定等。

关键词 专用实验室 通风 人员防护 气流组织 排风处理

Ventilation design of several special laboratories

By Zhao Xia[★], Li Shun, Li Yumei and Zhang Chen

Abstract Presents the characteristics of different kinds of the biochemistry laboratory including dioxins, assay of antibiotics, radioactive isotope and perchloric acid laboratories, and corresponding ventilation schemes, including ventilation rate calculation, determination of air distribution, corrosion proof, explosion proof, personnel protection, fire and air exhaust processing technology, etc.

Keywords special laboratory, ventilation, personnel protection, air distribution, exhaust treatment

★ China IPPR International Engineering Corp., Beijing, China

①

0 引言

在环境科学、生物医药、检验检疫和教学科研等领域,有一些专用实验室,如二噁英实验室、抗生素效价测定实验室等,与普通生化实验室有明显不同。它们的共性是:1) 实验样品对人员、环境具有高度危险性,需要严格防护和排放处理。2) 都需要在相对独立的建筑或区域内建设。3) 需要相关管理部门审批通过后才能建造,验收合格后才能运行。这些实验室的通风系统,对于通风量、气流组织、防腐防爆、人员防护、消防以及排风处理等,均有一些特殊要求。本文介绍几种专用实验室的通风设计。

1 二噁英实验室

二噁英类物质是痕量持久性环境有机污染物,是非常稳定、难以降解的强致癌物质,具有生殖毒性、免疫毒性和内分泌毒性,对人体机体代谢有很大影响^[1]。

根据 HJ/T 365—2007《危险废物(含医疗废物)焚烧处置设施二噁英排放监测技术规范》的^[2]要求,二噁英类分析实验室属于专用实验室,应按照不同的功能划分区域,严格区分样品的前处理区和高分辨率色质联机分析区。标准二噁英实验室一般设有更衣间、样品准备间、洗烘间、药品储藏间、高浓度样品预处理间、低浓度样品预处理间、样

品间、仪器分析间、散热器间、降解间、控制室、办公室等功能房间。其中散热器间、控制室、办公室和配电室在非洁净区,其他房间在洁净区。表 1 给出了二噁英实验室工艺对环境的要求。

表 1 二噁英实验室工艺对环境的要求

房间名称	房间洁净度等级	房间压力/Pa
仪器分析间	6	20
高浓度样品预处理间	6	-25
低浓度样品预处理间	6	-25
更衣间、洗烘间	7	10
药品储藏间	7	10
洁净走廊	7	15
样品准备间	7	-10
样品间	7	-25
降解间	7	-35
缓冲室	8	10
气闸室	8	-10

二噁英实验室各区域污染程度从高到低为:二噁英前处理室→仪器室→质谱室→高分辨质谱室→细胞培养室;

洁净度从高到低:细胞培养室→高分辨质谱室→质谱室→仪器室→二噁英前处理室。

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:2013-03-14

二噁英实验室的大多数房间属于洁净区,根据实验室面积大小,设置 2~3 个全空气净化空调系统为宜。样品前处理区宜采用全新风空调系统。对于带回风的空调系统新风量的确定,文献[1]认为不宜小于 $40 \text{ m}^3/(\text{人} \cdot \text{h})$ 。据笔者经验,如果房间设有排风柜等局部排风设施,新风量应满足补气要求;如果房间无局部排风设施,采用 $2 \sim 3 \text{ h}^{-1}$ 换气次数计算新风量。

二噁英实验室气流组织宜采用定向流上送下排(回)。送风口设于房间入口或人员活动区顶部,排(回)风口设于排风柜或污染物浓度相对较高区域的下部。

二噁英实验室的生物安全柜应为 II 级 B2 型,排风量 $2\,000 \text{ m}^3/\text{h}$;宜采用变风量排风柜,操作时排风柜面风速 $\geq 0.5 \text{ m/s}$ 。二噁英实验室通常采用气体灭火,因此需考虑灭火后的排风措施,其排风量 $\geq 5 \text{ h}^{-1}$ 换气量,排风口宜与平时排风口兼用,风口顶部距地高度 $\leq 460 \text{ mm}$ 。

