

国际标准
INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
14644-3

第一版
2005-12-15

洁净室及相关受控环境 ——
第 3 部分：
检测方法



Reference number
ISO 14644-3:2005(E)

洁净室及相关受控环境

第 3 部分：检测方法

目 次

前言

引言

1 范围

2 引用标准

3 术语与定义

3.1 概述

3.2 空气悬浮粒子测量

3.3 空气过滤器与系统

3.4 气流

3.5 静电测量

3.6 测量仪器与测量条件

3.7 占用状态

4 检测方法

4.1 洁净室检测

4.2 原理

5 检测报告

附件 A（资料） 各种检测的选择和实施顺序

附件 B（资料） 检测方法

附件 C（资料） 检测仪器

文献（略）

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。

国际标准草案是按照 ISO/IEC 指导条例第 2 部分的法则制定的。

技术委员会的主要任务是制定国际标准。国际标准草案由其技术委员会认可后送各会员团体进行传阅，以待表决。至少需要 75% 投票的会员团体投赞成票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。

ISO 14644-3 是由 *洁净室及相关受控环境* 技术委员会 ISO/TC 209 编写的。

ISO 14644 在 *洁净室及相关受控环境* 的总标题下包含下述各部分：

- 第 1 部分： *空气洁净度分级*
- 第 2 部分： *证明一直符合 ISO 14644-1 的检测和监测技术条件*
- 第 3 部分： *检测方法*
- 第 4 部分： *设计、建造和启动*
- 第 5 部分： *运行*
- 第 7 部分： *隔离装置（洁净风罩、手套箱、隔离器、微环境）*
- 第 8 部分： *空气分子污染分级*

正在编写的部分有：

- 第 6 部分： *词汇*

引 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空气悬浮污染物的控制：航天、微电子、制药、医疗器械、食品和医疗。

本部分 ISO 14644 说明的检测方法，可用于说明 ISO 14644 其它部分中所述的洁净室的特性。

注：本部分 ISO 14644 并未包括所有洁净室参数的检测方法。ISO/TC 209 编制的其他文件中讨论了有特定产品或工艺的洁净室和洁净区的其他参数进行检测时所使用的方法和仪器（例如 ISO 14698 中对活物质的控制和测量方法，ISO 14644-4 中的洁净室功能性检测，ISO 14644-7 中的隔离装置检测）。此外还可以考虑其他的适用标准。

本部分 ISO 14644 中的陈述参照了 ASTM, CEN, DIN, IEST, JACA, JIS 和 SEMI 等标准。

洁净室及相关受控环境

第 3 部分：检测方法

注意 – 本部分 ISO 14644 的应用可能涉及有害的材料、作业和设备。本部分 ISO 14644 未提及所有与其使用有关的安全性问题。因此，使用本标准时，客户应负责制定适当的安全和卫生准则，及在使用前确定规程性限制的适用性。

1 范围

本部分 ISO 14644 规定了指定级别的空气悬浮微粒洁净度的检测方法和测定洁净室和洁净区性能特性的检测方法。这种特性检测可用在 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。检测方法中有检测仪器和检测方法方面的建议。如果洁净室和洁净区的类型影响到检测方法，则有其他检测方法的建议。其中的某些检测，则建议了几种不同的方法和仪器，以便适合于不同的最终使用要求。如果客户与建造商一致同意的话，可以使用本部分的 ISO 14644 中未包括的方法。替代方法不一定会提供等效的测量结果。

本部分 ISO 14644 不适用对洁净室或隔离装置内产品或工艺进行的测量。

2 引用标准

下列引用标准对本文件的使用是不可或缺的。标有日期的引用标准，只有该引用的版本适用。没标有日期的引用标准，则其最新版本的规范性文件（包括任何修正版）适用。

ISO 7726:1998, *热环境人机工程学-物理量测量仪*

ISO 14644-1:1999, *洁净室及相关受控环境-第 1 部分：空气洁净度分级*

ISO 14644-2:2000, *洁净室及相关受控环境-第 2 部分：证明一直符合 ISO 14644-1 的检测和监测技术条件*

ISO 14644-4:2001, *洁净室及相关受控环境-第 4 部分：设计、建造和启动*

3 术语和定义

本部分 ISO 14644 采用的术语和定义如下。

3.1 普通

3.1.1 洁净室 cleanroom

空气悬浮粒子浓度受控的房间，其建造和使用方式可最大限度减少房间内进入的、产生的、滞留的粒子，房间内温度、湿度和压力等其他相关参数按要求受控。

[ISO 14644-1:1992, 2.1.1]

3.1.2 洁净区 clean zone

空气悬浮粒子浓度受控的专门空间，其建造和使用方式可最大限度减少区内进入的、产生的、滞留的粒子，区内温度、湿度和压力等其他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，可以位于或不在洁净室内。

[ISO 14644-1:1992, 2.1.2]

3.1.3 洁净室设施 installation

带有全部维护结构、空气处理系统、服务设施、公用设施的洁净室或洁净区。

[ISO 14644-1:1992, 2.1.3]

