洁净室及相关受控环境

第三篇： 测试与测试方法

前言
1 范围
2 参照标准
3 术语与定义
3.1 总则
3.2 悬浮粒子测量
3.3 空气过滤器与系统
3.4 气流与其他物理状态
3.5 静电测量
3.6 测量仪器与测量条件
3.7 占用状态
4 测试程序
4.1 建议做的测试
4.2 原理
5 测试报告
附件 A（资料性）
A.1 建议的测试程序
附件 B（资料性）测试方法建议
B.1 洁净室与隔离装置的悬浮粒子等级计数与测量
B.2 超微悬浮粒子计数
B.3 悬浮宏粒子计数
B.4 气流测试
B.5 压差测试
B.6 过滤器安装后检漏
B.7 气流目检
B.8 风向测试
B.9 温度测试
B.10 湿度测试
B.11 静电与离子发生器测试
B.12 粒子沉降测试
B.13 自净测试
B.14 隔离检漏
附件 C（资料性）测试仪器
C.1 悬浮粒子计数
C.2 超微粒子计数

C.3 宏粒子计数
C.4 气流测试
C.5 压差
C.6 过滤器安装后检漏
C.7 气流目检
C.8 气流方向测试
C.9 温度测试
C.10 湿度测试
C.11 静电与离子发生器测试
C.12 粒子沉积测试
C.13 自净测试
C.14 隔离检漏
文献

前 言

国际标准化组织（ISO）为全球各国标准化组织（ISO 成员）的联合会，国际标准的编写工作由其下的各技术委员会进行。ISO 的各个成员组织若对技术委员会的某个课题感兴趣，它就有权参加该技术委员会的工作。国际上凡与 ISO 保持联系的政府的或是非政府组织，均可参与此项工作。ISO 在电气技术标准化的各项事宜中，与国际电气技术委员会（IEC）进行紧密合作。

国际标准草案由技术委员会认可后，供各成员组织传阅、表决。至少 75%的成员组织投票通过，才可将草案作为国际标准颁布。

ISO 14644 的这一部分中可能有些内容会涉及到专利权。ISO 不对识别任何或全部这类专利权负责。

ISO14644-3 洁净室及相关受控环境国际标准由 ISO/TC209 技术委员会编写。

ISO 14644 洁净室及相关受控环境包含下述各篇：

1、空气洁净度分级
2、证实一直符合 ISO 14644-1 的测试和监测技术条件
3、测试和测试方法
4、设计、施工和启动
5、运行
6、术语和定义
7、隔离性围护物（洁净风罩、手套箱、隔离器、微环境）
8、悬浮分子污染等级

本标准的用户应注意，上述第 2 至第 7 部分的标题为颁布第 1 部分时的工作标题。假若其中不包括在工作计划中，则其余部分可重新编号。

附件 A~C 则仅供参考。

序　言

洁净室及相关受控环境须将空气悬浮粒子控制在合适的水平，以完成相关的、对污染敏感的活动。下述行业的产品和工艺均受益于对悬浮污染物的控制：航天、微电子、制药、医疗器械、食品和保健业。

这部分 ISO 14644 说明的测试和测试方法，可用于描述 ISO 14644 其它部分中说明的洁净室特性。

注：这部分 ISO 14644 并未包括所有洁净室参数的测试程序。ISO/TC 209 编制的其他文件中讨论了对其他参数进行测试使用的程序和仪器(用于特定产品或工艺的洁净室和洁净区，例如 ISO 14698 中对活物质的控制和测量程序，ISO 14644-4 中的洁净室功能性测试，ISO 14644-7 中的隔离围护物测试。此外还可以考虑其他的适用标准。

洁净室及相关受控环境

第三篇：　测试与测试方法

1、范围

这部分 ISO 14644 对洁净室和洁净区进行的特性测试及其方法做了规定。这种特性测试用于处在 3 种状态（空态、静态、动态）下的、单向流和非单向流这两种类型的洁净室和洁净区。测试方法中有测试仪器和测试程序方面的建议。如果洁净室和洁净区的类型影响到测试方法，则建议了其他的测试方法。对于其中的某些测试，则建议了几种不同的方法和仪器，以便适用于不同的最终使用要求。如果客户与供应商一致同意的话，可以使用本部分的 ISO 14644 中未包括的方法。

对洁净室和洁净区(其后称为设施)的再验证测试或定期监测也可以采用这些测试方法。

这部分 ISO 14644 不适用对洁净室或洁净区内产品或工艺进行的测试。

2、参照标准

3、术语和定义

这部分 ISO 14644 采用下述的术语和定义。

a) 总则

3.1.1　洁净室

即悬浮粒子浓度受控的房间，该房间的建造和使用方式，使得室内内进入的、产生的和滞留的粒子最少，且室内温度、湿度和压力等相关参数按要求受控。

3.1.2　洁净区

悬浮粒子浓度受控的专门空间，其建造和使用方式，可使区内引入的、产生的和滞留的粒子最少，区内温度、湿度和压力等相关参数按要求受控。

注：洁净区可以是开放式的也可以是封闭式的，也可以不位于洁净室内。

3.1.3 设施

包含所有相关构筑物、空气处理系统、动力和公用设施在内的洁净室或一个或多个这样的洁净区。

3.1.4　隔离装置

使用构造上的和动态的手段将规定的体积之内外间造成良好程度的隔离。

b) 悬浮粒子测量

3.2.1　气溶胶发生器

以恒定的浓度，在适当的粒径范围上（例：0.05μm ~2μm）产生粒子物质的设备。其生成手段可以是加热的、液压的、声音的或是静电的。

3.2.2　悬浮粒子

悬浮在空气中，粒径一般在 1μm 到 1mm 的、固态的或液态的、活性的或非活性的物质。

注：阈值粒径等于或大于 0.1μm 和等于或小于 5μm 的粒子是验证洁净室或洁净区等级所测量的粒子。小于 0.1μm 称为超微粒子的粒子的测量以 U 描述符表示，大于 5μm 称为宏粒子的粒子的测量，以 M 描述符表示。

3.2.3　宏粒子

当量直径大于 5μm 的粒子。

3.2.4　M 描述符

每立方米空气中测量或规定的、以当量直径表示的宏粒子浓度。该当量直径体现出所用测量方法的特性。

3.2.5 质量中值粒径

根据粒子质量测量粒径中值。对质量中值而言，全部粒子一半的质量是由小于质量中值粒径的粒子组成的，一半是由大于质量中值粒径的粒子组成。

3.2.6　粒径

被测粒子球体直径在粒径测定仪上产生的响应当量。

3.2.8　粒径分布

作为粒径之函数的粒子浓度之累积分布。

3.2.9　测试气溶胶

呈气态悬浮的固体或液体的粒子，其粒径分布和浓度已知且受控。

3.2.10　U 描述符

包括超微粒子在内的每立方米空气中测量的或规定的粒子浓度。

注：可将 U 描述符视为采样点平均值上限（或置信度上限），该上限根据采样点数目决定。依采样点测量结果判定洁净室或洁净区的特性 U 描述符不能用来规定悬浮粒子洁净度等级，但可以与悬浮粒子洁净度等级一并引用或者是单独引用。

3.2.11　超微粒子

当量直径小于 0.1μm 的粒子。

c) 空气过滤器和系统

3.3.1 气溶胶测试

用测试气溶胶测试过滤器或安装好的过滤器系统。

注：使用光度计测定安装好的过滤器系统的完整性时，有规定粒径分布的粒子浓度是以每单位气体容积的粒子质量说明的。当使用离散式或粒子计数器测定安装好的过滤器系统的完整性时，处于、高于或低于最易穿透粒径等级的粒子浓度，是以每单位气体容积的粒子和数量说明的。

规定泄漏

穿过泄漏点的最大允许穿透率，由用户和供应商一致协商确定，可以用离散粒子计数器或气溶胶光度计对设施进行扫描时探测到。

3.3.3 稀释系统

将气溶胶按已知容积比率与无粒子空气混合以降低浓度的系统。

3.3.4 终端过滤器

密封在一个结实的框架内、一般是使用纤维性的、具扩展面积的过滤器介质，采集悬浮在空气中的粒子物质的设备，是以对亚微米粒子的最低采样效率说明的。

注：这部分 ISO 14644 中的术语终端过滤器包括所有适用于这一目的过滤器（举例为：高效过滤器或超高效过滤器）（如果安装在空气进入洁净室前的终端位置上）。

3.3.5 安装好的过滤器系统

由过滤器及安装架系统或安装在吊顶、墙壁、设备或管道中的其他构架共同组成的系统。

3.3.6 过滤器安装后检漏

为确认终端过滤器安装良好所进行的测试。测试时要验证设施没有泄漏，过滤器与安装架系统没有缺陷和泄漏。

3.3.7 （空气过滤器系统的）泄漏

因完整性不佳或有缺陷所引起的污染穿透使下风向浓度超过预期值。

3.3.8 扫描

找到机组泄漏的方法，即使用气溶胶光度计或离散粒子计数器用相互重叠的扫描区域扫描过测试区。

3.3.9 标准泄漏穿透率

使用离散粒子计数器或气溶胶光度计以标准采样流量将探管停在泄漏上方探测泄漏穿透率。

注：穿透率是过滤器下风向粒子浓度与上风向粒子浓度的比率。

d) 气流与其他物理状态。

3.4.1 空气交换次数

以单位时间空气更换数目表示的空气交换数量，其计算方法是用单位时间的送风量除以空间体积。

3.4.2 平均风量

单位时间截面平均风量，以计算洁净室或洁净区的空气交换次数，以 m^3/h 表示。

3.4.3 测量平面

用于测量如风速等性能参数的横断面。

3.4.4 非单向流

把送风引入洁净区与其内部空气相混合的空气分布。

[ISO14644-2：2001，3.6]

3.4.5 送风量

单位时间中从终端过滤器或风管送入设施的风量，以 m^3/h 表示。

3.4.6 总风量

在单位时间里穿过设施截面的风量，以 m^3/h 表示。

3.4.7 单向流

通过洁净区整个横断面的受控气流，其风速稳定，呈大体平行的流线。

注：这种类型的气流可将粒子直接排出洁净区。

[ISO 14644-2：2001,3.11]

3.4.8 气流均匀性

点对点的风速读数处在规定的平均风速比例内的单向流模式。

e) 静电测量

3.5.1 放电时间

将绝缘了的导电监测板上的电压降至其初始所充正电压或负电压电位所需的时间。

3.5.2 初始电压

把绝缘了的未充电的导电板暴露在电离空气环境中其上所积累的电压。

3.5.3 防静电特性

用传导或其他机理将工作表面或产品表面的静电荷降低到规定值或额定零电荷的能力。

3.5.4 表面电压

充在工作表面或产品表面上的正的或负的静电压，可用适当的仪器显示出来。

f) 测量仪器和测量条件

3.6.1 气溶胶光度计

光散射悬浮粒子质量浓度测量仪器，该仪器使用前散射光学腔室进行测量。

3.6.2 非等速采样

进入采样管入风口的平均风速与该位置上单向流的平均风速显著不同的采样条件。

3.6.3 梯次冲撞器

采用冲撞原理从一系列采集器表面采集气溶胶粒子的采样设备，每个接续的采集器表面所暴露的气溶胶的飞行速度比前一个采集器表面快，由此可采集到比前一个表面更小的粒子。

3.6.4 凝结核计数器（CNC）

能够通过异相成核放大超微粒子以便使用光学粒子计数方法进行顺序计数的仪器。

3.6.5 计数效率

对给定粒径范围所报出的粒子浓度与该粒子实际浓度之比。

3.6.6 微分迁移率分析仪

DMA

根据粒子的电子迁移率测量粒径分布的仪器。

3.6.7 散射套件元件

多级粒径屏蔽装置的单个部件，利用散射原理从气溶胶流中消除较小的粒子。

3.6.8 离散粒子计数器

具有显示和记录特定风量中离散粒子（具有粒径辨别力）的计数与粒径之手段的测量仪器。

3.6.9

虚计数

背景噪音计数

零计数

当不存在粒子时，离散粒子计数器由于内部或外部的噪音而产生的计数。

3.6.10 带风量计的风罩

带有仪器可直接测量设施中每个终端过滤器或散流器的风量的遮盖物(要完全地架设在过滤器或散流器上)。

3.6.11 等向采样

气流进入采样管入风口的方向与正被采样的单向流方向相同的采样条件。

3.6.12 等速采样

进入采样管入风口的平均风速与该位置上单向流的平均风速相同的采样条件。

3.6.13

离散式光散射粒子计数器

光学粒子计数器

OPC

3.6.14 粒径屏蔽器

附在离散粒子计数器或凝结核粒子计数器入风口上的、能够将小于考虑粒径的粒子清除掉的装置。

3.6.15 阈值粒径

所选定的最小粒径，据以测量等于或大于该粒径的粒子浓度。

注：离散粒子计数器对选定的阈值粒径应有大约 50%±20%的计数效率。

3.6.16 飞行时间粒子测量

从测量点风速与粒子速度的关系测出粒径。

3.6.17 虚拟冲撞器

将气溶胶中较大粒子与较小粒子分离的采样装置，它是将高速气溶胶流直接导向。

—— 低速率气流，以侧流通道除去主流中的大部分粒子，而把较小的粒子吹入侧流中。

3.6.18 测量板

具有规定表面积的污染敏感材料，用以代替对不易接近或太敏感而无法处置的表面的直接测定。测量板应放置得尽量接近污染沉积特征需要说明的表面。

3.7 占用状态

3.7.1 空态

全部建成且设施齐备的洁净室，其所有动力均接通并在运行，只是没有生产设备、材料及人员。

3.7.2 静态

在全部建成、设施齐备的洁净室中，已安装好的生产设备正在按用户和供应商商定好的方式运行，但场内没有人员。

3.7.3 动态

全部建成设施齐备的洁净室正在以规定的模式运行，且现场有规定数目的人员正以商定的方式工作。

4 测试程序

a) 建议进行的测试

表 1 列出了建议在设施验证时进行的测试，这些测试适用于全部 3 种占用状态。这些测试可能还不是包罗万象的，也不是对任何给定的项目进行验证需要进行全部的测试。选取哪些建议的测试及测试方法，应由客户与供应商一致商定。这些选定的测试也可作为设施监测计划的组成部分重复实施（见 ISO 14644-2）。测试选择指南与测试清单见附件 A。测试使用的测量仪器清单见附件 C。