二噁英实验室的送排风均需要处理。送风应设粗效(G4)、中效(F7)和高效(H13)空气过滤器,其中粗效、中效过滤器安装在空调机组内,高效过滤器安装在房间送风口处。由于在样品提取、净化、浓缩和分析过程中会使用有机溶剂,宜在排风口处设中效(F7)空气过滤器;在排风机入口前设置活性炭吸附装置,活性炭应定期更换。

值得一提的是,仪器分析间内高分辨磁质谱仪(GMS-800D)和高分辨气相色谱/双聚焦磁式质谱联用仪(HRGC/HRMS)等仪器对环境温湿度和控制精度要求较高,建议配置恒温恒湿空调机组。仪器自带的循环冷却系统将热量传至散热器间,因此,散热器间内的冷水机组和变压器发热量很大,应采取降温措施。

图 1 为广州市天河建筑设计院设计的农业部二噁英检测实验室的工艺平面图。该实验室由化学实验室改建而成。采用 2 台空调机组,1 台 $15\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 的全新风净化机组为整个洁净实验区服务,另 1 台 $5\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 的空调净化机组为仪器分析室(1)服务。同时设有 2 台 $15\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ 的排风机(一用一备)为排风柜和实验室排风。洁净疏散走廊设机械排烟系统。由于实验室采用气体消防,房间排风口兼作灭火后的消防排风口。

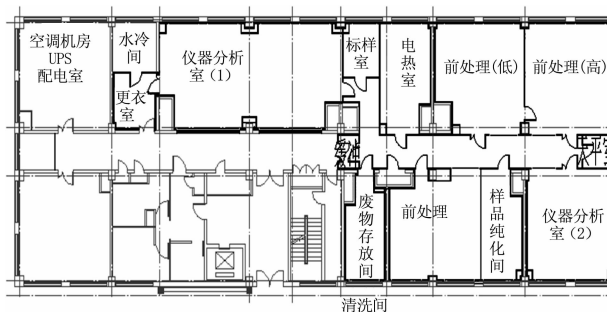


图 1 农业部二噁英检测实验室工艺平面图

2 抗生素效价测定实验室

抗生素是用于治疗各种细菌感染或抑制致病微生物感染的药物。虽然发现并应用抗生素是人类的一大革命,人类从此有了可以同死神进行抗争的一大“武器”,但超时、超量、不对症使用或滥用抗生素,又会给人类带来严重危害,出现细菌耐药性、DNA 污染、菌群失调、出现超级细菌以及对人体造血机能造成损害。长期接触抗生素的实验者,必须采取环境抑制和人员防护措施才能避免受到伤害。

根据《药品 GMP 认证检查评定标准(征求意见稿)》(2010 年版)[3],生产抗生素应使用独立的厂房与设施、独立的空调净化系统,分装室应保持相对负压,排至室外的废气应经处理并符合要求,排风口应远离其他空气净化系统的进风口。

参考文献[3],抗生素效价测定实验室应处于独立的区域,为其服务的空调系统也应与其他房间空调分开设置。

抗生素效价测定实验室通常包括一更衣室、二更衣室、灭菌前室、灭菌后室、培养室、无菌检查室、微生物检查室、洁净走廊等。中国药品生物制品检定院(简称中检院)的抗生素效价测定实验室空调平面图见图 2。

3 放射性同位素实验室

放射性物质是一种危险品。辐射对机体的影响分为变化、损伤、损害和危害几个等级。危害不仅仅有害于个人,还有害于群体和后代。防辐射设计分为防止内辐射和防止外辐射,前者的主要措施是通风和去污,后者的主要措施是屏蔽和远距离控制[4]。

《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令)、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院第 449 号令)、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环保总局第