3.1.4 隔离装置 separative device

采用构造和动力学方法在确定的容积内外创建可靠隔离水平的设备。

注：某些产业用隔离装置有：层流罩（洁净工作台）、隔离密封空间、手套箱、隔离器、微环境。

3.2 空气悬浮粒子测量

3.2.1 气溶胶发生器 aerosol generator

能以加热、液压、气动、超声波音频、静电等方式生成浓度恒定、粒径范围适当（例如 0.05 μm 至 2 μm ）的微粒物质的仪器。

3.2.2 空气悬浮粒子 airborne particle

悬浮在空气中的、粒径从 1 纳米到 100 微米的活的或非活的固态或液态粒子。

注 1：针对 ISO 14644-3。分级方面见 2.103。

注 2：摘自 ISO 14644-3:2005, 3.2.2。

3.2.3 数量中径 count median particle diameter (CMD)

根据粒子数量得出的粒径中值。

注：粒径中值即一半的粒子粒径小于数量中值，一半的粒子粒径大于数量中值。

3.2.4 大粒子 macroparticle

当量直径大于 5 μm 的粒子。

[ISO 14644-1:1992, 2.2.6]

3.2.5 M 描述符 M descriptor

规定的或测得的每立方米空气中大粒子的浓度，以所用测量方法特性确定的当量直径表示。

注：M 描述符可以作为采样点平均浓度的上限（或按照洁净室或洁净区中采样点的数量作为置信上限）。不能使用 M 描述符规定悬浮粒子洁净度等级，但 M 描述符既可单独引述，也可与悬浮粒子洁净度等级同时引述。

[ISO 14644-1:1992, 2.3.2]

3.2.6 质量中径 mass median particle diameter (MMD)

根据粒子质量得出的粒子直径中值。

注：质量中径即全部粒子质量的一半小于质量中径，另一半大于质量中径。

3.2.7 粒子浓度 particle concentration

单位空气体积中粒子的个数。

[ISO 14644-1:1992, 2.2.3]

3.2.8 粒径 particle size

在指定的粒子尺寸测定仪上，有相当于被测粒子的响应的球体的直径。

注：光散射离散粒子计数器在粒子计数中使用的则是当量光学直径。

[ISO 14644-1:1992, 2.2.2]

3.2.9 粒径分布 particle size distribution

粒子浓度的累积分布，它是粒径的函数。

[ISO 14644-1:1992, 2.2.4]

3.2.10 检测气溶胶 test aerosol

具有已知浓度与受控的粒径分布的固体和（或）液体粒子的气态悬浮物。

3.2.11 U 描述符 U descriptor

每立方米空气中测出的或规定的粒子包括超微粒子浓度。

注：可将 U 描述符作为采样点平均值上限（或作为置信上限，依洁净室或洁净区测量时所用的采样点数量确定）。不能用 U 描述符规定悬浮粒子洁净度等级，但它可与悬浮粒子洁净度等级同时引述，也可以单独引述。

[ISO 14644-1:1992, 2.3.1]

3.2.12 超微粒子 ultrafine particle

当量直径小于 0.1 μm 的粒子。

[ISO 14644-1:1992, 2.2.5]

3.3 空气过滤器与系统

3.3.1 气溶胶检测 aerosol challenge

用检测气溶胶对过滤器或已安装在位的过滤器系统进行检测。

3.3.2 规定渗漏 designated leak

客户与建造商商定的最大允许穿透限值。用离散粒子计数器或气溶胶光度计对洁净室设施进行扫描时可检测到的渗漏。

3.3.3 稀释系统 dilution system

按已知容积比将进入的气溶胶与无粒子空气混合以降低气溶胶浓度的系统。

3.3.4 过滤器系统 filter system

由过滤器、框架及其他支撑装置或外壳所组成的系统。

3.3.5 终端过滤器 final filter

处在于空气进入洁净室前终端位置上的过滤器。

- 3.3.6 安装就位的过滤器系统 installed filter system
安装在天花板、墙壁、风管或设备上的过滤器系统。
- 3.3.7 过滤器安装后检漏 installed filter system leakage test
为确认过滤器安装良好、没有向洁净室设施的旁路渗漏，过滤器及其框架均无缺陷和渗漏所做的检测。
- 3.3.8 渗漏 leak (过滤器系统)
因密封性欠佳或缺陷使污染物漏出，造成下风向浓度超过预期值。
- 3.3.9 扫描 scanning
用气溶胶光度计或离散粒子计数器的采样管、采取重叠的行程移过规定的检测区、以发现过滤器渗漏的方法。
- 3.3.10 “标准” 渗透率 standard leak penetration
离散粒子计数器或气溶胶光度计的采样管停留在渗漏处以标准采样流量测得的渗透率。
注：穿透率是过滤器下风向粒子浓度与上风向浓度之比。

3.4 气流

- 3.4.1 换气次数 air exchange rate
单位时间的换气率，以单位时间送入空气的体积除以空间的体积计算。
- 3.4.2 平均风量 average air flow rate
单位时间通过的平均空气容积，可据此确定洁净室或洁净区的换气次数。
注：风量以每小时立方米表示 (m^3/h)
- 3.4.3 测量平面 measuring plane
用来检测或测量风速等性能参数的横断面。
- 3.4.4 非单向流 non-unidirectional airflow
送入洁净区的送风以诱导方式与区内空气混合的气流分布类型。
[ISO14644-2:2001, 3.6]
- 3.4.5 送风量 supply airflow rate
在单位时间内从风管或从终端过滤器送入洁净室设施的风量。
- 3.4.6 总风量 total air flow rate
在单位时间里通过洁净室设施的断面的风量。
- 3.4.7 单向流 unidirectional airflow
通过洁净区整个断面的、风速稳定、大致平行的受控气流。
注：这种气流可定向清除洁净区的粒子。
[ISO 14644-2:2001, 3.11]
- 3.4.8 气流均匀性 uniformity of airflow

