

参考文献:

- [1] OSHA. 29 CFR Part 1910 Final rules [S]. USA: Occupational Safety and Health Administration, 1990
- [2] 中国科学院北京建筑设计研究院. JGJ 81—93 科学实验建筑设计规范[S]. 北京:中国标准出版社, 1993
- [3] 同济大学,中国疾病预防控制中心,中国中元国际工程公司,等. JG/T 385—2012 无风管自净型排风柜[S]. 北京:中国标准出版社,2012
- [4] Scientific Equipment Furniture Association. SEFA 9-2010 Recommender practices for ductless enclosures [S]. SEFA World Headquarters, 2010
- [5] UNM 61 Standardization Commission. AFNOR NFX 15-211 Laboratory installations-recirculatory fume hood—generalities, classification, requirements [S]. France: UNM, 2009
- [6] CEN/TC 332. EN-14175 (1 - 6) Fume cupboards [S]. Brussels: European Committee for Standardization, 2003
- [7] 同济大学. JB/T 6412—1999 排风柜[S]. 北京:中国标准出版社, 1999
- [8] 同济大学,中国中元兴华工程公司,中国石化集团上海工程有限公司. JG/T 222—2007 实验室变风量排风柜[S]. 北京:中国标准出版社, 2007

《无风管自净型排风柜》标准的制定及解读

同济大学 刘东[☆] 李强民

昆山依拉勃无管过滤系统有限公司 Dominique Laloux

同济大学 袁园

中国疾病预防控制中心 戴自祝

摘要 简要介绍了标准的编制过程,针对无风管自净型排风柜的工作原理和性能特点,提出了该产品应用的合理工作流程、需要控制的关键问题等;并且对无风管自净型排风柜的过滤效率、控制浓度和面风速等关键性能的测试方法进行了解读。

关键词 无风管 排风柜 自净型 实验室 标准

Establishment and explanation of the *Ductless self-filtration vented enclosure* standard

By Liu Dong[★], Li Qiangmin, Dominique Laloux, Yuan Yuan and Dai Zizhu

Abstract Briefly presents the forming process of the standard. In the light of the working principle and performance features of ductless self-filtration vented enclosures, puts forward the rational working process of its application and key issues needed controlling. Explains the measuring method of filtration efficiency, control concentration, face velocity, etc. of the vented enclosure.

Keywords ductless, vented enclosure, self filtration, laboratory, standard

★ Tongji University, Shanghai, China

①

0 引言

实验室是进行科学研究和实验操作的场所,广泛应用于教育、研究、生产和质检等领域,但目前从事实验工作的人员健康问题令人担忧。美国、瑞典、英国流行病学研究结果表明,化学工作者,尤其是实验室工作人员的死亡率远高于社会一般人群;美国职业安全与卫生管理局公布的统计数据显示,实验室人员寿命比正常人的平均寿命要少10年^[1]。此外,实验室的单位面积能耗远超出普通民用建筑,其中实验室中的空调通风系统是控制实验室空气污染的重要系统,也是实验室的主要耗能部分。

实验室内的空气污染是危害科研人员身心健康的重要因素,若通风、空调系统的应用不妥,可能会加剧室内的空气污染和造成所处区域的外部空气被污染。排风柜作为实验室空气污染控制最为关键的局部排风设备,其性能直接影响实验人员的

健康安全。无风管自净型排风柜属于新型排风柜装置,排风柜配有活性炭分子过滤器和空气粒子过滤器,能吸附绝大多数的化学气体。科研人员在柜内进行化学实验时,有害气体被过滤装置内的过滤器所吸附,经过滤后的空气在室内进行循环。这种排风柜不将排风排至室外,因此能减少空调、通风系统的运行能耗(费用);而且由于有害气体被过滤器吸附,不直接排到室外,能减少对大气环境的污染。这些特点使得这类排风柜近年来在国内逐渐得到重视和发展。

无风管自净型排风柜通风方式与常规实验室的通风空调系统设计思路有很大的区别^[2]。选用

①[☆] 刘东,男,1970年3月生,博士,副教授
201804 上海市曹安公路4800号同济大学机械与能源工程学院
(0) 13916350557
E-mail: liudong@tongji.edu.cn
收稿日期:2013-03-22

该设备时如何判断产品是否合格,其关键性能、应用限定条件如何确定,如何判断过滤材料何时失效、须更换过滤器等等,只有解决上述问题才能切实确保实验室人员的健康与安全,有效地控制实验室内的空气污染。