表 1、建议对设施进行的测试

建议的测试项目	步骤条款（14644-3）	仪器条款（14644-3）	ISO 标准中提及处
洁净室和洁净室装置的悬浮粒子等级计数与测量	B.1	C.1	14644-1 与 14644-2
悬浮微粒子计数	B.2	C.2	14644-1
悬浮宏粒子计数	B.3	C.3	14644-1
气流测试	B.4	C.4	14644-1 与 14644-2
压差测试	B.5	C.5	14644-1 与 14644-2
过滤器系统安装后检漏	B.6	C.6	14644-2
气流目检	B.7	C.7	14644-2
风向测试	B.8	C.8	
温度测试	B.9	C.9	
湿度测试	B.10	C.10	
静电与离子发生器测试	B.11	C.11	
粒子沉积测试	B.12	C.12	
自净测试	B.13	C.13	14644-2
隔离检漏	B.14	C.14	14644-1 与 14644-2

注：这里列出的建议测试不是按重要性排列的。可根据具体文件的要求或客户与供应商的一致意见确定测试排序。

b) 原理

4.2.1 悬浮粒子计数

这项测试旨在确定空气的洁净度，它可以下述 3 部分组成：

a) 等级测试（见 B.1）

b) 超微粒子测试（见 B.2）

c) 宏粒子测试（见 B.3）

b) 项与 c) 项测试可作为说明性的或者作为一项规定要求的依据，但不能用于等级划分。

4.2.2 气流测试

进行这项测试是为了确定洁净室或设施的送风量以及平均风速、平均风量及风的均匀性所进行的典型意义上的测试，或者是测风速或者是测风量。其结果只能用一种格式表示：平均风速，平均风量或总风量。反过来又可以用总风量确定设施的换气量（每小时换气次数）。气流测试步骤见 B.4。

4.2.3 压差

压差测试的目的是检验洁净室系统维持设施与其周围环境间规定压差的能力。压差测试是在设施已满足风速或风量、送风均匀性及其他适用测试的验收标准后进行的。压差测试的详细说明见 B.5。

4.2.4　设施过滤器系统检漏

这项测试旨在验证设施不存在旁路泄漏，过滤器不存在缺陷（过滤器介质和密封框架上的小眼及其他损伤）与泄漏（过滤器框架和密封垫圈上的旁路泄漏，过滤器安装架的泄漏），从而确认终端高效过滤器安装良好。

这项测试是这样进行的：在过滤器上风向引入测试气溶胶，并立即在过滤器的下风向对过滤器、其支撑架进行扫描，或在下风向的风管中采样。B.6 中给出了 2 种不同的检漏方法。

4.2.5　气流目检

这项测试的目的旨在确定设施内气流的平稳度、气流模式及气流在空间与时间上的其他特性。测试程序见 B.7。

4.2.6　风向测试

这项测试，旨在检验整个单向流洁净区的风向。测试程序见 B.8。

4.2.7　温度与湿度均匀性测试

这项测试旨在证明洁净室空气处理系统在所测区域内、在客户规定的时间段里将空气的温度和湿度（以相对湿度或露点表示）控制在限值以内的能力。这些测试的程序见 B.9 与 B.10。

4.2.8　静电和离子发生器测试

这些测试旨在检定物体上的静电电压、材料的防静电性，在设施中进行静电控制所使用的离子发生器（即电离器）的性能。静电测试旨在检定工作表面和产品表面的静电电压，地板、工作台顶部的防静电性能等。离子发生器测试旨在检定离子发生器对表面静电的清除性能。测试程序见 B.11。

4.2.9　粒子沉积测试

粒子沉积测试旨在测量从各个方向沉积在表面上的粒子的数量(数量或质量)或效果(光散射或复盖面积)。B.12 给出了这项测试的一些程序。

4.2.10　自净测试

进行自净测试旨在测定设施短时间暴露于悬浮粒子源后，是否能够在有限的时间内恢复到规定的洁净度等级。对单向流设施不推荐进行这项测试。其测试程序见 B.B。

注：使用人工气溶胶时，应避免其残留物对设施的污染。

4.2.11　隔离检漏

这项测试旨在测定是否有未经过滤的空气通过接合部、缝隙、门道从封闭的洁净室外侵入洁净区。其测试程序见 B.14。

5　测试报告

测试报告有每项测试结果的记录。测试报告包含有下述信息：

a)　测试单位的名称与地址、测试人名称、测试日期；

b)　这部分 ISO 14644 编号与版本日期，即 ISO 14644-3:2002；

c)　所测设施名称及毗邻区域的名称及测试点的座标；

d)　设施类型；

e)　指定的性能标准，包括占用状态；

f)　所采用的测试方法，任何与测试有关的特殊条件，或者与测试方法的偏离之处，测试仪器名称及其当前的校准证书；

g)　测试结果，包括附 B 的相关条款所特别要求之数据的报告，以及与指定标准相符合的声明；

h)　附件 B 相关条款对特定测试所规定的其他具体要求。

附件 A
（资料性）

选择对设施所建议的测试与测试顺序

A.1　建议的测试程序

A.1.1　总则

这部分 ISO 14644 所说明的测试程序，可以用于检定用户所规定的设施的性能标准和用于定期测试。

在一定程度上可以根据设施的设计、动态、所要求的检验水平等因素，选择测试项目。设施的设计类型分为：

—— 单向流

—— 非单向流

注：1、一个洁净室可以既有单向流也有非单向流。
对每个区域，都要单独选择测试和测试方法并实施之。

注：2、建议先进行基本测试（气流测试，气压测试，湿度测试与温度测试），以免这些参数与规定值不符时，造成工作浪费。

A.1.2　测试选择

所测设施的设计类型可影响测试和测试方法的选择。测试广法的选择、测试的技术条件和验收日程，可以根据设施的具体占用状态确定。设施的占用状态有三种：

—— 空态

—— 静态

—— 动态

A.1.3　测试清单

表 1 是测试及设施性能的清单。表 2 是建议的测试和测试仪器的清单。测试顺序的细节应由用户与供应商一致同意。测试计划编制人可根据表 2 第一栏中的空格按照测试顺序对选定的测试方法编号，并可根据所选择的测试方法选择测试仪器。

表 A.1　建议的测试清单与设施性能

项　目	说　　明		
测试目的	□ 质量控制	□ 预测试	□ 正式验证
测试条件	□ 预测试	□ 符合性测试	□ 检验测试
设施类型	□ 单向	□ 非单向	□ 混合
吊顶配置	□ 风管	□ 静压箱	□ 风机过滤组合
占用状态	□ 空态	□ 静态	□ 动态

表 A.2　洁净设施测试建议与顺序清单

选择测试程序和顺序	测试程序	测试程序参照条款	选择测试仪器	测试仪器	测试仪器参照条款	备注
# □	悬浮粒子	B.1	□	离散粒子计数器	C.1	
# □	悬浮微粒子计数	B.2	□	凝结核粒子计数器	C.2	
			□	离散粒子计数器	C.2	
			□	粒径屏蔽装置	C.2	
	悬浮宏粒子计数	B.3			C.3	
# □	悬浮宏粒子采集与计数	B.3.3.2	□	显微镜测量采样滤纸	C.3	
			□	梯级冲撞器	C.3	
# □		B.3.3.3	□	离散粒子计数器	C.3	
	悬浮宏粒子计数无采集		□	飞行时间粒子仪	C.3	
	气流	B.4			C.4	
# □	单向流设施的风速测量	B.4.2.1	□	热风速计	C.4	
			□	超音速风速计（3 维或相当 3 维）	C.4	
			□	旋翼风速计	C.4	
			□	皮托管与压力计	C.4	
# □	非单向流设施的送风风速测量	B.4.2.2	□	热风速计	C.4	
			□	超音速风速计（3 维或相当 3 维）	C.4	
			□	旋翼风速计	C.4	
			□	皮托管与压力计	C.4	
# □	总风量	B.4.3.1	□	一体风量计	C.4	
	过滤器下风向总风量测量		□	文氏管计	C.4	
			□	孔流速计	C.4	
			□	皮托管与压力计	C.4	
# □	送风管风量测量	B.4.3.2	□	一体风量计	C.4	
			□	文氏管计	C.4	
			□	孔流速计	C.4	
			□	皮托管与压力计	C.4	
# □	压差	B.5	□	电子微压计	C.5	
			□	斜式压力计	C.5	
			□	机械式压差计	C.5	
	过滤器安装后检漏	B.6			C.6	
# □	过滤器系统安装后泄漏扫描		□	线性气溶胶光度计	C.6	
			□	对数气溶胶光度计	C.6	
			□	离散粒子计数器	C.6	
			□	气溶胶发生器	C.6	
			□	气溶胶液	C.6	
			□	稀释系统	C.6	
			□	凝结核计数器	C.6	
# □	安装在风管与空气处理机上的过滤器之测试		□	线性气溶胶光度计	C.6	
			□	对数气溶胶光度计	C.6	
			□	离散粒子计数器	C.6	
			□	气溶胶发生器	C.6	
			□	气溶胶液	C.6	
			□	稀释系统	C.6	
			□	凝结核计数器	C.6	
# □	气流目检	B.7	□	气溶胶发生器	C.7	
			□	示踪剂	C.7	
# □	风向	B.8	□	热风速计	C.8	
			□	3 维超音速风速计	C.8	
			□	示踪剂	C.8	
			□	气溶胶发生器	C.8	
	温度	B.9			C.9	
# □	一般温度	B.9.2.1	□	玻璃温度计	C.9	

			□	数字温度计	C.9	
# □	综合温度	B.9.2.2	□	玻璃温度计	C.9	
			□	数字温度计	C.9	
# □	湿度	B.10	□	湿度监测器（电容性）	C.10	
			□	湿度监测器（头发）	C.10	
			□	露点传感器	C.10	
			□	心理测量学的	C.10	
	静电与离子发生器	B.11			C.11	
# □	静电	B.11.2.1	□	压电电压计	C.11	
			□	高阻欧姆计	C.11	
			□	充电板监测器	C.11	
# □	离子发生器	B.11.2.2	□	静电电压计	C.11	
			□	高阻欧姆计	C.11	
			□	充电板监测器	C.11	
# □	粒子沉积	B.12	□	测量板	C.12	
			□	双目镜 复合 显微镜	C.12	
			□	粒子沉降光度计	C.12	
# □	自净	B.13	□	离散粒子计数器	C.13	
				气溶胶发生器	C.14	
	隔离检漏	B.14			C.14	
# □	离散粒子计数器法		□	离散粒子计数器	C.14	
			□	气溶胶发生器	C.14	
			□	稀释系统	C.14	
# □	光度计法		□	光度计	C.14	
			□	气溶胶发生器	C.14	

附件 B
（资料性）

测试方法建议

B.1 悬浮粒子等级计数与洁净室与隔离装置测试

B.1.1　原理

这是对粒径分布在 0.1μm 至 50.1μm 之间的悬浮粒子浓度测量方法的详细规定。测量可在空态、静态、动态任何一种状态下进行。进行这种测量是为了按照 ISO 14644-检验或验证设施的洁净度等级，或是按照 ISO 14644-2 进行定期测量。

B.1.2　测试程序

B.1.2.1　总则

采样点的数量，位置的选择，洁净区等级确定，所需数据的数量均要符合 ISO 14644-1。本分条款说明了在单向流或非单向流洁净区内每个采样点上的空气采样程序。下面的分条款所说明的方法为标准方法。其他适当的、精度相当可提供相应数据的方法，可在用户和供应商一致同意下使用。 如果没有就其他方法达成一致意见，或存在争议的情况下，应使用本附件的标准方法。

注：如需要使用离散粒子计数器测试洁净室的详细信息，或需要离散式计数器标准的更多信息，可使用标准方法。

B.1.2.2　总悬浮粒子计数程序

在规定的采样位置设立离散粒子计数器，悬浮粒子计数程序按照 ISO 14644-1 设定计数器流量并选择粒径阀值。应选择一采样管以便能在单向流区域以接近等速方式采样。如果做不到的话，把采样管入风口对着气流的主方向；在采样风速会变化的位置上（既使风向恒定），设立采样管入风口进行等向采样，采样管要对着气流并处于所测气量的主流之中。从采样管入口到离散粒子计数器的连接管要尽量短。对大于等于 1μm 粒子的采样，连接管的长度不应超过制造厂家建议的长度。应选择连接管的内直径，使气流成为紊流（例如雷诺数应大于 3000）。

雷诺数定义如下：

$$Re = \frac{DUp}{U}$$

其中：Re 为雷诺数

D 为管内径

U 为平均液速

$$(U = \frac{Q}{A}$$

其中

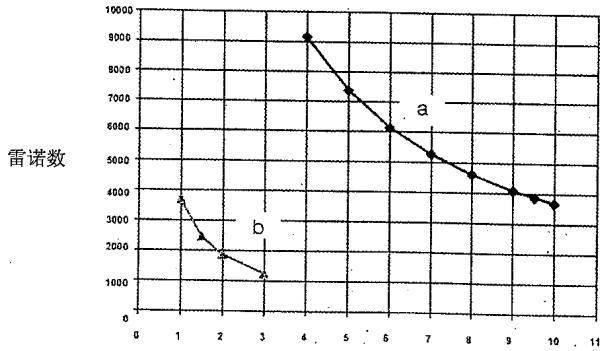
Q　为仪器采样流量

A　为内管截面

ρ　为空气密度

μ　为洁净室条件下的空气粘度。

见 B.1 的例子。



管内径（mm）

a 风速为 28.3L/分钟（米/秒）

b 风速为 28.3L/分钟（米/秒）

图 B.1　两种典型的仪器采样流量下，管内径函数雷诺数的相关性。

在这些条件下，因扩散造成小粒子损耗和因沉积与冲撞造成大粒子损耗所形成的采样误差，不应超过 5%。

当采样管风速与所测风速之差超过 10%时，应采用适当的方法更正所测粒子计数数据。

B.1.3 悬浮粒子计数仪器

如 C.1 所规定的那样，离散粒子计数器（DPC）应能够对粒子进行计数及对粒径进行测量，其粒径辨别力应与所测设施的等级相当。该离散粒子计数器应能够在那些粒径范围内对粒子计数加以显示或记录。该计数器应有有效的校准证书（见 C.1 的说明）。

B.1.4　测试报告

根据用户与供应商的一致意见，为对设施进行分级或测试，应记录下下述的信息与数据：

a) 洁净室或洁净区的名称与位置；

b) 离散粒子计数器的名称与校准情况；

c) 离散粒子计数器的背景噪声计数率；

d) 测量类型：分级或监测测试；

e) 设施的洁净度等级；

f) 粒径范围；

g) 离散粒子计数器空气入口所采流量与通过传感室的气流量；

h) 采样位置；

i) 分级采样规程或监测采样计划；

j) 温度、湿度、环境数据；

k) 占用状态。

B.2　悬浮微粒子计数

B.2.1　原理

该方法对粒径小于 0.1μm 的悬浮粒子浓度的测量做了详细规定；该浓度以 U 描述符表示。该项测量可在洁净室或洁净区在 3 种指定的占用状态下中的任何一种下实施。该项测量是为了按照 ISO 14644-1 附件 E 确定设施的超微粒子浓度，或是为了按照 ISO 14644-2 进行定期测量。