单向流各点的风速读数处在规定的平均风速偏差率内。

3.5 静电测量

3.5.1 放电时间 discharge time

绝缘的导电监测板的电压降至原（正的或负的）充电电压所需的时间。

3.5.2 补偿电压 offset voltage

把未充电的绝缘导电板置于电离空气中时其上积累的电压。

3.5.3 静电耗散特性 static-dissipative property

以传导或其它机理将工作表面或产品表面的静电荷降至额定零电荷或特定值的能力。

3.5.4 表面电压电平 surface voltage level

用仪器测出的工作表面或产品表面的（正的或负的）静电电压电平。

3.6 测量仪器和测量条件

3.6.1 气溶胶光度计 aerosol photometer

利用前散射光室测量空气悬浮粒子质量浓度的光散射测量仪。

3.6.2 非等动力采样 anisokinetic sampling

采样管入口处采样平均风速与该位置的单向流的平均风速显著不同的采样状况。

3.6.3 撞击采样器 impact sampler

令空气或气体撞击固体表面来采集其所携粒子的装置。

注：每个后续的采集器表面接触的气溶胶流的飞行速度比前一个采集器表面快，由此可采集到比前个表面更小的粒子。

3.6.4 凝聚核计数器 condensation nucleus counter (CNC)

用凝聚方法使超微粒子增大并用光学计数法进行计数的仪器。

3.6.5 计数效率 counting efficiency

给定粒径范围内所读出的粒子浓度与实际粒子浓度之比。

3.6.6 差动迁移率分析仪 differential mobility analyzer (DMA)

根据粒子的电迁移率测量粒径分布的仪器。

3.6.7 扩散元件 diffusion battery element

多级粒径限制器的单个部件，运用扩散原理除去气溶胶气流中的较小粒子。

3.6.8 离散粒子计数器 discrete-particle counter (DPC)

具有显示和记录规定空气容积中离散粒子的数量和尺寸（有尺寸识别功能）的仪器。

3.6.9 虚计数、背景噪声、假计数 false count, background noise count, zero count

当没有粒子时，离散粒子计数器因内外无需电信号所产生的计数。

3.6.10 带流量计的风罩 flowhood with flowmeter

可将洁净室设施的终端过滤器或散流器完全罩住并直接测量其风量的装置。

3.6.11 同轴采样 iso-axial sampling

采样管入口气流的方向与所采单向流的流向相同的采样条件。

3.6.12 等动力采样 isokinetic sampling

采样管入口气流的平均风速与该位置上单向流的平均风速相等的采样条件。

3.6.13 粒径限制器 particle size cutoff device

连接在离散粒子计数器或凝聚核计数器采样口、可将小于要求的粒子去除的装置。

3.6.14 粒径阈值 threshold size

为测量大于或等于该粒径的粒子浓度而选定的最小粒径。

3.6.15 飞行时间粒径测量 time-of-flight particle size measurement

用粒子飞过两块固定平面之间的距离所需的时间测量其空气动力学直径。

注：根据粒子被诱导至与其速度不同的流场中产生速度漂移进行测量。

3.6.16 虚拟冲撞器 virtual impactor

使粒子用惯性力冲撞理论（虚拟）表面将不同粒径的粒子分开。

注：大粒子可穿过表面进入一停滞的空间，而小粒子碰到该表面时则随主气流偏转。

3.6.17 代测板 witness plate

当一特定表面无法接近或对搬运太敏感无法直接进行测量时、作为被测表面替代件的、有规定表面积的污染敏感材料。

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。

[ISO 14644-1:1999, 2.4.1]

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客户和建造商商定好的方式运行，但场内没有人员。

[ISO 14644-1:1999, 2.4.2]

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。

[ISO 14644-1:1999, 2.4.3]

4 检测方法

4.1 洁净室检测

4.1.1 规定的检测

对洁净室设施分级应按照 ISO 14644-1，检测空气悬浮粒子计数（见表 1），复检的时间间隔应按照 ISO 14644-2 中的规定。

表 1. 洁净室设施规定进行的检测

规定的检测	ISO14644-3:2005 的相应内容			提及处
	原理	方法	仪器	
洁净度分级悬浮粒子计数以及 洁净室和洁净空气装置检测	4.2.1	B.1	C.1	ISO 14644-1 与 ISO 14644-2

4.1.2 任选检测项目

表 2 中列出了适用于洁净室设施的其它检测项目。这些检测项目可适用于 3 种规定占用状态中的每一种。这些项目可能还不是包罗万象的，也不是要对全部给定验证项目进行检测。选取哪些检测项目及其检测方法，应由客户与建造商议定。这些选定的检测也可作为设施日常监测计划的组成部分重复实施（见 ISO 14644-2）。检测项目选择指南与检测目录见附件 A，检测方法概述见附件 B。