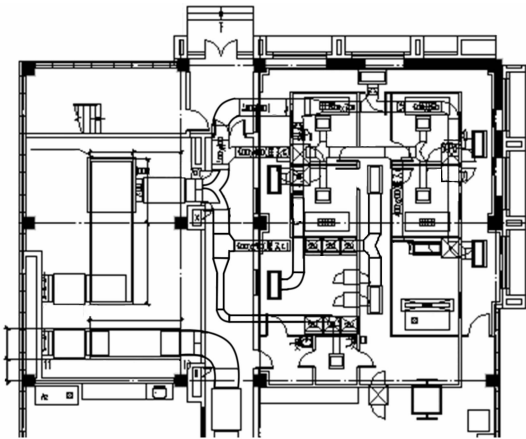


图2 中检院抗生素效价测定实验室空调
(全空气净化空调系统,室内为高效送风口)平面图

31 号令)等国家法规,为放射性同位素实验室的设计和管

理提供了依据。
放射性同位素实验室属于开放型实验室,它的工作区域应分为控制区(绿区)、监督区(橙区)和非控制区(白区)。通常由卫生通过间、更衣室、淋浴房、实验室、走廊、放射性废物储藏室等功能房间组成。放射性同位素实验室的排列,原则上以放射性活度的低、中、高依次排列^[5]。

操作易挥发的高毒、极毒放射性物质及易产生大量放射性气体和气溶胶的工作,应在排风柜中进行。排风柜宜采用一体化不锈钢柜体,柜内衬里应能防止射线穿透。衬里应为圆角,防止放射性材料在柜内沉积,便于彻底清洁。排风柜结构应坚固,能承受铅块和其他防护材料的质量。

实验室的气流应从放射性污染可能性小的方向流向放射性污染可能性大的方向。各工作区之间应设计一定压差,保持一定的换气次数,详见表 2^[6]。

表 2 放射性同位素实验室的环境要求

工作区域	压差/Pa	换气次数/h ⁻¹
非控制区	0	2~5 或自然通风
监督区	30~50	5~10
控制区	100~150	10~20

排风管应采用法兰连接,法兰垫片用氯丁橡胶制作。排风应经过高效空气过滤器处理。排风机应设在靠近排放口一端,排风机的排风能力应有一定的余量。当实验室有 2 个及多个排风系统时,排风系统的启闭应由程序控制。

排风系统的排放口高度应通过计算确定,排放口须超过周围(50 m 范围内)最高屋脊 3 m 以上。

在实际执行有困难时,征得放射卫生防护部门同意后,可以适当降低高度,但应加强防护措施,减少放射性物质的排放量。排放口内应设气体采样口^[6~7]。中检院放射药品检定室排风平面图(局部)见图 3。

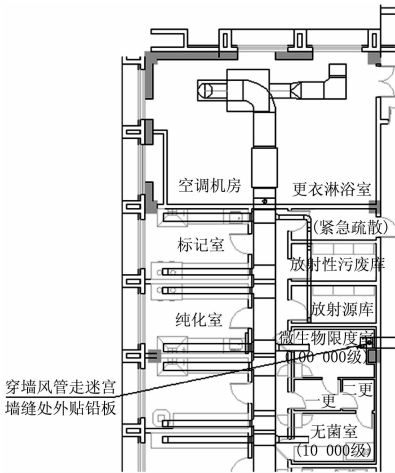


图3 中检院放射药品检定室排风平面图

4 高氯酸实验室

高氯酸是无机化合物,为无色透明的发烟液体,在无机含氧酸中酸性最强。高氯酸助燃,具强腐蚀性、强刺激性、强氧化性,与有机物,还原剂,易燃物如硫、磷等接触或混合时有引起燃烧爆炸的危险。在室温下即可分解,加热则爆炸,并可致人体灼伤。