B.2.1.1　计数效率

用来测量 U 描述符的系统之计数效率应处在图 B.2 中的阴影之内。这个性能可接受区域的中心对设定的超微粒径（显示为粒径“U”）之粒子的计数效率为 50%。它包括超微粒径±10%的容差，在图 B.2 中显示为粒径 1.1U 和 0.9U。对于大于和小于±10%粒径容差的粒子的最小和最大可接受计数效率，是依据所计算出的散射要素的穿透率：对粒径大于规定超微粒径 10%的粒子具有至少 40%的穿透率，对粒径小于规定超微粒径 10%的粒子具有至少 60%的穿透率。

如果离散粒子计数器或凝结核粒子计数器的计数效率曲线处于图 B.2 阴影的右边，则不能使用它们测量或检验 U 描述符。如果其曲线处于阴影的左边，则可以使用 B.2.1.2 中说明的粒径屏蔽装置修改曲线以减小其计数效率。这样，被修改了的离散粒子计数器或凝结核粒子计数器就成为未修改的计数器的计数效率与粒径屏蔽装置的穿透率小数的乘积。

B.2.1.2　粒径屏蔽装置

为达到对 U 描述符测量和检验所需要的计数效率，可将离散粒子计数器或凝结核粒子计数器（其计数效率曲线处在图 B.2 阴影的左边）的采样空气入口附上一粒径屏蔽器。将计数器、采样空气入口与粒径屏蔽的联合计数效率曲线修改，使之处在图 B.2 要求的阴影内。

粒径屏蔽装置将小于规定粒径的粒子清除，以规定好的并可再生的方式降低穿透率。有各种各样大小和配置的粒径屏蔽装置，只要它们具有所要求的穿透特性，即是可接受的。合适的粒径屏蔽装置有扫描微功分析仪，散射器单元，虚拟冲撞器，容积式流量器。使用粒径屏蔽装置要小心：它们只能用于规定的流量，安装时要防止静电积累。要保证粒子屏蔽装置良好地接地，以便使电荷积累最小化。

B.2.1.3　超微粒子计数程序

架设好离散粒子计数器或凝结核粒子计数器的采样管（空气入口）（需要的话装好粒径屏蔽装置）。按照 ISO 14644-1 附件 B 或 ISO 14644-2 在每个采样点采集要求的风量并重复进行测量。采用小的采样流量和长的采样管可引起显著的散射损耗。由散射造成的超微粒子损耗所引起的采样误差不应超过 5%。根据用户和供应商的一致意见，计算规定超微粒径范围内 U 描述符的浓度，并将数据报告。如需要超微粒子浓度稳定性方面的信息，按照用户和供应商的一致意见，以一定的时间间隔在选定的位置实施 3 次或更多次测量。

B.2.2　超微粒子计数仪器

在 C.1 中说明的离散粒子计数器或 C.2 中说明的凝结核粒子计数器。如果使用离散粒子计数器，它应具有 ISO 14644-1 附件 B 中规定的、对超微粒子的计数效率为 50%，并且具有粒径精确度达 1μm 的能力。对离散粒子计数器和凝结核粒子计数器阀值粒径的计数精度应按图 B.2 作出规定。如使用的计数器的粒径探测能力小于规定的粒径，则应使用 B.2.1.2 中所说明的、粒径穿透性能已知的粒径屏蔽装置。

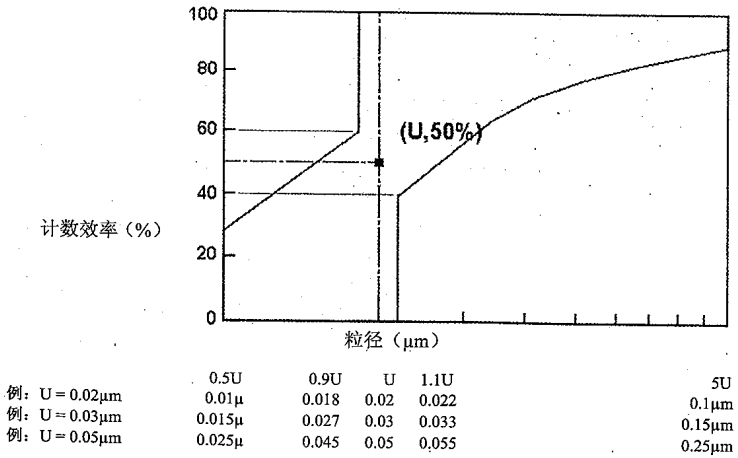


图 B.2 所选仪器计数效率的可接受范围

B.2.3　测试报告

根据用户和供应商的一致意见，应按照本文件 5 款中说明的、将洁净区设施的等级或 U 描述符测试的下述信息与数据记录下来：

a) 离散粒子计数器或凝结核计数器粒径屏蔽装置（如使用）名称及校准情况；
b) 对 U 描述符数据规定的超微粒径阀值；
c) 如使用离散粒子计数器，其背景噪音计数率；
d) 所要求的粒径屏蔽装置的性能数据；
e) 测试类型：精确度或测试 U 描述符精度或监测；
f) 设施的洁净度等级；
g) 超微粒子测量系统入风口与传感容积流量；
h) 采样点位置；
i) 按照规定需确定的采样日程或测试采样计划；
j) 温度、湿度和环境数据；
k) 占用状态；

B.3　悬浮宏粒子计数

B.3.1　程序

这个测试方法说明对粒径阀值大于 5μm 的悬浮粒子（宏粒子）的测量。测试可在洁净室或洁净区设施处在 3 种规定占用状态下的任何一种时进行。这项测量是按照 ISO 14644-1 附件 E 确定洁净区宏粒子的浓度和按照 ISO 14644-2 进行定期测量。B.3.2 强调在样品运输操作中，样品获得与运输要适宜，以使宏粒子的损耗最少。

B.3.2　样品处理步骤

当工作对象是宏粒子时，样品的采集与运输要小心。对等速或异速采样及把粒子运输到测量点所用系统之要求的完整讨论，另外提供。

B.3.3　宏粒子测量程序

B.3.3.1　总则

宏粒子测量一般有 2 个范畴。如使用不同的测量方法，可能结果无法比较。因此，不同测量方法可能无法相关。这里把各种方法所产生的粒径信息总结如下：

a) 用过滤或惰性法采集，用显微镜测量数量与粒径，或测量采集到的粒子质量；
   1) 过滤器采集、显微镜测量（B.3.3.2.1）所报出的宏粒子，其粒径依据的是显微镜操作者对报出粒径的选择；
   2）梯次冲撞器采集、显微镜测量 [B.3.3.2.2a] 所报出的宏粒子，其粒径依据的是显微镜操作者对报出粒径的选择；
   3) 梯次冲撞器采集、重量测量 [B.3.3.2.2 b]所报出的宏粒子，其粒径依据的是空气动力学直径
b) 使用飞行时间粒子计数或离散粒子计数器测量宏粒子的浓度与粒径：
   1) 离散粒子计数器测量 [B.3.3.3.2] 报出的宏粒子，其粒径依据的是光学当量直径；
   2) 飞行时间粒子测量（B.3.3.3.3）报出的宏粒子，其粒径依据的是空气动力学直径。

B.3.3.2　粒子采集时的宏粒子计数

B.3.3.2.1　过滤器采集和显微镜测量

选择一个 20mm 或 25mm 或 47mm 的膜过滤器及支架或一个预组装好的气溶胶监测器；一个孔径为 2μm 或以下的膜。把出风口与真空源相连，按照要求的流量抽气。如果测定宏粒子浓度的采样位置是在单向流区，应设定好流量，从而可以进行过滤器支架内的或气溶胶监测器入风口内的等速采样，气溶胶监测器的入风口应对着单向流。

如果是非单向流区域，对 20mm 和 25mm 过滤器应把采样流量设定为 0.00012m^3/s，对 47mm 过滤器，其流量应设定为 0.00047 m^3/s。过滤器支架或气溶胶发生器的入风口应放置成垂直向上。对于 ISO 6 级（见 ISO 14644-1）或更洁净的设施，采样风量应不小于 0.28m^3。对于劣于 ISO 6 级的设施，采集的风量应不低于 0.028m^3。

取下膜过滤器支架上或气溶胶监测器上的盖子，存放在一个洁净的处所。按照用户和供应商一致同意的条件，在采样点对空气采样。如果使用小型真空泵将空气抽过膜过滤器，则泵的排风应输送到洁净设施以外，或通过一适当的过滤器。采样完毕后，把过滤器支架上或气溶胶监测器上的盖子盖好。从真空器上取下来，标上采样位置，然后将其运送至显微镜处，对过滤器表面的粒子进行计数。

B.3.3.2.2　用梯次冲撞器采集与测量

如采用梯次冲撞器，采样气流穿过一系列口径变小的喷射口，大粒子直接沉积在最大孔径下面，较小的粒子则依次沉积在冲撞器的各级上。采集宏粒子可以使用两种类型的梯次冲撞器。其中的一种，粒子沉积在移动式盘子的表面。可将盘子移开称重或用显微镜检查。这种冲撞器的典型采样流量为 0.00047 m^3/s。另外的一种，粒子沉积在压电石英微量天平质量传感器上，该传感器对冲撞器各级层采集到的粒子加以称重。这种梯次冲撞器一般采用的流量要小得多。

a)　对第一种梯次冲撞器，进行测量前，先记录下每一级的初始皮重或计算出每级层单位面积的粒子原数量。冲撞器工作 10 分钟或更长。在时间段结束时，将其封好并移到天平或显微镜处进行评估。取下各采集级层，记录下能够采集宏粒子的各个级层上所积累的粒子的重量或数量。宏粒子浓度的定义为：冲撞器合适级层上粒子总重或总量，被穿过冲撞器的总气流量除。

b) 对第二种梯次冲撞器，在采样时采集到了粒子的质量数据。可把各个级层上的微天平传感器设置为显示出质量的变化，这样一般就不需要在采样开始前测定皮重。该冲撞器与另一个相同，可把各个级层取出，用光学显微镜测量的各个粒子，或用电子显微镜测量粒子的组成。这种冲撞器无法探测到在空气中浓度为 5μg/m^3、重力为 2 的悬浮粒子。将采样流量调整为 0.00039 m^3/s，采样时间根据洁净区的等级设置为 10 分钟到几个小时不等，把冲撞器放在预先选好的采样点并启动之。采样期结束后，可把冲撞器移至其他位置，再进行一些采样测量。宏粒子浓度则定义为，在各适当级层上的粒子总重或总量被穿过冲撞器的总气流量除。

B.3.3.3　无粒子采样的宏粒子测量

B.3.3.3.1　总则

无需从空气中采集粒子也可测量宏粒子，它是对悬浮在空气中的粒子进行光学测量。空气样品以一定的流量流过离散粒子计数器，计数器就会报出粒子的当量光学直径或空气动力学直径。

B.3.3.3.2　离散粒子计数器测量。

使用离散粒子计数器测量宏粒子的程序与 B.1 中的悬浮粒子计数程序相同，但有一个例外，即此时离散粒子计数器对探测 1μm 以下粒子的灵敏度没有要求，因为仅需宏粒子计数数据。要注意离散粒子计数器的样品是直接来自采样点的空气。接到离散粒子计数器的采样管长度不得超过 1 米。该离散粒子计数器应具有 0.00047 m^3/s 的采样流量，其空气入口的尺寸也应适合于在单向流区进行等速采样。在有非单向流的区域，离散粒子计数器的采样空气入口应垂直向上，采样空气入口直径不得少于 30mm。

把离散粒子计数器的粒径范围设置为仅可探测宏粒子。应记录下比 5μm（见 ISO 14644-1，表 1）低一级的粒径数据，以确保所探测到的小于宏粒子的粒子浓度不会很高从而引起计数器测量上的重复误差。当把这较小粒径范围的粒子浓度加到宏粒子浓度上时，它不应超过对所用离散粒子计数器规定的最大粒子浓度建议值的 50%。

B.3.3.3.3　用飞行时间测量粒子

宏粒子的尺寸可以用飞行时间仪测量。空气样品被抽入仪器，穿过喷嘴进入一部分真空区（测量区），气流因扩张而加速。空气样品中的粒子被加速到测量区内的风速，粒子的加速率与粒子的质量呈反方向变化。可以利用测量点风速与粒子速度之间的关系，测定粒子的空气动力学直径。已知环境气压与测量区气压的压差，就可直接计算出风速。粒子速度是根据粒子在两条激光束间的飞行时间测定的。飞行时间仪测量室 20μm 粒子的空气动力学直径的粒径精度不得低于 10%。获取样品的程序与使用离散粒子计数器时的要求相同。此外，设定所报出的粒径范围所使用的程序，也与离散粒子计数器的相同。

B.3.4　宏粒子计数程序

把所选择的仪器的空气采样管架设好，在每个采样点按要求的空气量采集至少 20 个宏粒子，并按照 ISO 14644-1 或 ISO 14644-2 的规定实施测量。按照用户和供应商的一致意见，在选择的粒径范围内计算 M 描述符的浓度并报出数据。如果需要宏粒子浓度的稳定性信息，则按照用户与供应商一致同意的时间间隔在选定的位置进行 3 次或更多次的测量。

B.3.5　测试报告

对于设施的分级或测量，根据用户和供应商的一致意见，这部分 ISO 14644 的第 5 款所说明的下述信息和数据应予以记录：

a) 仪器操作者与数据采集系统的名称；

b) 宏粒子测量仪的名称及其校准状况；

c) 测试仪对之作出响应的粒子参数之定义；

d) 测量类型：分级、M 描述符测试、监测；

e) 设施的洁净度等级；

f) 报出的宏粒子粒径范围；

g) 测试仪空气入口采样流量与传感容积流量；

h) 采样点位置；

i) 用于分级的采样计划或测试采样计划书；

j) 温度、湿度和环境数据；

k) 占用状态；

l) 宏粒子浓度的稳定性（如需要）。

B.4 气流测试

B.4.1 原理

本测试的目的是检定洁净室和洁净区内的风速、风速的均匀性、送风量。当风速测量（B.4.2）的目的是测量风的均匀性时，它适用于单向流的洁净室或洁净区。对非单向流的洁净室和洁净区，则是选用测项。还要测量送风量（B.4.3），以测定设施的算术空气交换次数。其结果通常表示为平均风量，总风量或每单位时间算术空气交换次数。测定送风量有两种不同的测量程序。一个是在最终过滤器的下风向测量，另一个是在送风管中测量。两种方法都是测量穿过或来自一已知区域的风速。用风速与面积的乘积，就可计算出风量。按用户和供应商的一致意见选择测量程序。这个测试程序适用于 3 种占用状态中的任一种。