附件 B 中的检测方法只是概述。应制定具体的方法以满足特定的应用要求。

表 2. 洁净室设施检测选项

检测选项	ISO14644-3:2005 的相应内容			提及处
	原理	方法	仪器	
空气悬浮超微粒子计数	4.2.1	B.2	C.2	ISO 14644-1
空气悬浮大粒子计数	4.2.1	B.3	C.3	ISO 14644-1
压差	4.2.2	B.4	C.4	ISO 14644-1 和 ISO 14644-2
气流 ^a	4.2.3	B.5	C.5	ISO 14644-1 和 ISO 14644-2
过滤器安装后的检漏	4.2.4	B.6	C.6	ISO 14644-2
气流方向检测和目检	4.2.5	B.7	C.7	ISO 14644-2
温度	4.2.6	B.8	C.8	ISO 7726
湿度	4.2.6	B.9	C.9	ISO 7726
静电和电离子器检测	4.2.7	B.10	C.10	
粒子沉降	4.2.8	B.11	C.11	
自净时间	4.2.9	B.12	C.12	ISO 14644-2
隔离检漏	4.2.10	B.13	C.13	ISO 14644-1 和 ISO 14644-2

a. 这是 ISO 14644-2 规定的检测项目。这些检测项目不是按重要性排列的。检测项目的顺序可依据文件的具体要求或是由客户和建造商议定。

4.2 原理

4.2.1 空气悬浮粒子计数

这项检测旨在确定空气洁净度，它由下述 3 部分组成：

a) 分级检测（见 B.1）

b) 超微粒子检测（选项）（见 B.2）

c) 大粒子检测（选项）（见 B.3）

b) 项与 c) 项检测可作为说明性的或者规定一项具体要求的依据，但不能用于分级。

4.2.2 气流检测

进行这项检测是为了确定非单向流洁净室内的送风量以及单向流洁净室内的风速分布。一般是测风速或者是测风量。其结果只要求用一种方式表示：平均风速，平均风量或总风量。反过来又可以用总风量确定非单向流设施的换气量（每小时换气次数）。单向流洁净室则要确定风速。气流检测方法见 B.4。

4.2.3 压差检测

压差检测的目的是验证洁净室系统维持其设施与其周围环境间规定压差的能力。压差检测是在洁净室设施已满足风速或风量、送风均匀性及其他适用检测的验收标准后进行的。压差检测的详细说明见 B.5。

4.2.4 过滤器系统安装后检漏

这项检测旨在验证洁净室设施不存在旁路渗漏，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）与渗漏（过滤器框架和密封垫圈上的旁路渗漏，过滤器安装架处的渗漏），从而确认终端高效过滤器安装良好。这项检测不检查系统的效率。这项检测是这样进行的：在过滤器上风向引入检测气溶胶，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 气流方向检测和目检

这项检测的目的旨在确定气流方向或气流形式都符合设计和性能方面的技术要求。如果有要求，也可确定洁净室设施内气流在空间上的特性。检测方法见 B.7。

4.2.6 温度与湿度均匀性检测

这项检测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。这些检测的方法见 B.8 与 B.9。

4.2.7 静电和离子发生器检测

这些检测旨在评估物体上的静电电压、材料的静电耗散特性，在洁净室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。静电检测旨在评估工作表面和产品

表面的静电电压，地面、工作台顶部的静电耗散特性等。离子发生器检测旨在评估离子发生器消除表面静电的性能。检测方法见 B.10。

4.2.8 粒子沉降检测

粒子沉降检测旨在测量从各个方向沉降在表面上的粒子的数量（数量或质量）或效果（光散射或区域复盖）。B.11 给出了这项检测的一些方法。

4.2.9 自净时间

进行自净时间检测旨在测定洁净室设施短时间暴露于空气悬浮粒子源后，是否能够在有限的时间内恢复到规定的洁净度级别。对单向流设施不推荐这项检测。其检测方法见 B.12。

注：使用人工气溶胶时，应避免其残留物对洁净室设施的污染。

4.2.10 隔离检漏

这项检测旨在测定是否有未经过滤的空气通过接合部、缝隙、门道和加压天花板从洁净室或洁净区外侵入封闭的洁净室或洁净区。其检测方法见 B.13。

5 检测报告

每项检测结果应记录在检测报告中。检测报告应包含下述信息：

- a) 检测单位的名称与地址及检测日期；
- b) 本部分 ISO 14644 的编号与出版年代，即 ISO 14644-3:当前版的日期；
- c) 所测洁净室或洁净区实际地点的明确标识（必要时参照毗邻区域），及所有采样点的座标；
- d) 规定洁净室或洁净区适用的标准，包括 ISO 级别、相关的占用状态和所指定的粒径；
- e) 所采用的检测方法的详细说明，与检测有关的特殊条件或与规定检测方法的偏离，及检测仪器标识及其当前的校准证书；
- f) 检测结果，包括附件 B 的相关条款要求特别报告的数据，以及符合指定标准的说明；
- g) 与附件 B 的条款有关的、对特定检测规定的其他具体要求。

附件 A (资料)

各种检测项目的选择和实施顺序

A.1 概述

可以使用本部分 ISO 14644 所说明的检测方法，证明洁净室设施符合客户规定的性能标准，或用于定期检测。

在一定程度上可以根据洁净室设施的设计、运行状态、所要求的认证水平等因素选择检测项目。

应该由客户和建造商事先确定检测项目实施顺序，万一洁净室不符合要求，所付出的工作量是最少的。

A.2 检测目录

表 A.1 是检测目录与仪器目录。检测顺序的细节应由客户与建造商议定。

表 A.1 洁净设施检测项目和实施顺序 (建议)