为此需要制定一部相应的标准,规范无风管自净型排风柜制造厂商(国内或国外企业)产品质量。同济大学作为负责起草单位,联合中国疾病预防控制中心环境及相关产品安全所、中国中元国际工程公司等单位,制定了JG/T 385—2012《无风管自净型排风柜》标准^[3](以下简称《标准》),该标准于2012年5月16日发布,2012年11月1日起实施,适用于无风管自净型排风柜系列产品,本文是对这部标准的制定过程的总结以及标准中对于无风管自净型排风柜关键性能要求的解读。

1 标准编制的原则

1.1 参照欧盟与美国的标准,符合中国国情

标准编制组经过慎重的考虑,在申请标准立项时就决定倾向于参照欧盟及美国的相关标准,在此基础上形成我国标准。2008年7月第一次工作会议后,达成共识,即不能完全照搬欧盟标准和美国标准中的条文,为了能够满足我国的需要,收集了由美国工业卫生协会主编的美国国家标准ANSI/AIHA Z9.5-2003《实验室通风》、美国科学仪器及家具协会(SEFA)、法国的无风管自净型排风柜标准(AFNOR NFX 15-211)以及欧盟的排风柜标准EN 14175等相关资料^[4-6]。

1.2 标准的性能要求与检测方法应该具有可操作性

吸附过滤器的吸附特性是该类排风柜的重要性能指标。由于是在室内对污染物进行处理后使空气在室内进行循环,因此吸附材料的特性以及从操作口泄漏的污染物浓度都是重要的控制参数,尤其是泄漏浓度,目前欧盟标准、美国标准等对此类排风柜都无统一的规定。编制组详细分析了这些参考资料,根据主编单位的测试结果和主要编写单位专家的意见,经过反复磋商最终确定对于吸附过滤器性能,参考法国标准AFNOR NFX 15-211中的有关规定;而对于控制浓度及操作口的面风速等采用美国标准ANSI/AIHA Z9.5-2003和我国JB/T 6412—1999《排风柜》中的有关规定^[7-8]。无风管自净型排风柜的面风速试验、控制浓度试验及

吸附过滤器的相关性能参数等经抽检后均验证了其可操作性。主编单位在同济大学建立的实验室无风管排风柜试验台上对法国产品等同条件下进行性能测定,取得了第一手的试验数据,明确了该类产品的性能。

2 标准编制的过程

《标准》涉及吸附过滤器的制作、过滤效果的监控以及多种有害气体共同作用等问题,技术问题比较复杂,编制工作难度较大。编制组通过两年多的努力,认真推敲了欧盟和美国的标准,对吸附过滤器和排风柜经过多次实测检验,听取了多方的意见与建议,反复论证修改,最终完成标准的编制。

3 《标准》规定的无风管自净型排风柜关键性能

3.1 吸附过滤器的吸附性能

经过滤器过滤后的无风管自净型排风柜的排风及储存化学物质储存柜的排风净化效果是无风管自净型排风柜最重要的指标,务必满足要求。根据排风柜的分类(分为A、B两类,储存柜为B类)以及不同的运行工况(正常模式、报警模式、紧急模式等),《标准》有相应的规定。以GBZ 2.1—2007标准规定值的50%作为限值,高于此值即为报警模式,需要更换过滤器;并且规定了三类具有代表性的工质:环己烷、异丙醇和盐酸(35%)等;要求吸附过滤器的过滤性能测试必须在封闭的小室内进行,规定了不同化学试剂的蒸发系统的组成、蒸发方法和蒸发率等。

3.2 控制浓度

《标准》规定的控制浓度测试方法中测试示踪气体采用SF₆,试验应在测试间内进行。由于活性炭不吸附SF₆气体,要求在排风柜和测试用排风机系统之间设置静压箱,在测试时,静压箱内的静压保持零压,以确保测试的风量是该排风柜的额定风量。将采样管置于距地面1500mm(落地式柜、人员站姿)、距无风管排风柜75mm高度处。控制浓度测试步骤按照JB/T 6412—1999的有关规定执行;并要求在人体呼吸带处测试到的工质SF₆的控制质量浓度应不超过3.3mg/m³。