B.4.2 风速测量程序

B.4.2.1 对单向流设施的风速测量

B.4.2.1.1 总则

应将测量板垂直于送风流并把测量板分成相等的格子，测量点距风源面的距离定为 150 mm~500 mm。

若测量过滤器面速，距离应为 150 mm；若检查弱点，距离应大于 300 mm。

B.4.2.1.2 送风速的测量与评定

测量点的数量应大于测量板面积（平方米）的平方根，并且不得少于 3 个点。

应在每个格子的中心实施测量。

每个位置的测量时间应至少持续 10 秒，并记录下平均值、最大值和最小值。

注：如需要，用户和供应商一致同意的话，可把误差和标准偏差加入测试记录中。

B.4.2.1.3 在被测设施中测量速度分布

用户和供应商的协议中应规定测量平面上如何分格以及测量平面的位置。一般愿意将水平测量平面定在工作平面的高度上。

当安装好生产设备与工作台时，在该设备附近获得的数据可能不说明洁净室和洁净区本身的特点。用来确定速度分布的数据应由用户和供应商一致同意。

应在测量平面上每个格子的中心实施测量。

每个测量点的测量持续时间应至少为 10 秒钟，要记录下这个时间段中的最小值、最大值和平均值。

B.4.2.2 测定送风速

B.4.2.2.1 总则

对于非单向流设施而言，风量和换气次数是需要测定的最重要的参数。然而在某些情况下，必须测量各个送风出口的送风速以测定每个出风口的气流。应认真考虑本地紊流和喷射速度的效果。

B.4.2.2.2 从送风量计算送风速

可以使用送风量计算非单向流的送风速。非单向流设施送风量的测量程序见 B.4.3.1.2。

送风速的计算方法如下：

$$Vs = \frac{Qs}{As}$$

其中：Vs 是每个终端过滤器或送风散流器的送风风速；

Qs 是每个终端过滤器或送风散流器的送风量；

As 是有效介质的面积。

以这个方法测定的送风速是每个终端过滤器或散流器的平均风速。

B.4.2.2.3 测量面速得出送风风速

如必须直接测量送风风速，应采用下述程序。

应在每个终端过滤器的下风向实施测量。为进行这项测量，送风散流器应全部拆除。

将测量平面定在距过滤器面 150 mm 至 300 mm 的距离上，并将测试平面划分成面积相等的格子。每个格子的尺寸应为 600 mm×600 mm 或更小。如需要不同的测试区域，应由用户和供应商选择并一致同意。

测量应在每个格子的中心实施。

每个位置上的测量时间应不少于 10 秒，并记录下该时间段上最小、最大和平均读数。

若无法将平面划分成等面积的格子，可用送风风速代替面积加权的平均风速。

B.4.3 风量计算与测量程序

B.4.3.1 终端过滤器下风向的总风量测量

B.4.3.1.1 单向流设施的总风量

对于单向流装置，按照 B.4.2.1.2 进行的风速测试的结果，可以用来计算风量。总风量的计算如下：

$$Qst = \sum(Vc \times Ac)$$

其中：

Qst 为总风量；

Vc 为每格中心的风速；

Ac 为每格面积。

B.4.3.1.2 非单向流设施的总风量

对于非单向流设施，应使用可包括来自每个终端过滤器或送风散流器所有送风的风罩，测量送风风速。

使用带流量计的风罩测量送风量，或用有效面积乘以风速得出送风量。

风罩开口应全部罩住过滤器或散流器，罩面应坐在平坦的平面上，以避免空气从下穿过造成读数不准。

当使用带流量计的风罩时，应在风罩的排风端直接测量每个终端过滤器或送风散流器的风量。

如果用面积乘以风速进行测量，要把测量平面分为等面积的格子。应在每个格子的中心测量风速。每个格子的大小应为 600 mm×600 mm 或更小。

每个终端过滤器或送风散流器的风量应这样计算：

$$Qst = \sum(Vc \times Ac)$$

其中：

Qst 为总风量；

Vc 为每格中心的风速；

Ac 为每格面积。

在每个位置的测量时间应足以获得具有代表性的平均值。

B.4.3.2 如果送风系统中已安装了文氏流量计或孔流量计一类的体积流量计，可以使用这样的仪器在送风管中直接测量风量。

如果使用皮托管加压力计或风速计，把管子内部分成格子并在格子的中心进行测量（直角管），或把管子分成等面积，并在重心处实施测量（圆管）。测量点的最小数量是 10 个。每个格子的尺寸应为 600 mm×600 mm 或更小。

每个终端过滤器或送风散流器的送风量按照 B.4.3.1.2 的规定以同样的方法计算。在每个位置上的测量时间至少是 10 秒钟，并记录下这个时间段的最小值、最大值和平均值。

B.4.4 气流测试仪器

仪器说明与测量技术要求见 C.4。

—— 风速测量可使用超声波风速计或相当仪器，热风速计，翼式风速计。

—— 风量测量可使用带流量计的风罩，文氏流量计，孔流量计，压力计或相当仪器。

进行风速测量所使用的仪器应不受短距离点对点速度变动的影响。例如，划分的格子小又使用了额外的测量点，可以使用热风速计。同时，还可以使用翼式流量计，但其要有足够的灵敏度，并且大得足以在变动范围内测量“平均”风速。

所选择的仪器应有有效的校准证书。

B.4.5 测试报告

根据用户和供应商的协议，应记录下本文件第 5 款说明的下述信息和数据：

a) 仪器操作者或数据采集系统的名称；
b) 仪器的名称与校准情况；
c) 测试类型与测试条件；
d) 测量位置；
e) 温度、湿度、环境数据；
f) 占用状态。

B.5 压差测试

B.5.1 原理

这项测试的目的是检测整个设施维持设施与其周围环境之间、设施内隔开空间之间的规定的压差的能力。这项测试适用于 3 种占用状态中的任一种，并可以按 ISO 14644-2 的规定，作为设施的例行监测计划的组成部分定期重复进行。

B.5.2 程序

应测试洁净室的送排风量并验证其与规定的风量相符。

把所有的门关闭，测量并记录下封闭的洁净室和周围附属环境之间、或周围附属环境之间与外部环境之间的压差。如果没有周围的附属环境，则测量并记录下封闭的洁净室与外部环境之间的压差。

如果设施内划分为不只一个封闭区或洁净室，应测量最里面的房间及其最紧邻房间之间的压差。测量就这样继续下去，直至测量出最后一个封闭区与周围附属环境之间与室外环境之间的压差。

B.5.3 仪器

仪器说明与测量技术要求见 C.5。可以使用电子微压计、斜式压力计或机械式压差计。

仪器要有有效的校准证书。

B.5.4 测试报告

根据用户与供应商的协议，应记录下本文件第 5 款中说明的下述信息和数据：

a) 仪器操作者或数据采集系统的名称；
b) 仪器的名称与校准情况；
c) 测试类型与测试条件；
d) 所考虑房间的洁净度等级；
e) 测量点位置；
f) 占用状态。

B.6 过滤器系统安装后检漏

B.6.1 原理

此项测试的目的是确认过滤器系统安装良好或在使用过程中没有发生泄漏。此项测试旨在证实设施没有影响洁净度的泄露。进行这项测试时，从过滤器的上风向引入测试气溶胶，并立即在过滤器的下风向对过滤器及其支撑框架进行扫描，或在下风管采样。这项测试为安装好的过滤器系统的检漏，以探测过滤器介质和框架密封胶上的小孔或其他损伤，以及过滤器的框架、密封垫圈、安装架系统的泄漏。过滤器系统安装后的测试不应与各个过滤器在制造厂家进行的效率测试相混淆。这项测试适用于空态或静态下的洁净室，当对新洁净室进行调试时，或需对现有设施进行再测试，或更换了终端过滤器后，要进行这项测试。

注：在某些设施中，测试气溶胶会造成无法接受的污染或分子污染。有些测试气溶胶在某些情况下可危害安全。对使用气溶胶的安全问题，本部分 ISO 14644 均不涉及。在应用这部分 ISO 14644 之间，咨询并采用适宜的安全准则、风险分析、规定限值，乃是用户的责任。

在 B.6.2 和 B.6.3 中说明了对安装在吊顶、墙上或设备上的过滤器的两种测试程序，在 B.6.4 中则说明了安装在风管上的过滤器的测试程序。进行下面概述的测试，可以使用气溶胶光度计（B.6.2）或离散粒子计数器（B.6.3）。这两种测试方法获得的结果不能进行直接比较。在这两种测试方法间进行选择时，要考虑下述几个方面：

B.6.1.1 使用气溶胶光度计

可使用气溶胶光度计法（B.6.2）测试：

—— 带小型空气处理系统的洁净室，或者安装有气溶胶注入点的管路系统，可达到规定的高浓度测试气溶胶。

—— 安装有这种过滤器的系统，该过滤器的最高穿透粒径（MPPS）的整体穿透率等于或大于 0.005%，且一般用于 ISO 5 级或更好（见 ISO 14644-1）的洁净室；

—— 沉积在过滤器和管道上的挥发性油基测试气溶胶的放气对洁净室内的产品或工艺不是有害的那些设施。

注：与离散粒子计数器相比，已知气溶胶光度计法在单位时间里造成对同等级的过滤器 100 倍到 1000 倍的气溶胶浓度。

离散粒子计数器法（B.6.3）更为灵敏，它比使用气溶胶光度计法对过滤器系统造成的污染小。它可用来测试：

—— 装有小型和大型空气处理系统的洁净室；

—— 安装有最高穿透粒径的穿透率低至 0.0000005%或更低的过滤器的系统；

—— 不允许沉积在过滤器和管道上的挥发性油基气溶胶之放气的设施（建议使用固体气溶胶）。

B.6.2 使用气溶胶光度计对安装好的过滤器系统进行检漏扫描的程序预备步骤见 B.6.2.1 至 B.6.2.4，测试程序本身见 B.6.2.5，验收标准和修理规程见 B.6.2.6 和 B.6.6。

B.6.2.1 上风向气溶胶的选择

应把产生出的多分散气溶胶加到上风向的自然气溶胶中，使其达到需要的气溶胶浓度。这个气溶胶生成法的粒子质量中值直径一般为 0.5μm 至 0.7μm，其几何标准偏差为 1.7。

注：气溶胶材料举例有（但不限于）邻苯二甲酸盐，癸二酸二酯，聚 α 烯烃。

B.6.2.2 上风向测试气溶胶浓度与验证

过滤器上风向测试气溶胶的浓度应在 10mg/m^3 至 100mg/m^3 之间。浓度低于 20mg/m^3 会降低检漏的灵敏度。浓度高于 80mg/m^3，长时间的测试会造成过滤器污堵。

采取适当的措施验证加入的气溶胶与送风混合均匀。应在对系统进行第一次测试时就测定气溶胶混合是充分的。为进行这项验证，应对所有的注入和采样点做出规定并予以记录。

在过滤器上风向立即进行的浓度测量，无论是在不同的时间还是在不同的位置，其比值均不应超过 2:1，应使用其平均浓度作为上风向气溶胶浓度。浓度低于平均浓度会降低对小泄漏的测试灵敏度，而较高的灵敏度则会增加对小泄漏的测试灵敏度。对如何进行空气-气溶胶混合测试的更多细节，应由用户和供应商达成一致。

B.6.2.3 探管尺寸的确定

计算采样探管入风口尺寸应考虑光度计的同样流量及过滤器出口风速，以使探管入口风速与过滤器排出的风速接近。采样探管应为方形或直角形。如果为直角探管，Wp Idp 应在 6 到 1 之间，并且：

$$Dp = \frac{Fu}{VxWp}[cm]$$

其中：Dp 为与扫描方向平行的探管尺寸（cm）；

Fu 为光度计实际采样流量（cm^3/s）；

V 为过滤器现存风速（cm/s）；

Wp 为与扫描方向垂直的探管尺寸（cm）；

B.6.2.4 扫描速率的确定

当使用 3cm×3cm 方探管进行横断面扫描时，其速率不应超过 5cm/s。矩形探管的最大面积扫描速率不应超过 15m^2/s。

B.6.2.5 过滤器系统安装后的检漏扫描程序

这项测试是这样进行的：在过滤器的上风向引入特定的测试气溶胶，并使用光度计探管在过滤器的下风向一侧对过滤器、安装架或安装框架扫描检漏，方法如下：

—— 应将风速设定在规定风速的±20%，并在实施测试前确认风的均匀性。

—— 实施 B.6.2.2 所说明的过滤器上风向气溶胶测试，首先验明气溶胶浓度及其分布的均质性；

—— 扫描每个过滤器下风向的整个面、每个过滤器的周边、过滤器框与安装架构造之间的封条，包括其结合部。

—— 在扫描时，如果显示出有等于或大于限值的泄漏，表现出规定的泄漏特征，则应把探管停在泄漏处。在光度计上保有最大读数的探管位置，就应是泄漏位置所在。

—— 进行检漏扫描之间及以后，应以合理的时间间隔重复进行对过滤器气溶胶的测量，以确认测试气溶胶浓度的稳定性（见 B.6.2.2）。

B.6.2.6 验收标准

规定的泄漏即指使上风向测试气溶胶的浓度读数超过 10^{-4}（0.001%）的泄漏。其他验收标准可由用户和供应商协商同意。

B.6.3 过滤器安装后用离散粒子计数器扫描检漏的程序

B.6.3.1 总则

超高效粒子计数器相对于具有一般穿透率的过滤器而言，其很低的穿透率和泄漏规定，要求有一种比气溶胶光度计高很多倍的测试灵敏度，才能在初始检漏中证明过滤器及其安装系统的完整性。这里所说明的离散粒子计数器法适用于所有一般使用的具有等级的设施中过滤器系统的检漏。

该方法采取了两步骤，所以对初始的检漏既有精度也有速度。

—— 第一步是扫描过滤器洁净一侧，寻找比所期望的正常穿透率粒子数量相对不大的增加。这一增加表明可能有泄漏存在。移动探管探测泄漏可能的测试定为 Cu。Cu 的测定在后面有说明。

第二步是把探管返回到粒子计数最大，可能有泄漏的位置下，停住进行再测试。现在应计算具有统计学意义的粒子数量，就能够确定是否存在有泄漏。用静止不动的探管进行测试检定泄漏定为 Npu。Npu 的测定说明见后面。

预备性步骤见 B.6.3.2 到 B.6.3.5，测试程序的说明见 B.6.3.6，验收标准与修理方法见 B.6.3.7 与 B.6.5。

B.6.3.2 选择

应在上风方加入人工产生的多分散气溶胶，且必须达到测试气溶胶的浓度。

注：应使用甲基苯二甲酸盐、癸二酸二酯或具有相当特性的液体与固体材料，例如，聚苯乙烯乳胶，作为测试气溶胶。有的测试气溶胶会造成脱气及分子在产品上的沉积。

B.6.3.3 上风向气溶胶的浓度与验证

为达到 B.6.3.5 中所要求的实际扫描速率，过滤器上风向测试气溶胶应有足够高的温度。在大多数情况下，上风向气溶胶必须加入人工产生的气溶胶，使气溶胶达到必要的测试浓度。可能需要一适当的稀释系统，使气溶胶浓度不至高到超过离散粒子计数器的浓度容差（重复误差）。对所使用的稀释系统的性能之验证，应在每个使用期的开始和结束时实施。