选择检测项目和排序 ^a	检测项目	检测方法 参照条款	选择检测仪器 ^b	检测仪器	检测仪器 参照条款	备注
	空气悬浮粒子分级计数和测量	B.1		离散粒子计数器 (DPC)	C.1	
	空气悬浮微粒子计数	B.2		凝聚核计数器 (CNC)	C.2.1	
				离散粒子计数器 (DPC)	C.2.2	
				粒径限制器	C.2.3	
	空气悬浮大粒子计数	B.3			C.3	
	空气悬浮大粒子的采集与计数	B.3.3.2		显微镜观测采样滤纸	C.3.1	
				串级撞击器	C.3.2	
	空气悬浮大粒子计数 (无采集)	B.3.3.3		离散粒子计数器 (DPC)	C.3.3	
				飞行时间粒子测量仪	C.3.4	
	气流	B.4			C.4	
	单向流设施的风速测量	B.4.2.2 和 B.4.3		热风速计	C.4.1.1	
				超声波风速计 (3 维或相当 3 维)	C.4.1.2	
				叶片风速计	C.4.1.3	
	非单向流设施的送风风速测量	B.4.3.3		皮托管与压力计	C.4.1.4	
				热风速计	C.4.1.1	
				超声波风速计 (3 维或相当 3 维)	C.4.1.2	
				叶片风速计	C.4.1.3	
	过滤器下风向总风量	B.4.3.2		皮托管与压力计	C.4.1.4	
				风罩式风量计	C.4.2.1	
				孔板流速计	C.4.2.2	

	测量			文丘里流量计	C.4.21.3	
	送风管风量测量	B.4.2.5		风罩式风量计	C.4.2.1	
				孔板流速计	C.4.2.2	
				文丘里流量计	C.4.21.3	
				皮托管与压力计	C.4.1.4	
	压差测量	B.5		电子微压计	C.5.1	
				斜管压力计	C.5.2	
				机械式压差计	C.5.3	
	过滤器安装后检漏	B.6			C.6	
	过滤器系统安装后检漏扫描	B.6.2 和 B.6.3		线性气溶胶光度计	C.6.1.1	
				对数气溶胶光度计	C.6.1.2	
				离散粒子计数器(DPC)	C.6.2	
				气溶胶发生器	C.6.3	
				气溶胶源物质	C.6.4	
				稀释系统	C.6.5	
	安装在风管或空气处理机组上的过滤器之检测	B.6.4		凝聚核计数器	C.2.1	
				线性气溶胶光度计	C.6.1.1	
				对数气溶胶光度计	C.6.1.2	
				离散粒子计数器(DPC)	C.6.2	
				气溶胶发生器	C.6.3	
				气溶胶物质	C.6.4	
	气流方向和目检	B.7		稀释系统	C.6.5	
				凝聚核计数器	C.2.1	
				示踪剂	C.7.1	
				热风速计	C.7.2	
				3 维超声波风速计	C.7.3	
	温度	B.8		气溶胶发生器	C.7.4	
				烟雾发生器	C.7.4	
					C.8	
	普通温度	B.8.2.1		玻璃温度计	C.8.1	
				温度计	C.8.2	
				电阻温度计	C.8.3	
				热敏电阻	C.8.4	
	综合温度	B.8.2.2		玻璃温度计	C.8.1	
				温度计	C.8.2	
				电阻温度计	C.8.3	
				热敏电阻	C.8.4	
	湿度	B.9		湿度监测器(电容式)	C.9.1	
				湿度监测器(毛发式)	C.9.2	
				露点传感器	C.9.3	
				测湿计	C.9.4	
	静电与离子发生器	B.10			C.10	
	静电	B.10.2.1		静电压计	C.10.1	
				高阻欧姆计	C.10.2	
				充电板监测器	C.10.3	
	离子发生器	B.10.2.2		静电压计	C.10.1	
				高阻欧姆计	C.10.2	
				充电板监测器	C.10.3	
	粒子沉降	B.11		代测板		
				双目显微镜		
				粒子沉降光度计	C.11.1	
				表面粒子计数器	C.11.2	
	自净时间	B.12		粒子发生器	C.11.3	
				离散粒子计数器	C.12.1	
				气溶胶发生器	C.12.2	
	隔离检漏	B.13			C.12.3	
	离散粒子计数器法	B.13.2.1		稀释系统	C.12.3	
				离散粒子计数器(DPC)	C.13.1	

	(DPC)		气溶胶发生器	C.13.2	
			稀释系统	C.13.3	
	光度计法	B.13.2.2	光度计	C.13.4	
			气溶胶发生器	C.13.2	
a 检测人员可在第 1 列的格中按顺序为所选的检测项目编号。					
b 检测人员可在第 4 列按所选的检测方法选择检测仪器。					

附件 B (资料)

检测方法

B.1 空气悬浮粒子分级计数和测量

B.1.1 原理

这是粒径为 0.1 μm 至 5 μm 之间的空气悬浮粒子浓度测量方法的详细说明。测量可在空态、静态、动态任何一种状态下进行。按照 ISO 14644-1 验证洁净室设施的洁净度级别，或是按照 ISO 14644-2 进行的定期复检，均可采用这些检测方法。B.1 中采用的是 IEST-G-CC1001:1999 的方法。

