



行业标准《洁净工作台》要点解读

中国建筑科学研究院 曹国庆[☆] 许钟麟 张益昭

摘要 简要介绍了该标准(JG/T 292—2010)的编制背景、主要内容、洁净工作台分类和标记。列举了洁净工作台的几项结构要求、主要性能参数和技术要求、试验方法和检验规则。

关键词 洁净工作台 洁净度 截面风速 风速均匀性 引射作用

Interpretation of critical points in the Standard of clean benches

By Cao Guoqing[★], Xu Zhonglin and Zhang Yizhao

Abstract Presents briefly the compiling background, the main contents, and the classification and naming of clean benches regulated of the industry standard designated as JG/T 292—2010. Lists several main requirements of structure and technical parameters, testing methods and checking rules.

Keywords clean bench, cleanliness, cross-section velocity, velocity uniformity, ejecting action

★ China Academy of Building Research, Beijing, China

① 0 编制背景

洁净工作台是利用空气净化技术实现局部洁净环境保障的一种重要净化设备,由箱体、风机、预过滤器、高效(或超高效)空气过滤器及电器控制系统组成,在工作状态下能始终保持工作空间内的风速、空气洁净度、噪声、振动和照度等性能参数满足使用者的要求。随着我国近些年来科学技术的飞速发展,洁净工作台已广泛应用于生物医药、电子工业、食品工业、医疗卫生等领域,主要用于保证局部净化环境,其性能直接影响着操作空间内受控对象的质量,洁净工作台的生产、试验、检测必须有严格的标准来规范。

关于洁净工作台的相关理论和关键技术,我国早在20世纪60—70年代就有较完整的研究,并进行过大量产品试验工作,于20世纪80年代编制了《层流洁净工作台检验标准》^[1],但由于各种原因,一直没有统一的产品标准,对产品质量没有统一要求,没有统一规格的系列产品,以致目前所使用的洁净工作台产品良莠不齐,不同生产企业的产品无法进行客观比较评价,用户选择产品更是雾里看花。因此尽快制订我国洁净工作台的国家或行业标准已经迫在眉睫。

在此背景下,中国建筑科学研究院作为主编单位,会同洁净工作台生产厂家,结合我国在洁净工作台方面的研究成果和研究开发经验,同时吸取了国外洁净工作台的相关技术成果,共同编制了行业标准 JG/T 292—2010《洁净工作台》^[2]。

1 主要内容

JG/T 292—2010《洁净工作台》内容包括9章和1个附录,分别为:1. 范围,2. 规范性引用文件,3. 术语、定义和缩略语,4. 规格、分类和标记,5. 材料、结构与生产环境,6. 要求,7. 试验方法,8. 检验规则,9. 标志、包装、运输和贮存;附录A(规范性附录)空气洁净度换算。

该标准对一些关键技术参数作了详细的分析和实验验证,和国外标准相比,作了适合我国国情且更具体和可行的规定,如:对高效空气过滤器的扫描检漏、风速不均匀度和空气洁净度等方面的要求。

①[☆] 曹国庆,男,1978年12月生,博士,副研究员
100013 北京市北三环东路30号建研院空调所
(010) 84278377
E-mail:cgq2000@126.com
收稿日期:2011-09-14

2 范围

JG/T 292—2010《洁净工作台》适用于洁净工作台的设计、制造及检测,不适用于生物安全柜,生物安全柜的设计、制造和检测应执行 JG 170—2005《生物安全柜》^[3]。由于缺乏洁净工作台、生物安全柜两种产品的性能、选择、操作和维护等方面的知识,人们往往混淆这两种设备,其实两者之间是有本质区别的。工作状态下,生物安全柜操作空间保持负压,可防止操作对象(病原微生物)扩散造成人员伤害和环境污染,侧重于保护操作人员和周围环境,排风经高效空气过滤器过滤处理后排出,I级生物安全柜无送风高效空气过滤器,不保护操作对象,II,III级生物安全柜配备送风高效空气过滤器,保护操作对象;工作状态下洁净工作台操作空间一般为正压,送风经高效空气过滤器过滤后送至操作空间,无排风高效空气过滤器,侧重于保护操作对象而不保护操作人员和周围环境。

近年来随着科研、教学、临床检验和生产等方面的需要,市场上出现了负压洁净工作台,负压洁净工作台顾名思义是负压的洁净工作台,工作状态下其操作空间是负压的,配备送风高效空气过滤器,侧重于保护操作对象,排风不一定配备高效空气过滤器,即使排风配备高效空气过滤器,也不一定是生物安全柜,因为 JG 170—2005《生物安全柜》对生物安全柜安全性能有严格要求,如箱体检漏、排风高效过滤器检漏、人员安全性、受试样本安全性、交叉感染、工作窗口进风平均风速等,负压洁净工作台没有上述安全性要求。