1] 出于安全方面的原因，有些国家不主张使用邻苯二甲酸盐测试过滤器。

2] 美国 5.059.349 号专利对使用聚 α 链烯测试过滤器作了说明并限制其使用。

当上风向气溶胶浓度随时间有很大变化时，必须继续进行这些扫描检漏测量，以获得顺序的下风向计数来计算数据。低于平均值的浓度，会降低探测小泄漏的灵敏度，而较高的浓度可增加探测小泄漏的灵敏度。如何进行空气与气溶胶混合测试的更多细节，包括上风向样品采集的频度与采样点数量，应由用户与供应商一致同意。

B.6.3.4　探管尺寸的确定

应根据离散粒子计数的采样流量以及过滤器现有风速，计算出采样探管入风口尺寸，这样，尽量使采样管入口风速与过滤器现有风速为等速。采样管应是方形的或矩形的。如果是矩形的，则 WpIDp 应为 6 与 1 之间，并且：

$$Dp = \frac{Fu}{VxWp}[cm]$$

其中：Dp 为与扫描方向平行的探管尺寸（cm）；

Fu 为光度计实际采样流量（cm^3/s）；

V 为过滤器现有风速（cm/s）；

Wp 为与扫描方向垂直的探管尺寸（cm）；

注：实际上，当有下述限值出现时，就达到等速采样要求：

（V+30%）≥Vs≥（V-10%）

其中：V 是过滤器现有风速；

Vs 是探管入口风速。

B.6.3.5　扫描速率和样品获取时间的确定

用下述公式算出探管进行来回扫描的速率：

$$Sr \leqslant \frac{Cc \times Ps \times K \times Dp \times Fs}{Np} = \frac{472 \times Cc \times Ps \times K \times D}{Np} \quad [cm^3]$$

其中：Sr 是探管扫描速率[cm/s]；

Cc 是被测过滤器上风向气溶胶浓度 [cm^{-3}]

Ps 是被测过滤器最易穿透粒径最大允许整体穿透率；

P_L 是被测过滤器的最大允许泄漏；

K 是一个因数，表示 P_L 可能比 Ps 大多少；

可根据用户与供应商的协议或从表 B.1 作为 Ps 的函数，选择 K。

表 B.1　因数 K 的计算

最易穿透粒径的整体穿透率 Ps	因数 K	计算出的泄漏穿透率 P_L
≤0.05%	10	≤0.5%
≤0.005%	10	≤0.05%
≤0.0005%	30	≤0.015%
≤0.000 05%	100	≤0.005%
≤0.000 005%	300	≤0.001 5%

3）一些国家因为安全原因，不主张使用邻苯二甲酸盐。

Dp 是平行于扫描方向的探管尺寸（cm）；

Fs 是离散粒子计数器的标准样品流量，Fs=472cm^3/s (=28.3L/min)；

Np 是预期的、表现出泄漏特征的粒子计数数量；

计算出探管扫描速率 Sr 后，应按照下述公式计算出实际样品获取时间 Ts：

$$Ts \geqslant \frac{Dp}{Sr}[s]$$

注 1：可按照用户与供应商的协议选择 Np。Np 值较低将使扫描较快，但会增加虚显示的可能性。然而，可接受观测计数 Ca（见 B.6.3.7）与 Np 比要低得足以给出 95%的置信限值。如果表现出规定泄漏计数的 Np=4，可接受观测计数 Ca 应为 0，以确认无泄漏存在。在这类情况下，如有粒子穿透过滤器、有背景计数出现，就要在有可能有泄漏的位置上停留进行扫描，以判断是否有泄漏存在。如果这样的虚计数并非可忽略不计，建议将 Np 值选为 Np=5，这样单个计数（C＝1）就不会被认为是有可能存在泄漏了。

注 2：在泄漏位置下边的离散粒子计数器的实际样品流量 Fa，会影响粒子浓度。因为规定的 K 因数是对具体的样品流量的，因此必须规定标准样品流量 Fs 为 472cm^3/s(28.3L/min)。

注 3：Fa 影响面积扫描速率 Sr，因为必须为等速采样定好探管的尺寸。高值 Fa(472cm^3/s 可进行高速率的扫描。

注 4：探管扫描速率超过 8cm/s 可引起紊流，从而降低了探测到泄漏的可能性，应予以避免。

B.6.3.6　过滤器安装后的检漏扫描程序

进行这项测试时，在过滤器的上风向引入特定的测试气溶胶，并在过滤器的下风向一侧使用离散粒子计数器的探管按如下方式对过滤器及其支撑安装架系统进行扫描寻找泄漏。

—— 风速应设定在规定风速±30%的范围（对于额定气流），或由用户与供应商另外一致商定）；

—— 在实施这项测试以前，应先确认风速及均匀性。

应首先按照 B.6.3.2 测量上风向的气溶胶，以验证其浓度及其分布的均匀性。

—— 然后使用探管，按照 B.6.3.5 以不高于 Sr 值的速率以稍微重叠的扫描区域进行来回扫描。探管与下风向的过滤器面或框架构造的最大距离保持在 5cm。每个过滤器下风向的整个面，每个过滤器的周边，过滤器框架与安装架结构之间的封条，包括其结合部，都要进行扫描。如果过滤器具有制造厂家颁发的、单独进行了泄漏测试的有效证书，可以根据用户和供应商的协议简化对过滤器面进行的扫描测试。

—— 在扫描时，如果显示出有等于或大于限值的泄漏，表现出规定的泄漏特征，则应把探管停在泄漏处。在光度计上保有最大读数的探管位置，就应是泄漏位置所在。

—— 进行检漏扫描之间及以后，应以合理的时间间隔重复进行对过滤器气溶胶的测量，以确认测试气溶胶浓度的稳定性（见 B.6.2.3）。

B.6.3.7　验收标准

对高效过滤器，判定泄漏的定义为：在 0.1μm 到 0.5μm 范围内的任何粒径超过 P_L=K×Ps 的穿透率。可从下述公式得到具有规定泄漏特征的粒子计数的实际数量 Npa：

$$Npa = Cc \times Ps[\frac{K \times Fx \times D}{Sr + Fa \times Ts}]$$

因此，凭可接受观测计数 Ca，能够判定出无泄漏。它是以下述公式、表 B.2 或这两项计算出来的。

$$Ca \leqslant -3.96 + 1.03 \times Npa$$

表 B.2　可接受观测计数

Npa	≥3.9 … <4.9	≥4.9… <5.8	≥5.8 … <6.8	≥6.8 … <7.8	≥7.8 … <8.7
Ca	0	≤1	≤2	≤3	≤4

如果在数据获取时间 Ts 里得到的观测计数 C 等于或小于 Ca（见上面），则可以认为扫描过的区域没有泄漏。观测计数超过 Ca 的话，应在泄漏位置进行持续探测。如果观测计数之一超过 Npa，应在这个位置上进行至少 3 次测量（d×Ts）。

应将检测到的泄漏予以记录，便于修理或纠正。

用户与供应商的协议可规定对安装好的过滤器系统进行检漏扫描的其他验收标准。

注：可接受计数 Ca。

探测到的泄漏的消除方法见 B.6.6。

公式（Fa×Ts）的第二个条件说明了无泄漏过滤器正常穿透的粒子数量。当离散粒子计数器样品流量高或 K 值小时，这个条件是不能忽略的。在这种情况下，或有少许测试粒子计数 C 时，就不可能确定计数是源自泄漏还是来自过滤器的正常泄漏。仅用公式的第一个条件计算 Npa，增加了探测到泄漏的可能性。

Cu 的公式涉及到顺序采样法的下限，这在洁净室悬浮粒子测量中乃众所周知。对于数量大的观测计数 C，可以根据同样方法的上限，引入排除标准 Cr。在这种情况下，用两个条件计算 Npa 降低了虚探测的可能性。

$$Npa = Cc \times Ps[\frac{K \times F \times Dp}{Sr + Fa \times Ts}]$$

$$Cr \geqslant 3.9 + 1.03 \times Npa$$

如果在数据获取时间 Ts 的时间段内获得的观测计数 C 等于或大于 Cr（见上面）则可以认为所扫描过的区域有泄漏存在，而无需进行更多的探测。

举例：这种计算的例子见表 B.3，使用的是泊松分布的 95%双侧置信间隔。这个方法也适用于数量大的观测计数。

表 B.3　计算举例

符号与术语	计　　算	95%置信限值	
P_L 为所要测试的过滤器之标准穿透泄漏	可根据用户与供应商的协议选择 P_L 或取自表 B.1。 （例如，上风向 $C_c = 70[\text{-}/cm^3]$, $D_p = 2[cm]$，过滤器 $P_s = 5\times10^{-5}$，选择 $P_L = 5\times10^{-4}$）		
N_p 表现出规定的泄漏特征的粒子计数期望值	建议选择 $N_p = 3.7$，如果虚计数可忽略不计 $N_p \geqslant 5.6$，如果不能忽略不计 （例如，可选择 $N_p = 3.7$）	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	≥3.7 ≥5.6 ≥7.2 ≥8.8 ≥10.2 ≥11.7 ≥13.1 ≥14.4 ≥15.8 ≥17.1 ≥18.4 ≥19.7 ≥21.0 ≥22.3 ≥23.5 ≥24.8 ≥26.0 ≥27.2 ≥28.4 ≥29.6 ≥30.8
S_r，探管扫描速率[cm/s]	$S_r \leqslant \frac{472\times C_c \times P_L \times D_p}{N_p}$ S_r 不应高过 8cm/s （例如：$\frac{472\times70\times5\times10^{-4}\times2}{3.7}=8.9$ 选择 $S_r = 8.0$ [cm/s]）		
N_{pa}，实际 N_p 数量	$N_{pa}=\frac{472\times C_c \times P_L \times D_p}{S_r}$ （例如：$N_{pa}=\frac{472\times70\times5\times10^{-4}\times2}{8.0}=4,1$）		
D_a，在 Ts[s]上的可接受观测计数	从表 B.2 的 Npa 获取 C_a （例如 Npa = 4.1，则 Ca = 0）		
如有大于 C_a 的观测计数，则要停留进行持续探测，T_r [s]	N_{pa} 用于静止再测量 $N_{pa} = 472\times C_c\times P_L\times T_r$ $C_a = N_{pa}-2\sqrt{N_{pa}}$ （例如，如果选择 $T_r = 6$ [s]， $N_{pa} = 472\times70\times5\times10^{-4}\times6 = 99$， 则 $C_a = 99-2\sqrt{99} = 65$，在 6[s]）	当观测计数的数量大于 20， $C_a = N_{pa} - 2\sqrt{N_{pa}}$	

如果计算机能处理脉冲计数，应选择样品获取时间（Ts≥Dp/sr [s]）Ts 几乎等于 Dp/Sr（例如 Dp/Sr = 2/8 = 0.25[s]）。如果所选择的离散粒子计数器最少采样间隔长，则有可能难于判断观测计数是源自泄漏亦或是来自过滤器介质本身的正常穿透。如果 Ca = 0，则不要求使用 Ts。

如果计数继续为 0，就可以得出结论——所有间隔扫描的计数结果均为零。

B.6.4　安装在管道或空气处理机上的过滤器的整体检漏

这个程序可用于计算安装在管道上的、最易穿透粒径穿透率大于 0.005%的过滤器的整体泄漏。它也可用于有多级过滤器的设施的整体泄漏的计算，而无需对各级进行单独测试。对于处在设施中非单向流区域的安装在终端的过滤器，也可以使用这些测试。这个方法比 B.6.2 和 B.6.3 中说明的方法泄漏探测的灵敏度低得多。

进行这项测试时，从过滤器的上风向引入测试气溶胶（该过滤器距洁净室有一定距离）。然后测量管道中或空气处理机中过滤了的空气中的粒子浓度，并把它与上风向的浓度做比较，计算出过滤器设备的总体效率或总穿透率。

如果是安装在终端的过滤器，则要取下散流器（如有的话）。

开始这项测试前，应把风速设定在规定风速±30%的范围内（对应于额定流量），并确认其均匀性。

上风向测试气溶胶的浓度应高得足以在下风向创造出具有统计意义的读数。应首先按照 B.6.2.2（光度计）或 B.6.3.3（离散粒子计数器）测量上风向气溶胶浓度，以便验证其浓度和均质性。

在过滤器的上风向均匀混合气溶胶后，在每台过滤器下风向至少有一个测量点测量气溶胶的浓度。如果混合不均匀，应采用其他方法。应在一个平面上面积相等的几个位置上实施测量。该平面在过滤器的下风向 30cm 到 100cm 处，在管道中，距管壁 2.5m。

应以适当的时间间隔重复过滤器上风向粒子浓度测量，以确认测试气溶胶源的稳定性。

应从测量出的浓度，计算出下风向每个位置上的总穿透率及测量仪器据以调整的粒径的总穿透率。

穿透率都不应高过规定的过滤器额定最具高穿透粒径的穿透率的 5 倍。对于光度计，这个穿透率不应超过 10^{-4}（0.01%）。用户与供应商的协议中可规定过滤器效率测试的其他验收标准。

可根据 B.6.6 或按照用户和供应商一致同意的程序，修理或纠正过滤器的泄漏。

注：需要用扫描方法对安装在管道上的过滤器进行检漏测试的，应采用 B.6.2 和 B.6.3 中说明的方法。

B.6.5　安装好的过滤器系统检漏扫描测试所需仪器和材料。

—— 具有对数读数和线性读数的气溶胶光度计，其额定流量为（28±3）L/min，灵敏度至少为 1.0μg/m^3（见 C.6.1）。

—— 离散粒子计数器，采样流量要足够高且能够探测到与洁净室等级相关的粒径（见 C.6.2）。离散粒子计数器与气溶胶光度计仅限于用在背景计数或浓度小于规定的泄漏特征的 10%的情况下。