B.1.2 检测方法

B.1.2.1 概述

采样点的数量，位置的选择，确定洁净区级别，所需数据的量均要符合 ISO 14644-1 要求。B.1 说明了在每个采样点进行空气采样的参考方法。其他适当的、精度相当、可提供相应数据的方法，可在客户和建造商一致同意下使用。如果没有就其他方法达成一致意见，或存在争议的情况下，应采用本附件中的参考方法。

注：在需要离散粒子计数器（DPC）检测洁净室的详细信息或需要离散式计数器标准的更多信息的场合，可使用标准方法。

B.1.2.2 空气悬浮粒子计数方法

在规定的采样位置放好离散粒子计数器采样管口，设定计数器流量并按照 ISO 14644-1 选择粒径阈值。应能在单向流区域以接近等动力方式采样选择采样管。采样管的风速与被采空气的风速之差不应超过 20%。如果做不到的话，应把采样管口对着气流的主方向；在采样风速不受控制或不可预测（如非单向流）的位置上，采样管口方向应该垂直向上。采样管口到离散粒子计数器传感器的连接管要尽量短。采样粒子大于等于 1 μm 时，连接管的长度和直径不应超过制造厂家的建议值。由于扩散造成的小粒子损失和由于沉降和撞击造成的大粒子损失说产生的采样误差不应大于 5%。

B.1.3 空气悬浮粒子计数仪

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、计径，其粒径辨别力应与待测洁净室设施的级别相适。该离散粒子计数器应能够对这些粒径范围内的粒子加以计数并进行显示或记录。该计数器应有有效的校准证书（见 C.1 的说明）。

B.1.4 检测报告

对洁净室设施分级或对其进行检测，应根据客户与建造商的一致意见，将下述的信息与数据及第 5 条的检测报告，记录在案：

- a) 离散粒子计数器的背景噪声计数；
- b) 测量类型：分级或监测；
- c) 洁净室设施的洁净度级别；
- d) 粒径范围和计数；
- e) 离散粒子计数器采样管口的采样流量与通过传感腔的空气流量；
- f) 采样位置；
- g) 分级采样规约或监测采样计划；
- h) 占用状态；
- i) 与测量有关的其它数据。

B.2 空气悬浮超微粒子计数

B.2.1 原理

B.2.1.1 概述

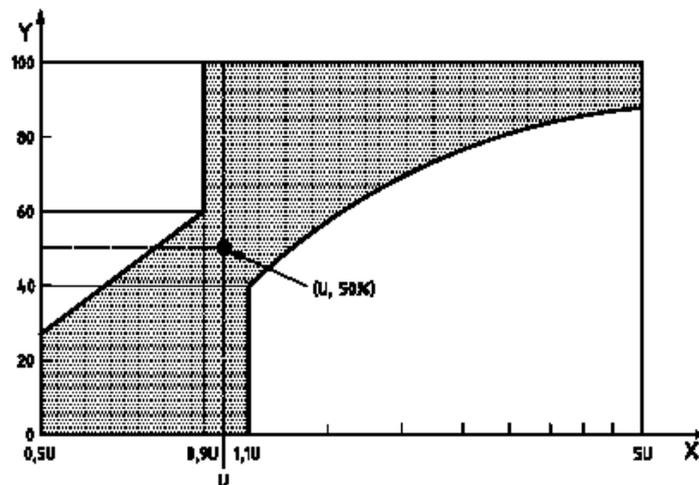
本方法对粒径阈值小于 $0.1 \mu\text{m}$ 的空气悬浮粒子浓度的检测做了详细规定；该浓度以 U 描述符表示。B.2 中给出的方法取自 IEST-G-CC1001:1999。该项测量可在洁净室或洁净区 3 种规定占用状态下中的任何一种实施。按照 ISO 14644-1:1999 附件 E 确定洁净室设施的超微粒子浓度，或是按照 ISO 14644-2:2000 进行的定期测量，应按本方法实施。

B.2.1.2 计数效率

测量 U 描述符所用系统的计数效率应处在图 B.1 的阴影之内。这个可接受性能区中心对应设定的超微粒径（显示为粒径“U”）粒子的计数效率为 50%。超微粒径容差 $\pm 10\%$ ，在图 B.1 中显示为粒径 $1.1U$ 和 $0.9U$ 。对粒径大于和小于 $\pm 10\%$ 粒径容差粒子的最小和最大可接受计数效率，其依据的是计算出的扩散元件的透过率。该扩散元件对粒径大于规定超微粒径 10%的粒子有至少 40%的透过率，对粒径小于规定超微粒径 10%的粒子有至少 60%的透过率。

如果离散粒子计数器（DPC）或凝聚核粒子计数器（CNC）的计数效率曲线处于图

B.1 阴影的右边，则不能用其测量或检验 U 描述符。如果其曲线处于阴影的左边，则可以用 B.2.1.2 中说明的粒径限制器使曲线改变减小其计数效率。在这种情况下，被修改了的离散粒子计数器或凝聚核粒子计数器的计数效率就成为未修改的计数器的计数效率与粒径限制器分数透过率的乘积。