3.3 面风速

指无风管自净型排风柜操作孔截面的平均风速,操作型无风管自净型排风柜的操作孔面风速应保持为0.4~0.6m/s,并要求柜体应配备面风速

实时监测装置。

4 标准中有关条文的说明

根据编制《准制》过程中发现的问题和进行的相应研究,结合《标准》的条文,提出此类设备应用应该注意的主要问题。

4.1 分类问题

按照功能,排风柜分为操作型和储存型两类,前者实验人员可以在柜内进行相关化学实验操作,后者主要用于储存药品等。两者的共同点是都装有吸附过滤器,并且自身配置风机,组成了一个完整的通风系统,造成柜内的负压空间;但是两者的作用不尽相同,因此对于关键性能的要求也不相同。对于操作型的无风管自净型排风柜,要求控制操作截面的风速(0.4~0.6 m/s);而对于储存柜,则是要求控制换气次数(不少于 180 h⁻¹)。

4.2 适用性验证问题

该《标准》适用于在建筑内进行的中小型化学实验和常规化学实验用的无风管自净型排风柜的生产与检测,不适用于生物安全实验及其他未通过适用性判定的排风柜。这些自净型排风柜(操作柜及储存柜)可能适用于高校、研究所、医院等的实验室及各制造行业如化工、食品、制药、石油工业等行业的质量控制与研发的实验室,但是都要求在使用前必须进行适用性验证,供应商应协助用户根据自身的使用情况做好标记,以利于安全使用,务必要有此环节的工作。

《标准》附录 A 要求,在用户使用无风管排风柜之前,供应商应提供一份问卷,用户需填写操作使用的化学品名称、操作种类、容器、实验的持续时间以及必要的常规信息;供应商应据此来判断是否可以安全地选用无风管自净型排风柜。同时供应商应提供无风管自净型排风柜的指导说明贴标,贴于柜体前方,该贴标应包括所适用的化学品的名称、排风柜型号、制造商适用性判定时间、新过滤器的安装时间、过滤器的预计使用寿命等内容。

4.3 有关示踪气体问题

该《标准》等同采用美国 ANSI/ASHRAE 110-1995 的有关规定,SF₆ 气体在自然界原本是不存在的,因此可以减少背景浓度的影响。如果在现场试验中对实验室的某种化学分析有干扰时,可另选一种化学气体,但该气体必须是稳定的,并且

在 10⁻⁶ 量级时能被检测仪表记录,这项工作值得进一步探讨。

4.4 操作截面的风速问题

《标准》对操作型的无风管自净型排风柜的操作截面的风速也提出了要求,柜面风速传感器的品种较多,其布置位置可在不妨碍实验操作的前提下由生产厂家确定。

4.5 排风柜的其他技术参数

该《标准》等同采用 JB/T 6412—1999《排风柜》和 JG/T 222—2007《实验室变风量排风柜》的其他技术参数。在《标准》编制的过程中曾抽样对此类排风柜产品做了型式试验,试验结果表明排风柜的外型尺寸、性能参数及试验方法均符合要求,《标准》中所引用的 JB/T 6412—1999《排风柜》和 JG/T 222—2007《实验室变风量排风柜》的有关试验方法是切实可行的。

5 性能测试要求

5.1 测试用实验室要求

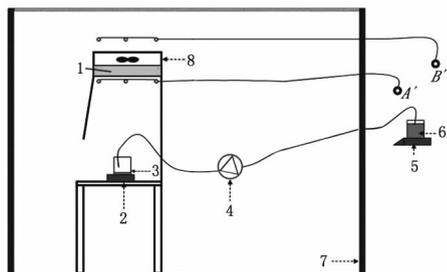
《标准》规定测试应在建筑物内的测试间进行,测试间的条件应满足:测试间体积 22.5~42.0 m³ (长 3.0~4.0 m,宽 2.5~3.0 m,高 3.0~3.5 m),测试间应密闭且内部不分隔。测试间内的空气温度应控制在 22 °C ± 2 °C,相对湿度为 50% ± 10%。要求在测试时关闭测试间的门。

5.2 测试项目

1) 过滤效率及过滤器吸附量

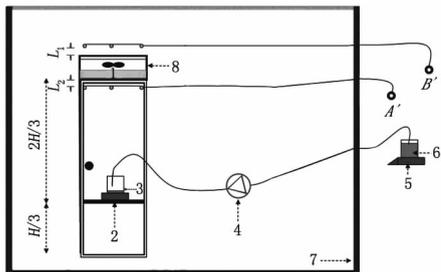
① 要求

在测试时,应关闭测试间的门,见图 1,2。测试应不间断地连续进行 8~10 h。在出风口检测到所测化学气体的时间加权平均容许浓度 TWA 值的 1%时,采样结束并记录化学试剂的最大蒸发量。此化学试剂蒸发量应至少不小于供应商出具