—— 合适的气动式或热生成气溶胶发生器，它可在适当的粒径范围内产生适当浓度的测试气溶胶（见 C.6.3）。

—— 合适的气溶胶稀释系统。

—— 上面提到的所有仪器都应有有效的校准证书。

—— 合适的液体气溶胶源（见 C.6.5）。

B.6.6　修理与修理程序

修理、泄漏的可接受性，应只能按照用户与供应商的协议确定。确定修理方法应考虑仪器制造厂家或用户的意见。

选择修理用材，应考虑脱气以及分子在产品与工艺上的沉积。

在过滤器、密封剂或安装架系统上探测到泄漏，应予以修理或排除。

可以使用用户和供应商一致同意的程序修理过滤器或安装架支撑构造。

修理完毕后，应允许有适当的养护时间，再使用规定的方法对泄漏点重新进行扫描检漏。

B.6.7　测试报告

根据用户与供应商的协议，本文件第 5 款中说明的下述信息和数据应记录在案）。

a) 本测试方法的题目。

b) 每个所用测量仪器的型号及校准情况。

c) 洁净室的 ISO 等级（见 ISO 14644-1）及其占用状态。

d) 用户与供应商一致同意的特殊条件、与本方法背离之处或特殊程序。

e) 上风向气溶胶采样点位置及其测得的浓度与相应的测量时间。

f) 采样流量，如用离散粒子计数器测量，其粒径范围。

g) 计算出的上风向气溶胶平均浓度与分布。

h) 计算出的验收标准（适用于下风向测量）。

i) 每个清楚地区分开来的下风向过滤器、区域横断面或测量位置的测量结果。

j) 每个规定位置最后的测试结果：

如果没有泄漏，则通过测试。如有泄漏，则报告泄漏位置、修理方法、重新在该位置测试的结果。

B.7　气流目检

B.7.1　原理

气流目测的目的是确认设施中气流的空间与时间特性。可以使用各种程序进行目测，以证明对洁净度的有效维护。

注　ISO 14644 这一部分对用作预测或分析工具的计算流体动力(CFD)未加考虑。

B.7.2 方法

可以用下述三种方法进行气流目检：

a)　示踪线法；

b)　示踪剂注入法；

c)　用图像处理技术进行气流目检的方法。

用 a) 和 b)法，实际上是用纤维示踪线或示踪微粒物质来目检设施中的气流。用记录装置，如摄像机、化学膜、磁盘或磁带记录下气流的分布图。纤维示踪线或示踪微粒不应成为污染源，应该能确切地跟随气流的流线。这些方法还可用如示踪粒子生成器和高强度光源等其它仪器。

c)法用于量化说明设施内气流速度的分布。该技术是基于使用计算机的示踪粒子图像处理技术。

应该注意不要让操作者干扰正在堪查的气流。

注　气流受如空气压差、空气速度和温度等参数的影响。

B.7.3 程序

B.7.3.1 示踪线法

该测试是通过观察如丝线、单根尼龙纤维、标旗或薄膜带子进行的。把上述物品放置在支撑杆的尖上，或装在气流中细钢丝格栅的交叉点上，就可以直接观查出气流的方向和因干扰引起的波动。有效的照明会有助于观察和记录显示出的气流状况。

B.7.3.2 示踪剂注入法

该测试是对由高强度光源表明的示踪粒子的特性进行观察或做成图像，并提供设施内关于气流的方向和均匀性的资料。可以用去离子(DI)水、喷射或化学法生成的乙醇/正二醇等材料生成示踪粒子。要选用适当的材料，以免污染表面。

注 选用液滴生成法时，要考虑小滴的粒径。小滴要大得足以用图像处理技术(B.7.3.3)能检测出来，但又不能大得在其运动过程中产生重力或其它效应，而使其偏离被观测的气流。

B.7.3.3 用图像处理技术进行气流目检法

这种方法处理由 B.7.3.2 中的方法得到的在摄像机或膜上的粒子图像数据，用区域内二维的空气速度矢量提供量化的气流特性。该处理技术要求用带有适用的接口和软件的数字计算机。可以用激光光源等装置得到较大的空间分辨率。

B.7.3.4 通过测量速度分布来目检气流的方法

可以在被调查的设施内的几个规定的点上设置空气速度测量仪器，如热风速计或超声风速计来测定气流速度的分布。对测出的数据进行处理后，就可得出关于气流分布的资料。

B.7.4 目检气流测试用的仪器

用于目检气流测试的仪器依测试方法的不同而异。C.7 中给出了适用于各种测试方法的仪器。

B.7.5 数据报告

按照用户和供应商的协议，应该按本文件中第 5 条的说明记录下述资料和数据：

a) 仪器操作者的名称；
b) 测试仪器的名称及其校准状态；
c) 测试类型、目检方法和测试条件；
d) 目检点的位置；
e) 按规定，记录在照片或录像带上的图像，或各次测量的原数据(图像处理技术或速度分布测量情况下)；
f) 气流目检报告应配有所有仪器的确切的平面图；
g) 占用状态。

B.8 气流方向测试

B.8.1 原则

气流方向测试的目的是确认气流方向及其均匀性与设计和性能技术要求相一致。该测试可以在任何指定的占用状态下进行。

B.8.2 程序

可以用与气流目检全民所有制程序(见附录 B.7)进行气流方向测量。适用的程序如下：

a) 用示踪线进行气流目检；
b) 用示踪剂注入进行气流目检；
c) 三维测量气流速度(见注 2)。

确定设施内的测量点。测量点的数目和位置应该由用户和供应商商定选择。测试点或平面的位置最好定在临界工作平面内。如果要评估气流方向的均匀性，应该选择多个测试点。应该按照 B.4 中给出的相同的程序选择测量平面和方格单元。

计算并记录下各个测试点上从预测的方向的实际移位［13］。

注 1 如果测试多个位置，气流方向的均匀性是由方差偏离和标准偏离来评估的。偏离角的均值和最大值表明气流倾斜而改变的方向。

注 2 如果用三维轴测量角度，可以用三维气流速度计算出绝对角度的差。

注3 要注意保证操作者不干扰气流形式。

B.8.3 仪器

使用 B.7(气流目检)中说明的仪器。

B.8.4 测试报告

按照用户和供应商的协议，应该按本文件中第 5 条的说明记录下述资料和数据：

a) 仪器操作者的名称；
b) 测试仪器的名称及其校准状态；
c) 测试类型、目检方法和测试条件；
d) 目检点的位置；
e) 按规定，记录在照片或录像带上的图像，或各次测量的原数据(图像处理技术或速度分布测量情况下)；
f) 占用状态。

B.9 温度测试

B.9.1 原则

本测试的目的是证明设施的空调系统在用户和供应商商定的时间内，在被测区域内把空气温度保持在控制限值范围内的能力。介绍了两个档次的测试方法。第一个是 B.9.2.1 中的一般测试，测定适用于空态设施的初步测试的程序。第二个是 B.9.2.2 中的综合测试，适用于静态或动态下测试。第二个测试适于温度性能要求比较确切的区域。

B.9.2 程序

B.9.2.1 一般温度测试

本测试是在气流均匀性测试完成，空调系统的控制装置调节完成后进行。该测试应该在空调系统已经运转，状况已经稳定时进行。

各温控区至少要测一个位置上的温度。

各传感器应该放置在工作高度上指定的位置。

应该待传感器有充足的时间稳定下来后，再把各个位置上的温度读数记录下来。

测量时间应该至少 1 小时，要至少每 6 分钟读一次温度读数，并记录下来。

B.9.2.2 综合温度测试

建议在有严格的环境控制要求的区域进行这项测试。

该测试应该在空调系统已经运转，状况已经稳定至少 1 小时后进行。

应该把工作区划分成等面积的空格。各个测试区应该由用户和供应商商定选择。

测试点至少要有 3 个。

温度探测器应该设置在工作高度，距设施的吊顶、墙和地面不少于 300 mm。

选择探测器的位置应该适当考虑到热源的存在。

测量时间应该至少 1 小时，要至少每 6 分钟读一次温度读数，并记录下来。

B.9.3 仪器

温度测试应该使用精度符合 ISO 7726 的规定的传感器，例如，

- 温度计
- 电阻温度装置
- 热敏电阻器

仪器的测量分辨率要求为：最低设定点温度和允许的变化范围之差这个允许温度范围的 1/5。

设施应该有有效的校准证书。

B.9.4 测试报告

按照用户和供应商的协议，应该按本文件中第 5 条的说明记录下述资料和数据：

a) 仪器操作者或数据收集仪器的名称；
b) 测试仪器的名称及其校准状态；
c) 测试和测量类型和测量条件；
d) 测量点的位置；
e) 按规定，各次测量的原数据；
f) 占用状态。

B.10 湿度测试

B.10.1 原则

本测试的目的是证明设施的空调系统在用户和供应商商定的时间内，在被测区域内把空气湿度(用相对湿度或露点表示)保持在控制限值范围内的能力。

B.10.2 湿度测试程序

本测试是在气流均匀性测试完成，空调系统的控制装置调节完成后进行。

该测试应该在空调系统已经完全运转，并已经达到稳定状态时进行。

各湿度控制区至少要在一个位置上设置湿度传感器，并且有充足的时间让传感器稳定下来。

测量时间应该至少为 6 分钟。测试的频度、间隔和数据的记录时间应由用户和供应商商定。

湿度测试应该与温度测试一起进行。

B.10.3 仪器

湿度测试应该使用精度符合 ISO 7726 的规定的传感器。

标准的传感器有：

- 介电薄膜电容器传感器
- 露点传感器

仪器的测量分辨率要求最低为设定点湿度和该点允许的变化范围之间的差的允许湿度范围的 1/5。设施应该有有效的校准证书。

B.10.4 测试报告

按照用户和供应商的协议，应该按本文件中第 5 条的说明记录下述资料和数据：

a) 仪器操作者或数据收集设施的名称；
b) 测试仪器的名称及其校准状态；
c) 测试和测量类型和测量条件；
d) 测量点的位置；
e) 按规定，各次测量的原数据；
f) 占用状态。

B.11 静电和离子生成器测试

B.11.1 原则

本测试由两部分组成。一个是静电测试，另一个是离子生成器(电离器)测试。前者的目的是计算工作和产品表面上的静电电荷电势和地面、工作台表面或其它设施的部件的静电电压的耗散率。后者的目的是通过测量初始充电的监测器的放电时间和通过测定隔离开的监测板的补偿电压来评估离子生成器的性能。每个测量结果都能表明消除(或中和)静电荷的效率和产生的正负离子量间的不稳定性。

B.11.2 静电和离子生成器测试程序

B.11.2.1 静电测试

B.11.2.1.1 表面电压电平的测量

用电压计或场强计测量工作和产品表面的正负静电荷的存在情况。

让探测器面朝接地的金属板，把静电电压计或场强计的输出调节到 0。探测头的保持应

该使探测孔平行于厂家说明中规定的一个距离处放置的板。用于零调节的金属板之表面积要足够大符合要求的探测孔的尺寸和正确的探测器-表面的间距。

记录下静电压计的读数。

应该由用户和供应商协商确定所选的测量用的点或物体。

B.11.2.1.2 静电耗散特性的测量

通过测量表面电阻表面上不同位置之间的电阻)和漏电电阻(表面和地面之间的电阻)来评定静电耗散特性。用高电阻计来测量这些值。

用重和尺寸适当的电极来测量表面电阻和漏电电阻。测量表面电阻时，电极的位置要与表面保持正确的距离。

测试条件的具体细节应该由用户和供应商协商而定。

B.11.2.2 离子生成器测试

本测试的目的是评估双极离子生成器的性能。测试包括测量放电时间和补偿电压。前者是用来计算用离子生成器消除静电荷的效率。后者是用来评估在离子生成器生成的离子化气流中正负离子的不稳定性。离子的不稳定会造成不利的残余电压。

这些测量用导电监测板、静电电压计和计时器和电源进行。(有时把由上述部分构成的仪器叫作充电板监测器。)

B.11.2.2.1 放电时间的测量

用具有已知电容(如 20 pF)的监测板(隔离的导电板)来进行测量。初始时，用电源向监测板充电，达到已知的正或负电压。

把板暴露于由被评估的双极离子生成器离子化的气流中，测量充到板上的静电荷。应该用静电电压计和计时器测量板的电压随时间产生的变化。

放电时间的定义是板上的静电荷减少到初始电压时的 10%所需要的时间。

正负电压的充电板都应该测量放电时间。

作为验收标准的测试点的位置和结果应该由用户和供应商协商而定。

B.11.2.2.2 补偿电压的测量

用类似的监测板装在隔离器上测量补偿电压。

用静电电压计监测隔离板上的电荷。

初始时，板应该接地，除掉残余电压，应该确认板上的电压为 0。

把板暴露于离子化的气流，直到电压计的读出变稳定，测量补偿电压。

离子生成器的可接受的补偿电压依工作区的物体对静电荷的敏感性而定。可接受的补偿电压应该由用户和供应商协商而定。

B.11.3 仪器

静电电压计或静电场强计，用于静电测试中测量表面静电电压电平。

高电阻 ohm 计，用于静电测试中测量静电耗散特性。

静电电压计或静电场强计及导电监测板或充电板监测器进行离子生成器测试。

上述仪器的说明见 C.11。 仪器都应具备有效的校准证书。

B.11.4 测试报告

按照用户和供应商的协议，应该按本文件中第 5 条的说明记录下述资料和数据：

a) 仪器操作者或数据收集设施的名称；
b) 测试仪器的名称及其校准状态；
c) 测试和测量类型和测量条件；
d) 温度、湿度和环境数据；
e) 测量点的位置；
f) 占用状态。

B.12 粒子沉积

B.12.1 原则

本测试说明的是测定空气中已经或可能沉积在设施内产品上或工作表面上的粒子的粒径和数目用的程序和仪器。把沉积的粒子收集在表面特性类似于有风险(at-risk)表面的测量板上，用光学显微镜、电子显微镜或表面扫描装置确定粒径并计数。可以用粒子沉降光度计获得关于粒子沉积率的数据。应该以每单位表面面积在单位时间里的粒子质量或数目来报告沉积粒子的数据。

B.12.2 程序

B.12.2.1 测量板上粒子的定义

测量板应该放置在风险(at-risk)表面的同一个平面上。测试板的电势应该与测试表面相同。操作测量板时应该遵循下述程序和方法：

- 验证证明洁净室的系统都按运行要求正常地行使功能。
- 各测量板要做出独特的标识，并按要求清洁，把表面粒子浓度减少到最低水平。测定各测量板上粒子的背景浓度。
- 保持 20%的测量板作对比用。这些板的处理方式要确切地同于没有暴露的测试用测量板。
- 把所有的测量板运到测试位置上。运送时要防止悬浮粒子污染板子表面。
- 让测试测量板暴露，暴露时间最多 48 小时，依洁净室的类型、运行方式和要使用的粒子计数装置而定。必要时要对暴露时间进行调整，以在测量板上得到足够的粒子沉积量，能提供统计上有效的数据，满足用户的要求。
- 用相反于暴露的程序收集暴露的测量板，把其存放在密闭的容器中防止进一步污染。