图中： X: 粒径 (μm)
Y: 计数效率 (%)

	0.5U	0.9U	U	1.1U	5U
例: $U = 0.02$	0.010	0.018	0.02	0.022	0.1
例: $U = 0.03$	0.015	0.027	0.03	0.033	0.15
例: $U = 0.05$	0.025	0.045	0.05	0.055	0.25

图 B.1 所选仪器计数效率的可接受区

B.2.1.3 粒径限制器

为达到测量或验证 U 描述符所需的计数效率，可将离散粒子计数器（DPC）或凝聚核粒子计数器（其计数效率曲线处在图 B.1 阴影的左边）的采样管口安装一粒径限制器。修改计数器、采样管口与粒径限制器的联合计数效率曲线，使之处在图 B.1 要求的阴影内。

粒径限制器将小于规定粒径的粒子清除，以规定的、可再现的方式降低透过率。粒径限制器有各种各样的大小和配置，只要它们具有所要求得透过率即可接受。合适的粒径限制器配有扩散元件和虚拟撞击器。透过率是粒子物理特性、限制器构造和容积流量的函数。使用粒径限制器要小心：它们只能用于规定的流量，安装时要防静电累积。要保证粒径限制器良好地接地，以便使电荷累积达到最小。

B.2.2 超微粒子计数方法

架设好离散粒子计数器或凝聚核粒子计数器的采样管（入口）（需要时装好粒径限制器）。按照 ISO 14644-1 附件 B 或 ISO 14644-2 在每个采样点按规定的流量采样并进行重复测量。采样流量小、采样管长可引起超微粒子明显的散射损耗。散射造成超微粒子损耗所引起的采样误差不应超过 5%。根据客户和建造商的一致意见，计算出规定超微粒径范围内 U 描述符的浓度，并报出数据。如需要超微粒子浓度稳定性方面的信息，可按照客户和建造商的一致意见，以一定的时间间隔在选定的位置实施 3 次或更多的测量。

B.2.3 超微粒子计数仪器

使用 C.3 说明的离散粒子计数器（DPC）或 C.2 说明的凝聚核粒子计数器（CNC）。如果使用离散粒子计数器，它应具有 ISO 14644-1 附件 B 规定的、超微粒子 50% 的计数效率及至少 1 μm 的粒径分辨力。离散粒子计数器和凝聚核粒子计数器粒径阈值的计数效率应按图 B.1 作出规定。如使用的 DPC 或 CNC 的粒径探测尺寸可小于规定的粒径，则应使用 B.2.1.3 说明的、粒径穿透性能已知的粒径限制器。

B.2.4 检测报告

应根据客户和建造商的一致意见，按照本文件第 5 条中的说明，将洁净区设施测量的 U 描述符的下述信息与数据记录下来：

- a) 离散粒子计数器或凝聚核计数器及粒径限制器（如使用）名称及校准情况；
- b) 规定的 U 描述符超微粒径阈值；
- c) 如使用离散粒子计数器，其背景噪音计数；
- d) 所要求的粒径限制器的性能数据；
- e) 测量类型：U 描述符测量或监测；
- f) 洁净室设施的洁净度级别；
- g) 超微粒子测量系统进风口与传感器容积流量；
- h) 采样点位置；
- i) 确定分级的采样计划还是检测采样计划（按照规定）；
- j) 占用状态；
- k) 其它有关的测量数据。

B.3 空气悬浮大粒子计数

B.3.1 原理

这里说明的是粒径阈值大于 5 μm 的空气悬浮粒子（大粒子）的检测方法。B.3 中给出的方法选自 IEST-G-CC1001:1999。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进行这项检测。按照 ISO 14644-1:1999 附件 E 确定洁净区大粒子的浓度和按照 ISO 14644-2 进行定期测量应采用本办法。在采样过程中，应注意正确实施样本的获取和处理，以使大粒子的损耗最少。

B.3.2 样本处理上考虑的问题

当工作对象是大粒子时，样本的采集与处理要小心。其他文章中可找到等动力或非等动力采样及把粒子输送到测量点所用体系要求方面的完整论述。

B.3.3 大粒子测量方法

B.3.3.1 概述

大粒子测量一般有 2 个范畴。如使用不同的测量方法，可能无法比较结果。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) 用过滤或惯性法采集，用显微镜观测数量与粒径，或测量采集到的粒子质量；
 - 1) 由过滤器采集、显微镜观测 [B.3.3.2.1] 所报出的是商定粒径的大粒子；
 - 2) 由串级撞击器采集、显微镜观测 [B.3.3.2.2 a] 所报出的是显微镜操作者选择并报出的粒径的大粒子；
 - 3) 由串级撞击器采集、再做重量测量 [B.3.3.2.2 b]所报出的是空气动力学直径的大粒子。
- b) 使用飞行时间粒子计数或离散粒子计数器测量大粒子的浓度与粒径：
 - 1) 离散粒子计数器测量 [B.3.3.3.2] 并报出的大粒子，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] 报出的大粒子，其粒径依据的是空气动力学直径。