3 洁净工作台的分类和标记

3.1 分类

洁净工作台的分类方法有多种:按气流流型分类,可分为垂直单向流、水平单向流和非单向流;按末级空气过滤器级别分类,可分为高效空气过滤器洁净工作台、超高效空气过滤器洁净工作台;按操作方式分类,可分为单面操作型、双面操作型;按洁净工作台操作区内与工作台所在环境之间的静压差分类,可分为正压和负压。

3.2 标记

洁净工作台的标记应结合洁净工作台分类进行,标准给出的标记方法如图 1 所示。

标记示例:工作区水平净宽度为 800 mm,气流组织形式为垂直单向流,空气过滤器为高效空气

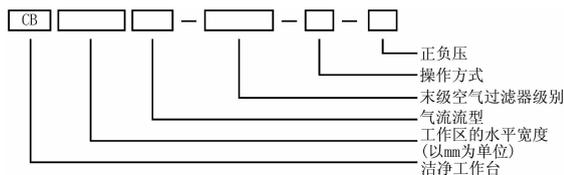


图 1 洁净工作台型号规格表示方法

过滤器,单面操作正压型的洁净工作台表示为:CB 800V。

工作区水平净宽度为 1 600 mm,气流组织形式为水平单向流,空气过滤器为超高效空气过滤器,双面操作负压型的洁净工作台表示为:CB 1600H-ULPA-D-N。

4 结构要求

该标准规定了洁净工作台箱体、台面、高效空气过滤器、均流层、电动机、自控装置等主要结构部件要求,部分结构要求简述如下。

4.1 高效空气过滤器

高效空气过滤器的性能决定了洁净工作台所能达到的水平,标准着重指出洁净工作台的高效空气过滤器应采用符合 GB/T 13554—2008 标准中不低于 B 类的高效空气过滤器^[4]。高效空气过滤器安装后,其出风面边框距洁净工作台边壁的距离为气流引射区,应控制出风面至边壁的距离,指出操作区高效空气过滤器出风面应尽量与内侧持平。强调高效空气过滤器应最后安装,且应现拆现装,是为了免受损受污,并要求及时罩好。

4.2 预过滤器

预过滤器对保护末级高效或超高效空气过滤器具有重要作用,标准规定预过滤器应选用符合 GB/T 14295—2008 标准中过滤效率不低于中效 II 型的过滤器^[5],同时指出当预过滤器安装在洁净工作台下部操作人员腿部位置时,其进风面积应足够大,使进风速度符合 ≤ 1 m/s 的要求以避免操作人员腿部的吹风感。

4.3 均流层

均流层作为洁净工作台内的均流设备,对操作区内的洁净度级别、风速均匀性等指标起到重要作用。均流层主要有板、网、织物等形式。标准编制组调研了大量国内生产企业的产品,根据调研结果,规定“宜选用开孔直径为 2~3 mm,开孔率不低于 30% 的耐腐蚀的均流层,或阻力不低于上述开孔板的网状阻层”,满足洁净度、风速均匀性等

指标要求且符合我国目前洁净工作台现状。

4.4 风机

风机是洁净工作台的核心部件之一,是洁净工作台的源动力,对截面风速、噪声、洁净度等指标起重要影响作用。为减小噪声,规定风机应采取隔振防振措施,当底座位于箱体底部时,宜采取软连接方式,风机出口与箱体同样应采用软连接。当操作区内的操作对象有可能释放气态污染物或微生物时应采用负压洁净工作台,此时洁净工作台配有排风机,为防止气流回灌至室内,要求排风机与送风机联锁,该标准对这种情况进行了规定。

5 洁净工作台的性能

标准对洁净工作台的外观、尺寸偏差、功能、性能进行了规定,给出了洁净工作台的风速、洁净度、噪声、照度、振动幅值等主要性能指标要求^[2]。

5.1 扫描检漏

高效空气过滤器作为尘埃颗粒物进入洁净工作台操作区的最后一道防线,其自身性能及安装质量的优劣直接关系到洁净工作台是否符合要求。高效空气过滤器检漏测试是保证洁净工作台质量的必要措施之一。

对高效空气过滤器进行扫描检漏,过去国外标准都规定用光度计方法人工发尘(DOP)来检漏,而当下游体积分数超过上游体积分数(10^{-4})时即为漏,对于超高效过滤器,这一数值显然是不适用的。标准 JGJ 71—90《洁净室施工及验收规范》根据理论研究成果,首次在国内外明确规定用粒子计数器法检漏,可以用大气尘,必要时用 DOP,规定:“在被检高效过滤器上风侧测定大气尘的微粒数,以大于或等于 $0.5\ \mu\text{m}$ 微粒为准,其浓度必须大于或等于 3.5×10^4 粒/L;若检测超高效过滤器,则以大于或等于 $0.1\ \mu\text{m}$ 微粒为准,其浓度必须大于或等于 $3.5 \times 10^6 \sim 3.5 \times 10^7$ 粒/L。”^[6]