B.12.2.2 收集的粒子的计数和确定粒径

对收集在测量板上的粒子进行计数和确定粒径，得到可以复制的数据，用于为被测区域分类。

如使用光学显微镜，可以用校准过的线性或圆形量板进行粒径测量。如果用电子显微镜，可以用具有已知线距的经过校准的光栅把图像尺寸与实际粒径相关起来。如果用表面扫描仪，可以用厂家提供的粒径校准资料。测量板上部分面积的计数数据可以外推到整个板的表面积(统计计数)。可以按 B.3.3.2.1 和 B.3.3.2.2a)进行外推。

- 对所有测量板，包括控制板上的粒子进行计数和测粒径。列举所有测量板的总面积上的粒子，依粒子直径以适当的粒径范围分类。
- 测定各测量板上沉积的粒子的表面浓度：

$$D = \frac{(N_t - N_b)}{A_w}$$

式中

D 为粒子的沉积表面浓度；

Nt 为总的粒子表面浓度；

Nb 为测量板表面在清洁后，但暴露于洁净室环境之前上面大于或等于规定的最小尺寸的粒子数；

Aw 为测量板面积 cm^2。

- 平均控制测量板的 D 值。
- 从测试测量板浓度平均值中减去控制测量板浓度平均值，测定各测量板表面浓度的净增长。用测试测量板的暴露时间除净浓度。计算结果得出用沉积的粒子/ cm^2/单位时间表示的粒子沉积率(PDR)。
- 记录下 PDR 均值和标准偏差。

B.12.3 仪器

B.12.3.1 测量板材料的选择

依据要检测的粒径和测量的手段，可以采用下述各种材料：

- 微孔薄膜过滤器
- 双面胶带
- 培养皿
- 含有对比色(黑色)聚合体，如聚酯树脂的培养皿
- 照相胶片(薄片)
- 显微镜胶片(白片或带气化金属膜涂层的)
- 玻璃或金属镜板
- 半导体晶片坯料
- 玻璃光掩膜基片

测量板的表面光滑度应与待计数的粒子粒径相适，保证易于看到粒子。采用的测量手段应该能分辨并测量最小的粒径。

B.12.3.2 仪器

可采用各种仪器为沉降在测量板表面上的粒子计数和测粒径。依粒径可分为 4 种：

- 光学显微镜(粒径大于或等于 2 μm);
- 电子显微镜(粒径大于或等于 0.02 μm);
- 表面分析扫描仪(粒径大于或等于 0.1 μm);
- 粒子沉降光度计(1%表面积以下)。

选择所用的仪器时，应该考虑检测相关粒径范围内的粒子。需要考虑的其它因素有收集和分析样品要求的时间，确定方法特性要求的时间。所用的仪器应该有有效的标准证书。

B.12.4 测试报告

按照用户和供应商的协议，应该按本文件中第 5 条的说明记录下述资料和数据：

a) 仪器操作者或数据收集设施的名称；
b) 测试仪器的名称及其校准状态；
c) 测试和测量类型和测量条件；
d) 测量点的位置；
e) 占用状态。

B.13 自净测试

B.13.1 原则

本测试是用来确定设施清除悬浮微粒的能力。产生粒子的事件发生后，洁净度的自净性能是设施最重要的能力之一。本测试仅仅对非单向气流系统是重要的，并建议采用，这是因为自净性能是受控区内空气循环率、入口-出口气流几何图形、热条件和空气分布特性的函数。本测试应该在设施处于空态或静态时进行。

注 如使用人造气溶胶，应该避免残留污染设施。

B.13.2 自净性能或 100：1-自净时间的定义和测定

用粒子浓度变化率或 100：1-自净时间来评估自净性能。100：1-自净时间的定义是以 0.01 倍的因数降低初始粒子浓度级所要求的时间。如果能测量出把粒子浓度降到起始浓度的 0.01 倍以下所用的时间，则应该直接从测得的数据评定 100：1-自净时间。

不过，有时不可能直接测出，如在不能把初始粒子浓度设定在大于目标洁净度等级的 1 000 倍时，或粒子浓度衰减曲线平滑地并入目标等级时。当目标洁净度等级相对较低时，前者会发生，而当目标洁净度等级非常高时或设施内存在一些粒子源时，后者会发生。

B.13.3 程序

B.13.3.1 用粒子浓度变化率评估自净性能

用粒子浓度变化率评估自净特性。这种评估对各种洁净度等级都是通用的(见 ISO 14644-1)，并且初始的和目标的浓度等级可以任意定义。

a) 评估自净性能的程序

1) 除设定初始粒子浓度级外，大部分程序都与直接测量相同(B.13.3.2)；

2) 初始粒子浓度应该由用户和供应商协商确定。

b) 评估自净性能

用粒子浓度变化率评估的自净性能可以从要求的洁净度等级的粒子浓度衰减曲线的坡度来测定(见 ISO 14644-1)，具体如下：

1) 在矩形坐标图上，以横坐标上的时间值为线性标度，坐标上的浓度值为对数标度，绘出粒子浓度降低数据；

2) 估算出粒子浓度达到目标洁净度等级时粒子浓度衰减曲线的约略切线；

3) 切线的坡度值即表示自净性能。

B.13.3.2 直接测量 100：1-自净时间

在能够把初始粒子浓度设定在大于目标洁净度等级的 1 000 倍时(见 ISO 14644-1)，并且得到平滑的粒子浓度衰减曲线时，可以直接测量 100：1-自净时间。

为避免重复误差和对 DPC 光学器件的潜在污染，建议用有最大粒子读数的 DPC 通道作测试。测试前，要计算进行 100：1-自净时间测试要求的浓度。如果该浓度超过了所用 DPC 的最大浓度能力，就要把浓度降低到该等级，按该浓度级测定 100：1-自净时间，或者用自净率测试取代 100：1-自净时间测试(B.13.3.1)。

a) 直接测量 100：1-自净时间的程序

1) 按厂家说明设定粒子计数器及仪器校准证书。

2) 把 DPC 探头置于测试点。应该由用户和供应商协商确定测试点和测量次数。DPC 探头不应直接放在空气出口下方。

3) 把单一采样的容积调到与测定洁净度等级相同的值。计数器从每次计数到输出记录的延迟时间应该调整到不超过 10 秒。

4) 本测试中用的粒径应该与测定洁净度等级 (在 B.1 中给出)用的一样。如果划分洁净度等级用的是两个不同的粒径，则应该选择小的。为避免非等速的采样，自净测试最好用小于 1μm 的粒径。

5) 进行检验的洁净室面积应该在空调设备处于运转时用气溶胶来污染。

b) 计算 100：1-自净时间

如果用粒子浓度从 100 倍的目标等级降到目标等级要求的时间来测定 100：1-自净时间(tr_i)，可以从按上面 a)中的程序记录下的时间/浓度图中直接观测到，整个洁净区的自净时间(tr_{all})可以计算如下：

$$tr_{all} = \frac{N}{\sum(1/tr_i)}$$

式中

N 为测试位置数；

tr_{all} 为整个区的自净时间；

tr_i 为各位置的自净时间。

B.13.4 自净的测试仪器

- 气溶胶生成器和空气生成的气溶胶，特性与 B.6 中描述的相同。
- 离散粒子计数器，效率为 C.1 和 C.6 中的效率。

仪器应该有有效的校准证书。

B.13.5 测试报告

按照用户和供应商的协议，应该按本文件中第 5 条的说明记录下述资料和数据：

a) 仪器操作者或数据收集设施的名称；

b) 测试仪器的名称及其校准状态；

c) 测量点的位置；

d) 占用状态。

B.14 抑制渗漏测试

B.14.1 原则

本测试是用来测定有无受污染的空气从周围具有相同或不同静压的非受控区侵入到洁净区。

注 ISO 1—5 级的洁净室可以有效地进行这个测试。

B.14.2 程序

B.14.2.1 DPC 法

测量紧靠着被评估的表面或门廊的洁净室封闭体外部的粒子浓度。该浓度应该比洁净室的浓度大出一个 10^4 的系数，并等于至少 3.5×10^6 个待测粒径的粒子/m^3。如果浓度小于该值，生成气溶胶来提高浓度。

要检查通过施工缝或裂缝的渗漏情况，要在离待测缝、密封或啮合面 5—10 cm 的距离上扫描封闭体内部。扫描速度约为 5 cm/s。

要检查敞开的门廊处的侵入情况，在距离敞开的门 0.3—3.0 m 的距离上测量封闭体内部的浓度。

记录并报告比测得的外部适当粒径的气溶胶粒子浓度大于 10^{-3} 倍的读数。

注 本测试的测试点数目和位置由用户和供应商协商确定。

B.14.2.2 光度计法

按 B.6.2.1 在洁净室或装置外生成浓度高得足以使光度计按 0.1%设定值超载。

光度计 0.1%设定值的读数超过 0.01%就表明有渗漏。

要检查通过施工缝、裂缝或焊缝的渗漏情况，要在离待测缝或密封表面 5—10 cm 的距离上扫描封闭体内部。扫描速度约为 5 cm/s。要检查敞开的门廊处的侵入情况，在距离敞开的门 0.3—1 m 的距离上测量封闭体内部的浓度。

记录并报告所有超过光度计 0.01%标度的读数。

B.14.3 仪器

- 如 B.6.5 中所述的人工生成的气溶胶源。
- C.1 中的离散粒子计数器（DPC），或 C.6.1 中的光度计，识别等于或小于 0.5 μm 的粒子的能力较低。
- 仪器应该有有效的校准证书。

B.14.4 测试报告

按照用户和供应商的协议，应该按本文件中第 5 条的说明记录下述资料和数据：

a) 数据收集方法；
b) 测量点的位置；
c) 占用状态。

附录 C
（资料性）
测试仪器

本附录说明了这部分 ISO14644 中建议的测试应该采用的仪器。

本附录的表中给出的数据说明各项仪器必备的最低要求。列出的和编号的各项内容与附录 B 相对应，如编号为 C.1 的仪器用于 B.1 中给出的测试程序。负责制定测试计划的人可参照附录 C 测试仪器的选择，附录 A 建议设施进行的测试的检查清单及进行测试的顺序。测量仪器应该依用户和供应商协商选择。

本附录为资料性的，不应阻止采用已经可用的更好的仪器。依用户和供应商协议，可选用其它适当的测试仪器。

C.1 悬浮粒子计数

C.1.1 光散射离散粒子计数器，能够计数并确定单一悬浮粒子的粒径，并报告以等效光学直径表示的粒径数据。

表 C.1—测量技术要求

项目	技术要求
敏感度/分辨率 [a]：	在 0.1—5 mm 间选择，粒径分辨率≤ 10 %
误差：	粒径设定值的浓度误差的± 20 %
电子反应时间：	≤ 50 μs
校准间隔：	最多 12 个月或规定的性能鉴定
a 粒径分辨率大于 10%的粒子计数结果，可以有达 1 个数量级的变化。	

表 C.2–附加技术要求

项目	技术要求
计数效率：	最低粒径阈值时 50 % (± 20 %)，等于或大于最低粒径阈值 1.5 倍时 100 % (± 10 %)
低浓度范围：	与实际预期的最低计数率相比，虚计数率是微不足道的。低计数率在一段时间内应该为 0 个粒子(如，5 分钟内无计数)
高浓度范围：	在使用点大于设施洁净度等级浓度 2 倍，并且不超过厂家建议最大浓度的 75 %。

C.2 超细粒子计数

C.2.1 凝聚核粒子计数器，离散粒子计数器-计数在采样的核粒子上超饱和的蒸汽冷凝生成的所有微滴。产生大于或等于 CNC 的最低粒子敏感度的累计粒子浓度。

表 C.3—测量技术要求

项目	技术要求
测量限值/范围：	浓度达 3.5 x $10^7/m^3$
敏感度：	依具体应用而定，如 0.02 μm
误差：	最低阈粒径的± 20 %
稳定性：	可能受环境气体种类影响
校准间隔：	最多 12 个月

表 C.4–附加技术要求

项目	技术要求
低浓度范围：	与实际预期的最低计数率相比，虚计数率是微不足道的。
注 计数效率见图 B.2。	

C.2.2 离散粒子计数器，能够计数并确定单一悬浮粒子的粒径，包括定义为超细粒子的粒子。

表 C.5—测量技术要求

项目	技术要求
测量限值/范围：	浓度达 3.5 x $10^7/m^3$
敏感度/分辨率：	小于 0.1 μm，粒径分辨率≤ 10 %
误差：	粒径设定值的浓度误差的± 20 %
电子反应时间：	≤ 50 μs
校准间隔：	最多 12 个月

表 C.6–附加技术要求

项目	技术要求
计数效率	最低粒径阈值时 50 % (± 20 %)，等于或大于最低粒径阈值 1.5 倍时 100 % (± 10 %)
注 计数效率见图 B.2。	

C.2.3 粒径切断装置，空气样品输送部件，处于超细粒子计数装置的入口入。可清除小于规定粒径的粒子。本装置的例子有微分迁移率分析仪、扩散电池部件和虚冲击器。

表 C.7—测量技术要求

项目	技术要求
误差：	清除掉 50 % （± 10 %）规定粒径的粒子
电子反应时间：	≤ 10 s
校准间隔：	随装置类型而异，一般 12 个月

表 C.8–附加技术要求

项目	技术要求
采样流量	经过粒径切断装置的流量应该恒定，± 10 %，等于或大于计数装置要求的流量。

C.3 大粒子计数

C.3.1 显微测量过滤纸上收集的粒子，见 ASTM F312［3］。

C.3.2 阶梯式冲击器，粒子收集系统-样品以恒速流经过一系列尺寸渐小的孔；孔面向收集表面。流体速度随着经过每个孔-收集器阶段而提高较小的粒子就被收集起来称重并计数。

表 C.9—测量技术要求

项目	技术要求
测量限值/范围：	规定的采样流量
敏感度/分辨率：	低压下可以收集的亚微米的粒子
精确度：	“切点”阶段的精确度≥ 90 %
线性度：	大量超粒径和欠粒径的沉积
稳定性：	50 %的切断粒径取决于样品流量
反应时间：	几分钟到几天，依样品测量方法而异
校准间隔：	最多 12 个月

C.3.3 离散大粒子计数器，离散粒子计数器-能够(按要求)计数并确定单一悬浮大粒子的粒径。

表 C.10—测量技术要求

项目	技术要求
测量限值/范围：	粒子浓度达 1.0 x 10^6/m^3
敏感度/分辨率：	5-80 μm，分辨率 20 %
误差：	粒径误差± 5 %的校准设定值
线性度：	随粒子的组成或形状而异
反应时间：	≤ 50 μs
校准间隔：	最多 12 个月

表 C.11–补充技术要求

项目	技术要求
计数效率	最低粒径阈值时 50 % (± 20 %)，等于或大于最低粒径阈值 1.5 倍时 100 % (± 10 %)。

C.3.4 飞行时间粒子器，离散粒子计数和确定粒径的仪器，通过测量粒子适应空气速度的变化的时间来规定粒子的空气动力直径。通常是在流体流的速度发生变化时用光学方法测量粒子传输时间。