有关高氯酸的实验应在高氯酸专用排风柜中进行。应在高氯酸排风柜显著位置标记“仅用于高氯酸工作”。排风柜内应用整块的 316 不锈钢板制成整体衬里,衬里应为圆角、无接缝,柜内设防爆灯。高氯酸蒸气能在风管中冷凝形成不稳定堆积,导致爆炸,因此,其排风系统必须独立设置,并配备排风系统内部冲洗和排水系统。排风管应光滑、严密、耐酸、耐冲洗;长度尽量短,弯头尽量少;安装时必须坡向排风柜,中间不得存水,冲洗水由排风柜排除。风管和风机、风阀材质可以采用性能不低于 316 不锈钢的钢材,也可以采用合适的非金属材料。不锈钢风管采用氩弧焊接^①。

冲洗装置必须能够冲刷所有风管的内表面。冲洗喷头的安装数量根据所服务的风管面积确定,

① 北京比特赛天系统集成技术有限公司. 实验室气流控制系统工程技术手册(2010 版):146-147

冲洗水量则按喷头数量计算确定。同时,根据喷头形式确定供水压力,只有水压和水量都满足时才能保证冲洗效果。排风柜每次使用后均应冲洗。在北方地区应考虑排风系统的防冻措施。某实验室高氯酸排风柜排风平面图见图4。

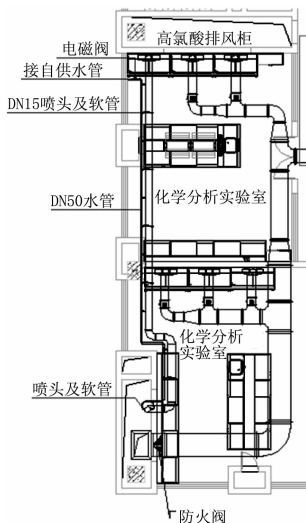


图4 某实验室高氯酸排风柜排风平面图

5 总结

专用实验室因其操作过程中会对环境产生危害,必须采取特殊的通风方案和排风处理措施。设计要点归纳如下:

二噁英实验室应设置净化空调系统,样品前处理区宜采用全新风空调系统,仪器分析间宜配置恒温恒湿空调机组,排风应经过活性炭吸附装置处理。

抗生素效价测定实验室应处于独立的区域,并单独设置通风和净化空调系统。分装室应保持相对负压。排风应经过处理。

放射性同位素实验室应处于独立区域,保持一定的通风量和室内负压。气流应从放射性污染可能性小的方向流向放射性污染可能性大的方向。排风柜内衬应能防止射线穿透。排放口设置位置须超过周围(50 m范围内)最高屋脊3 m以上。

高氯酸实验应在高氯酸专用排风柜中进行。其排风系统必须独立设置,系统需防腐、防爆,并配备内部冲洗和排水系统。

6 致谢

北京戴纳实验科技有限公司张京军先生为本文提供了高氯酸实验工程实例图纸,特此致谢。

参考文献:

- [1] 李丽东,沈万斌,张祖麟,等. 二噁英实验室建设方案设计[J]. 实验室研究与探索,2007,26(6):119-122
- [2] 国家环境分析测试中心. HJ/T 365—2007 危险废物(含医疗废物)焚烧处置设施二噁英排放监测技术规范[S]. 北京:中国环境科学出版社,2007
- [3] 药品 GMP 认证检查评定标准(征求意见稿)(2010 年版)[M]. 北京,2010
- [4] 曾广植. 怎样建立一个放射性同位素化学实验室[J]. 化学通报,1959(6):1-4
- [5] 中华人民共和国建设部. 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
- [6] 中国原子能科学研究院,核工业标准化研究所. GB 11930—2010 操作非密封源的辐射防护规定[S]. 北京:中国标准出版社,2011
- [7] 核工业标准化研究所. GB 18871—2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S]. 北京:中国标准出版社,2004
- [8] (美)丹尼尔·D·沃奇. 研究实验室建筑[M]. 徐雄,冯铁宏,祝东海,译. 北京:中国建筑出版社,2004:15