当按这一规定检漏时,应在距过滤器表面 2~3 cm 处扫描。其评定标准为“由受检过滤器下风侧测到的漏泄浓度换算成的透过率,对于高效过滤器,应不大于过滤器出厂合格透过率的 2 倍,对于超高效过滤器,应不大于出厂合格透过率的 3 倍。”这一检漏标准被许多标准、规范所采用,如 GB 50243—2002《通风与空调工程施工质量验收规范》^[7]。但是,这一检漏标准在实施中并未得到执行,一是因为太严了,即使按规定上游浓度达到

3.5×10^4 粒/L,由于 A 类过滤器即可具有 99.999% 的效率($\geq 0.5\ \mu\text{m}$),按不大于 3 倍的透过率计算,下游浓度最多有 1 粒/L,也不好检定;二是因为每一台过滤器的透过率很难事先知道。所以长期以来,在大量洁净室高效空气过滤器扫描检漏实测中使用的是一种简便方法(对室内不高于 GB 50073—2001《洁净厂房设计规范》^[8] 规定的洁净度级别 5 级的洁净环境):不计过滤器前浓度(认为都符合要求),只要中流量粒子计数器($2.83\ \text{L}/\text{min}$)每 min 读数不大于 3 个,即认为不漏,后来有关规范中更放宽到以 3 粒/L 为界限。

事实证明,当 GB 50073—2001 规定的洁净度级别 5 级(等同于 ISO 5 级^[9])工作区高度或其以上某高度的一个区域浓度偏大时,用上述方法检漏,一般能找到相应的漏泄点。粒子计数器法明显比光度计法简便精确,大气尘法明显比 DOP 法污染小。该标准借鉴 GB 50591—2010《洁净室施工及验收规范》的研究成果^[10],指出了对高效空气过滤器进行扫描检漏的大气尘检漏方法及相关参数要求。

5.2 风速

洁净工作台截面风速大小及均匀性对控制操作区洁净度、保护操作对象免受污染具有重要作用。标准编制组进行了大量调研试验^①,结果表明即使风速降低至 $0.20\ \text{m}/\text{s}$,操作区洁净度仍可达到 ISO 5 级要求,且自净时间仍很短,具备抵抗周围环境外扰的能力。但考虑到抵抗内扰因素,即抵抗操作过程中产生的向上牵引作用,该标准在借鉴大量参考文献及国内外相关标准的基础上给出风速范围为 $0.2 \sim 0.5\ \text{m}/\text{s}$ 。编制组实测了大量洁净工作台的截面风速,计算结果表明风速不均匀度均 $\leq 20\%$,该标准规定风速不均匀度限值为 20% ,满足单向流要求且符合我国目前洁净工作台现状。

有别于以前的洁净工作台性能检测标准,该标准提出了对操作人员腿部有进风的洁净工作台的进风风速要求:此种情况下,为避免操作人员腿部有吹风感,应有进风速度限制。标准编制组经过调研、试验验证给出了进风风速应 $\leq 1\ \text{m}/\text{s}$ 的技术要求。

① 曹国庆,张益昭,潘红红,等. 截面风速对垂直单向流洁净工作台性能的影响

5.3 风量

对于非单向流洁净工作台而言,风量是其重要的性能指标,该标准给出了洁净工作台换气次数范围及额定风量允许波动范围。一般而言,敞口型洁净工作台的换气次数宜 $\geq 100 \text{ h}^{-1}$,密闭型(循环型)洁净工作台的换气次数宜 $\geq 60 \text{ h}^{-1}$ 。

5.4 洁净度

洁净度是洁净工作台的重要性能指标之一。一般而言,人们使用洁净工作台的主要目的是实现局部 ISO5 级洁净环境,而随着社会发展,超高效空气过滤器在洁净工作台中的应用也越来越多,目的是实现优于 ISO5 级的局部洁净环境。该标准规定洁净工作台操作区洁净度级别根据使用的末级过滤器级别的不同而不同。

6 试验方法

该标准对洁净工作台的外观、尺寸偏差、功能、各项性能检验方法进行了规定,这里简要介绍几项性能检验方法及要求。

6.1 扫描检漏

高效空气过滤器安装后,应对安装边框和过滤器本身扫描检漏,标准借鉴了 GB 50591—2010《洁净室施工及验收规范》的内容对上游浓度及扫描检漏方法进行了规定。

6.2 引射作用

高效空气过滤器安装后,其出风面边框距洁净工作台边壁的区间(气流盲区)为气流引射区,当洁净工作台高效空气过滤器出风面不能与箱体内侧持平时,引射作用就会发生,且气流盲区越大引射作用越明显。引射作用会降低层流气流抵抗周围环境外扰的能力,应予以控制。标准给出了检验引射作用的方法。