表 C.12—测量技术要求

项目	技术要求
测量限值/范围：	粒子浓度达 1.0 x 10^7/m^3
敏感度/分辨率：	0.5-20 μm，分辨率 10 %
误差：	± 5 %的校准粒径设定值
反应时间：	≤ 50 μs
校准间隔：	最多 12 个月

表 C.13–附加技术要求

项目	技术要求
计数效率	最低粒径阈值时 50 % (± 20 %)，等于或大于最低粒径阈值 1.5 倍时 100 % (± 10 %)。

C.3.5 压电平衡冲击器，粒子收集系统-样品以恒速流经过一系列尺寸渐小的孔；孔面向配备有压电石英微平衡质量传感器的收集表面。该传感器为每个收集阶段中收集的粒子称重。

表 C.14—测量技术要求

项目	技术要求
敏感度/分辨率：	低压下可以收集 0.01-10 μm 的粒子
线性度：	大量超粒径和欠粒径的沉积
稳定性：	每个阶段的切点随流量而变化
反应时间：	几分钟到几天，依浓度而异
校准间隔：	最多 12 个月

表 C.15–附加技术要求

项目	技术要求
最小收集敏感度	10 μg/ m^3 的比重为 2 的粒子

C.4 气流测试

C.4.1 空气速度计

C.4.1.1 热风速计，通过自动检测一个暴露于气流中的小的电热传感器在热舆上的变化来测量风速。

表 C.16—测量技术要求

项目	技术要求
测量限值/范围：	一般设施内为 0.1-1.0 m/s，管道内为 0.5-20 m/s
敏感度/分辨率：	0.05 m/s (或最小为满标度的%)[a]
误差：	±(5 %的读数 +0.1 m/s)[a]
反应时间：	90 % 满标度时不到 10 s
校准间隔：	最多 12 个月
a 敏感度和精确度参见 ISO 7726。仪器需要按空气温度差和大气压的变化来校正。	

C.4.1.2 三维或等效超声风速计，通过感应所测气流中各个分隔的点之间的声频(或声速)的偏离来测量风速。

表 C.17—测量技术要求

项目	技术要求
测量限值/范围：	设施内为 0-1 m/s
敏感度/分辨率：	0.01 m/s
误差：	读数的 ±5 %
反应时间：	不到 1 s
校准间隔：	最多 12 个月

C.4.1.3 叶片式风速计，通过计数风速计叶片的旋转速率来测量风速。

表 C.18—测量技术要求

项目	技术要求
测量限值/范围：	0.2 -10 m/s
敏感度/分辨率：	0.1 m/s
误差：	0.2 m/s 或读数的 ±5 %
反应时间：	90 % 满标度时不到 10 s
校准间隔：	最多 12 个月

C.4.1.4 皮托管和风速计(数字式)，用数字式电子风速计从气流中一个位置上的总压力和静压之差来测量风速。

表 C.19—测量技术要求

项目	技术要求
测量限值/范围：	> 1.5 m/s
敏感度/分辨率：	0.5 m/s
误差：	读数的 ±5 %
反应时间：	90 % 满标度时不到 10 s
校准间隔：	最多 12 个月

C.4.2 风量计

C.4.2.1 带流量计的流量罩，自一个上方气流可能有变化的区域测量气流，提供该区的总体风量。收集并集中总气流量，使测量的速度代表整个区域的平均剖面速度。

表 C.20—测量技术要求

项目	技术要求
测量限值/范围：	流量 50 –3500 m^3/hr[a]
误差：	读数的 ±5 %
反应时间：	90 % 满标度时不到 10 s
校准间隔：	最多 12 个月
a 测量限值和分辨率取决于所用风罩的尺寸。	

C.5 风压差

C.5.1 电子风速计，用于显示或输出通过检测因膜片位移而产生的静电电容或电子阻力的变化而得出的一个空间和其周围环境间的风压差。

表 C.21—测量技术要求

项目	技术要求
测量限值/范围：	标准的小范围为 0 Pa –100 Pa ；标准的大范围为 0 kPa –100 kPa
敏感度/分辨率：	1 Pa ± 0.1 Pa, 0 Pa –100 Pa
误差：	0 Pa –100 Pa 的范围为满标度读数的 ±1.5 %， 0 kPa –100 kPa 的范围为满标度读数的 ±1 %

C.5.2 倾斜式风速计，用于测量两个点间的风压差，方法是用肉眼幅度倾斜标度进行检测，在注有水或乙醇等液体的量计管内指示出小压头(高度)。

表 C.22—测量技术要求

项目	技术要求
测量限值/范围：	0 kPa –0.3 kPa 或 0 kPa – 1.5 kPa
敏感度/分辨率：	0 kPa –0.3 kPa 范围为 1 Pa
误差：	0 kPa –0.3 kPa 范围为 ±3 %
标度幅度功率：(scale amplitude power?)	0 kPa –0.3 kPa 范围为 2 (最小) – 10

C.5.3 机械压差计，用于测量两个区之间的压差，方法是检测用机械变速机械或联杆连接的针按膜片的位移而移动的距离。

表 C.23—测量技术要求

项目	技术要求
测量限值/范围：	小范围为 0 Pa – 50 Pa ；大范围为 0 kPa – 50 kPa
敏感度/分辨率：	0 Pa – 50 Pa 范围为 0.5 Pa
误差：	0 Pa – 50 Pa 的范围为满标度读数的 ±5 %， 0 kPa –50 kPa 的范围为满标度读数的 ±2.5 %

C.6 安装的过滤器的渗漏测试

C.6.1 气溶胶光度计

C.6.1.1 线性气溶胶光度计，用于测量以 μg/L 表示的质量浓度。光度计用前置的散射光室进行测量。本光度计还可用于直接测量过滤器渗漏穿透情况。

表 C.24—测量技术要求

项目	技术要求
测量限值/范围：	0.001 – 100 μg/L –5 全十进位
敏感度/分辨率：	0.001 μg/L
误差：	± 5 %
线性度：	± 0.5 %
稳定性：	± 0.002 μg/L/min
反应时间：	0 % -90 % ≤ 30 s 100 μg/L – 60 s 10 g/L
校准间隔：	12 个月或 400 工作小时，以先达到的为准

表 C.25–附加技术要求

项目	技术要求
采样探管长度：	最大长度为 4 m
显示：	数字或模拟
粒径：	测量范围的 0.1 μm – 0.6 μm
样品流量：	28 L/min ± 3 L/min
最小采样孔尺寸：	直径 4.8 mm
采样探测区：	见 B.6.2.3

C.6.1.2 对数气溶胶光度计，用于测量以 μg/L 表示的质量浓度。光度计用前置的散射光室进行测量。本光度计不可直接测量过滤器渗漏穿透情况。

表 C.26—测量技术要求

项目	技术要求
测量限值/范围：	0.01 – 100 μg/L 1 个范围
敏感度/分辨率：	0.001 μg/L
误差：	± 5 %
稳定性：	± 0.002 μg/L/min
反应时间：	0 % -90 % ≤ 60 s 100 μg/L – ≤ 90 s 10 g/L
校准间隔：	12 个月或 400 工作小时，以先达到的为准

表 C.27–附加技术要求

项目	技术要求
采样探管长度：	最大长度为 4 m
显示：	数字或模拟
粒径：	测量范围的 0.1 μm – 0.6 μm
样品流量：	28 L/min ± 3 L/min
最小采样孔尺寸：	直径 4.8 mm
采样探测区：	见 B.6.2.3

C.6.2 离散粒子计数器，见 C.1.1。

C.6.3 气溶胶生成器，能够生成有适当的粒径范围(如 0.05 μm – 2 μm)、浓度恒定的微粒物质。该仪器可以按热标准、液压标准、气压标准、声学标准或静电标准分类。

C.6.4 气溶胶源流体，有流体表面张力、粘度和喷射大气气溶胶等适当物理特性的惰性液体。生成的气溶胶典型的有下面几种：

a) PAO(聚α烯烃)油，4 厘斯托克(如 CAS # 68649-12-7[4])
b) DOS(癸二酸二辛酯)
c) DEHS(癸二酸二酯)
d) DOP[5](邻苯二甲酸盐# 117-81-7)
e) FL(shell ondina?) 食品质量的矿物油(如 CAS # 8042-47-5)
f) 石蜡油(如 CAS # 64742-46-7)
g) PSL(聚苯乙烯乳胶球体)
h) 大气气溶胶

4) CAS # 化学文摘服务注册号，已在化学文摘注册，由美国化学学会颁布［14］。
5) 有些国家出于安全原因不提倡采用 DOP 作过滤器测试。

C.7 气流目检

C.7.1 气流目检用仪器、材料和附件，实施气流目检法要求所用。

表 C.28– 用于示踪线或注射法的材料或粒子

项目	说明
用于设施内非污染条件的示踪线法的材料	丝线、棉丝、布等。
用于设施内非污染条件的示踪剂注入法的粒子	直径为 0.5 μm – 50 μm 的 DI 水雾。 测量位置上中密度的气泡。
记录目检的示踪粒子的照片或图像的图像记录装置	各种装置，如用于气流目检程序中的包括高速电子闪光或同步功能的照相机、摄像机、图像记录装置。

表 C.29– 气流目检用照明光源

项目	说明
进行对比观测或作气流图像的各种照明光源	钨丝灯、日光灯、卤素灯、汞灯、激光光源(He-Ne、氩气离子、YAG 激光等)记录器带或不带电子闪光或同步装置。
气流目检的量化测量用图像处理技术	激光光板法，由高功率激光源构成(氩气或 YAG 激光)、包括有柱面透镜的光学法和一个控制器，可以目检二维气流。

C.7.2 热风速计，见 C.4.1.1。

C.7.3 超声风速计，三维，见 C.4.1.2。

C.7.4 气溶胶生成器

流量目检的示踪器用气溶胶生成器另还可参见 C.6.3。下面给出了一些应用例子，如粒子生成器和超声喷雾器。

C.7.4.1 超声喷雾器，用于生成气溶胶(雾)，用聚焦的声波使液体(如 DI 水) 气溶胶化，产生微细的液滴。

表 C.30–附加技术要求

项　目	技术要求
液滴的粒径范围：	如 6 μm – 9 μm 或 30 μm – 70 μm[a] (MMD)
悬浮浓度：	70 g/cm^3 -150 g/cm^3,溶液进料速率为 1 mL-6mL/min
a　粒径范围依超声频率而定，如 6 μm – 9 μm 的范围为 1MHz。	

C.7.4.2 雾生成器，用于生成气溶胶(雾)，通过冷却由蒸汽至沸的 DI 水使气体在气相和液相之间转换。

表 C.31–附加技术要求

项　目	技术要求
液滴的粒径范围：	1 μm – 10 μm (MMD)
粒子生成率：	1 g/min -25 g/min

C.8 气流方向测试

C.8.1 热风速计，见 C.4.1.1。

C.8.2 超声风速计，见 C.4.1.2。

C.8.3 示踪计，见 C.1 和 C.7.4。

C.8.4 气溶胶生成器，见 C.6.3 和 C.7.4。

C.9 温度测试

C.9.1 玻璃温度计，见 ISO 7726。

C.9.2　数字温度计，见 ISO 7726。

C.10 湿度测试

C.10.1 电容式湿度监测器，见 ISO 7726。

C.10.2 头发式湿度监测器，见 ISO 7726。

C.10.3 露点传感器，见 ISO 7726。

C.11 静电和离子生成器测试

C.11.1 静电电压计，测量一个小区域内的平均电压(电位)，方法是通过探测头内的一个小孔探测探头内强度。

表 C.32—精密电压计的测量技术要求

项目	技术要求
测量限值/范围：	-3 kV-+3 kV
敏感度/分辨率：	0.8 mm 直径的点(区) 0.3V (rms) 或 2V (p-p)
误差：	0.1 %
反应时间：	不到 4 ms(10 %-90 %)
校准间隔：	最多 12 个月

表 C.33—手动式静电电压计或静电场强计的测量技术要求

项目	技术要求
测量限值/范围：	± 8.163 kV/cm
误差：	读数的± 5 % 或± 0.01 kV
反应时间：	0 kV-± 5 kV 不到 2 s(10 %-90 %)
校准间隔：	最多 12 个月

C.11.2 高电阻 ohm-计，测量绝缘材料和部件的电阻，方法是探测从一施加高电压的器件到在测器件的漏电流。

表 C.34—测量技术要求

项目	技术要求
测量限值/范围：	1 kΩ - 3 x 10^9 Ω
误差：	各满标度的± 5 %
反应时间：	10 ms-390 ms
校准间隔：	最多 12 个月

表 C.35–附加技术要求

项目	技术要求
测试电压：	DC 0.1 V-1 000 V
最大电流输入：	小于 10 mA
最大电流输出：	小于 100 V 时 10 mA ，小于 250 V 时为 5 mA，小于 500 V 时为 2 mA，小于 1000 V 时为 1 mA

C.11.3 充电板监测仪，用于测量电离器或离子化装置的中和特性的装置。

表 C.36—测量技术要求

项目	技术要求
测量限值/范围：	-5 kV-+5 kV
误差：	满标度的± 5 %
反应时间：	0.1 s
校准间隔：	最多 12 个月

表 C.37–附加技术要求

项目	技术要求
绝缘：	5 分钟内自放电 10 %以下，RH40 %，不到 200 个离子/cm^3
板的电容：	20 ± 2 pF
板的尺寸：	150 mm x 150mm
充电：	限流时各极最小 1 kV

C.12 粒子沉积测试

C.12.1 粒子沉降光度计，测量沉降在暗色玻璃收集板上的粒子发出的总散射光，以与会沉积在临界表面上的正在沉降的粒子的浓度相关的沉降系数来报告这些数据。

表 C.38—测量技术要求

项目	技术要求
测量限值/范围：	以体积计 5600 ppm 以下
校准间隔：	最多 12 个月

表 C.39–附加技术要求

项目	技术要求
标准材料：	4 μm – 10 μm 的荧光粒子

C.12.1 PSL 粒子生成器，是压缩空气再制剂，通过使悬浮液体气化生成球体和单弥散的PSL(聚苯乙烯乳胶球体)粒子。可以用 PSJ 粒子校准 DPC 和粒径选择性的采样器，如梯次冲撞器。

表 C.40–附加技术要求

项目	技术要求
粒径范围：	一般为 0.1 μm – 2 μm
悬浮浓度：	适宜为 10^7/cm^3 以下
输出浓度：	约为 300 个粒子/L -30000 个粒子/L
气化空气压力：	如 177kPa;; 120L/hr

C.13 自净测试

C.13.1 离散粒子计数器，见 C.1.1。

C.14 抑制渗漏测试

C.14.1 离散粒子计数器，见 C.1.1。

C.14.2 气溶胶发生器，见 C.6.3。

C.14.3 光度计，见 C.6.1。