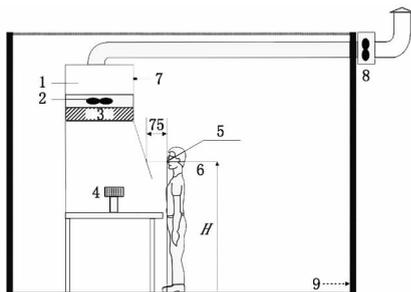
1 过滤器 2 热盘 3 蒸发皿 4 蠕动泵 5 天平 6 待测化学试剂 7 测试间 8 排风柜风机 A' 柜内浓度采样点 B' 柜外浓度采样点

图 1 无风管自净型排风柜过滤效率测试采样点示意



1 过滤器 2 热盘 3 蒸发皿 4 蠕动泵 5 天平 6 待测化学试剂 7 测试间 8 排风柜风机 $L_1=L_2=50\text{ mm}$
A' 柜内浓度采样点 B' 柜外浓度采样点

图2 无风管储存柜过滤效率试验采样点示意



1 静压箱 2 排风柜风机 3 过滤器 4 SF₆ 喷射器 5 采样点
6 模拟人 7 静压测孔 8 测试台用风机(带调速装置) 9 测试间 $H=1\ 500\text{ mm}$

图3 控制浓度测试示意

的化学试剂列表上的吸附量,参见表1。

表1 待测化学试剂的 TWA 值

化学试剂 CAS	职业卫生标准 TWA 值/ 10^{-6}
异丙醇 67-63-0	400
环己烷 110-82-7	300
盐酸 7647-01-0	5

对于 A, B 级的排风柜(A 级指配有双层过滤器的排风柜, B 级指配有单层过滤器的排风柜), 配有吸附过滤器数量及其蒸发的化学试剂的数量在供应商出具的化学试剂列表上要求明确列出。

② 试验步骤

在配有合适过滤器的无风管自净型排风柜内, 将测试用化学试剂按照具体的浓度要求不断蒸发。

放置于无风管自净型排风柜内的检测管束用于检测化学试剂蒸发率; 在出风口的管束用于测定过滤效果。

2) 操作孔截面风速

① 要求

测试区内的风速应小于 0.1 m/s , 非试验人员不应滞留在试验区内。

② 测试步骤

按照所示的位置, 做好标记, 确定测点; 启动无风管排风柜的开关; 用风速仪按照测试位置测量风速(每个点的测量时间为 10 s)。

3) 控制浓度

① 要求

测试示踪气体采用 SF₆, 试验应在测试间内进行。无风管自净型排风柜通过静压箱与试验用排风机相连接。试验用排风机的额定风量要求略大于排风柜的额定风量, 试验用排风机的风量可现场调节。图3为控制浓度测试示意图。

② 测试步骤

测试时, 静压箱内保持零压; 将采样管置于距地面 $1\ 500\text{ mm}$ (落地式柜、人员站姿)、距排风柜 75 mm 高度处; 控制浓度测试步骤按照 JB/T 6412—1999《排风柜》的有关规定执行。

6 总结与展望

1) 标准制定的必要性

无风管自净型排风柜是职业安全和节能的重要设备, 所制定的标准可以对该类产品的关键性能加以确定, 以确保规范产品的质量, 实现空气污染控制和职业安全健康。

2) 标准制定工作程序的有效性

无风管自净型排风柜的性能涉及吸附过滤器的制作、过滤效果的监控以及多种有害气体共同作用等问题, 技术问题复杂, 编制工作难度较大, 编制组认真推敲了欧盟和美国的标准, 听取了多方的意见与建议, 反复论证修改, 并对吸附过滤器和排风柜进行多次实测检验, 这些有效的工作程序确保了标准制定的科学性和可操作性。

3) 对关键性能参数的要求

无风管自净型排风柜的吸附性能是最关键的参数, 它关系到切实有效保护实验人员的安全和对节能效果的评价, 必要时可将此项条款定为强制条款。

4) 标准的可操作性

鉴于对无风管自净型排风柜控制浓度的要求是第一次提出, 没有相关的参考文献, 编制组通过多次测试, 确保了该标准具有可操作性。

希望该《标准》能在工程实践中贯彻执行, 规范和促进该产品的发展与应用, 在职业安全和空调整能减排工作中发挥应有的作用。