6.3 风速

给出了不同气流流型条件下截面风速的测试方法,同时给出了风速不均匀度计算公式,为评价风速均匀性提供了依据。

6.4 空气洁净度

给出了洁净工作台操作区洁净度检测的周围空气环境要求,借鉴日本工业标准 JIS B 9922:2001,给出了洁净工作台操作区洁净度换算原则及方法,借鉴《洁净室施工及验收规范》的研究成果,给出了洁净度测定条件、最小采样量原则及顺序采样法。

6.5 沉降菌浓度

当洁净工作台应用于医学、微生物学、卫生学等领域时,操作区沉降菌浓度是一项重要指标。标准给出了洁净工作台沉降菌浓度检测条件、方法及评价依据。

6.6 气流状态

给出了气流状态测试方法,指出竖直单向流洁净工作台应在三个不同竖直截面上(平行于前部操作窗口所在平面)分别进行可视烟雾检测,对于水平单向流洁净工作台只需在中心竖直截面上(平行于高效空气过滤器出风面)进行可视烟雾检测即可。

7 检验规则

标准规定了洁净工作台的检验规则及判定规则,指出洁净工作台的检验应分为型式检验、出厂检验和现场检测三种,并对各种检测的检验项目以表格的形式进行了规定,同时给出了合格与否的判定依据。

7.1 型式检验

规定了型式检验的样机抽取原则、数量及检验周期要求,指出何种情况下应该进行型式检验,型式检验项目主要有外观、尺寸偏差、功能、扫描检漏、引射作用、截面风速、进风风速、非单向流洁净工作台风量、空气洁净度、噪声、照度、振动幅值、操作空间气流状态、电气安全、环境适应性。

7.2 出厂检验

洁净工作台性能直接影响着其操作空间内受控对象质量,因此标准规定每台产品必须进行出厂检验,出厂检验项目主要有外观、尺寸偏差、功能、扫描检漏、截面风速、空气洁净度、噪声、电气安全。电气安全检验项目可仅包括介电强度试验、可触及零部件允许的电流值、插头连接设备的连接阻抗。

7.3 现场检测

洁净工作台在运输、安装、运行过程中有可能出现这样那样的问题,所以该标准建议当需要对刚安装的洁净工作台或使用中的洁净工作台进行性能验证时,应由取得国家实验室认可资质条件的第三方对洁净工作台进行现场检测。现场检测项目主要有外观、功能、扫描检漏、截面风速(或风量——非单向流洁净工作台)、空气洁净度、操作空间气流状态。除以上参数外,还有接触电流、接地电阻、振动幅值、耐电压等性能要求。

8 结语

JG/T 292—2010《洁净工作台》是我国第一部关于洁净工作台的产品标准,该标准的实施结束了我国长期以来在洁净工作台方面缺乏统一标准的局面。洁净工作台广泛应用于多个领域,如医疗卫生、农业、制药、军事、商检、兽医等,该标准的发布实施有利于统一我国洁净工作台的制造和检测标准,也有利于规范整个洁净工作台市场。

参考文献:

- [1] 中国建筑科学研究院. JG/T 19—1999 层流洁净工作台检验标准[S]. 北京:中国标准出版社,2000
- [2] 中国建筑科学研究院. JG/T 292—2010 洁净工作台[S]. 北京:中国标准出版社,2011
- [3] 中国建筑科学研究院. JG 170—2005 生物安全柜[S]. 北京:中国标准出版社,2005
- [4] 中国建筑科学研究院. GB/T 13554—2008 高效空

气过滤器[S]. 北京:中国标准出版社,2009

- [5] 中国建筑科学研究院. GB/T 14295—2008 空气过滤器[S]. 北京:中国标准出版社,2009
- [6] 中国建筑科学研究院. JGJ 71—90 洁净室施工及验收规范[S]. 北京:中国标准出版社,1991
- [7] 上海市安装工程有限公司. GB 50243—2002 通风与空调工程施工质量验收规范[S]. 北京:中国计划出版社,2002
- [8] 中国电子工程设计院. GB 50073—2001 洁净厂房设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2001
- [9] International Organization for Standardization(ISO). ISO 14644 - 1 - 1999 Cleanroom and associated controlled environments—part 1: classification of air cleanliness [S]. Switzerland: International Organization for Standardization(ISO),1999
- [10] 中国建筑科学研究院. GB 50591—2010 洁净室施工及验收规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010