B.3.3.2 大粒子测量中的粒子采集

B.3.3.2.1 过滤器采集和显微镜观测

选择一个膜过滤器及支架，或一个组装好的气溶胶监测器；使用一个孔径为 2 μm 或以下的膜。在过滤器支架上贴上标签，以便识别支架的位置与洁净室设施。把出风口与可按照要求流量抽气的真空源相连，。如果在单向流区域采样测定大粒子浓度，应设定好流量，使过滤器架或气溶胶监测器入风口形成等动力采样。气溶胶监测器的入风口应对着单向流。

过滤器架或气溶胶发生器的入风口应面向上。对于 ISO 6 级（见 ISO 14644-1）或更洁净的洁净室，采样风量应不小于 0.28 m^3 。对于劣于 ISO 6 级的洁净室，采样风量应不低于 0.028 m^3 。

取下膜过滤器架上或气溶胶监测器上的盖子，将它们存放在一个洁净的处所。按照客户和建造商一致同意的条件，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，则泵的排风应送到洁净室以外，或使其通过一适当的过滤器。采样完毕后，把过滤器架上或气溶胶监测器上的盖子盖好。运送过滤器架时应该使过滤器膜始终保持水平位置，并且从采集样本到进行分析的过程中，过滤器架未受任何振动或冲击。对过滤器表面的粒子进行计数。

B.3.3.2.2 用串级撞击器采集并测量

如采用串级撞击器，采样气流喷射穿过一系列口径渐小的孔，大粒子直接沉降在最大孔径的孔下，较小的粒子则依次沉降在撞击器的各级上。采集大粒子可以使用两

种类型的串级撞击器。其中一种是粒子沉降在移动式平板的表面。平板可移开称重或用显微镜检查。这种撞击器采样流量一般为 $0.00047 \text{ m}^3/\text{s}$ 。另外一种为粒子沉降在压电石英微量天平质量传感器上，该传感器对撞击器各层级采集到的粒子加以称重。这种串级撞击器采样流量一般小得多。

- a) 用第一种串级撞击器进行测量前，先记录下每一级的初始皮重或计算出每级单位面积的粒子原数量。撞击器工作 10 分钟或更长时间，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。取下各级采集平板，记录下能够采集大粒子的各个层级上所积累的粒子的重量或数量。大粒子浓度的定义为：撞击器有关各级粒子总重或总量，被穿过撞击器的总气流量除。
- b) 第二种串级撞击器在采样时间里采集到粒子的质量数据。如把各级微量天平传感器设为可显示质量的变化，一般不需要在采样开始前测定皮重。该撞击器与前一个相同，各级可单独取出，用光学显微镜观测各个粒子，或用电子显微镜观测粒子成份。将采样流量调整为 $0.00039 \text{ m}^3/\text{s}$ ，采样时间根据洁净区的级别设为 10 分钟到几小时不等。把撞击器放在预先选好的采样点并启动之。采样期结束后，可把撞击器移至其他位置，并对采本进行测量。大粒子浓度定义为，在各有关层级上的粒子总重或总量被穿过撞击器的总气流量除。

B.3.3.3 无粒子采集的大粒子测量

B.3.3.3.1 概述

不从空气中采集粒子也可测量大粒子，即对悬浮在空气中的粒子进行光学测量。空气样本以一定的流量流过离散粒子计数器（DPC），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（DPC）测量

使用离散粒子计数器测量大粒子的方法与 B.1 中的空气悬浮粒子计数方法相同，但有个例外，即此时离散粒子计数器对探测 $1 \mu\text{m}$ 以下粒子的灵敏度没有要求，因为仅需大粒子的计数数据。要注意离散粒子计数器的样本是直接来自采样点的空气。接在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 $0.00047 \text{ m}^3/\text{s}$ 的采样流量，其采样管口的尺寸也应适合在单向流区进行等动力采样。在有非单向流的区域，离散粒子计数器的采样管口应垂直向上，采样管口直径不得少于 30 mm。

把离散粒子计数器的粒径范围设为仅探测大粒子。应记录下比 $5 \mu\text{m}$ （见 ISO 14644-1，表 1）低一级的粒径数据，以确保探测到的小于大粒子的粒子浓度不会高到可引起计数器的重复测量误差。当把这较小粒径范围的粒子浓度加到大粒子浓度

上时，它不应超过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 飞行时间粒径测量

大粒子的尺寸可以用飞行时间仪测量。将空气样本抽入仪器，通过喷嘴进入一部分真空区（测量区），气流因膨胀而加速。空气样本中的粒子被加速达到测量区内的风速，粒子的加速度与粒子的质量呈相反方向变化。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。知道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。飞行时间仪可测量 20 μm 粒子的空气动力学直径，粒径分辨率好于 10%。获取样本的方法与使用离散粒子计数器测量大粒子时相同。此外，其确定粒径范围的方法，也与离散粒子计数器相同。

B.3.4 大粒子计数方法

把所选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 个大粒子，并按照 ISO 14644-1 或 ISO 14644-2 的规定实施测量。按照客户和建造商的一致意见，在选择粒径范围内计算 M 描述符的浓度并报出数据。如果需要了解大粒子浓度的稳定性，则按照客户与建造商一致同意的时间间隔在选定的位置进行 3 次或更多测量。

B.3.5 检测报告

应按照客户和建造商的一致意见，记录第 5 条所说明的、对洁净室的分级或检测的下述信息和数据：

- a) 检测仪有响应的粒子参数的定义；
- b) 测量类型：分级、M 描述符检测、监测；
- c) 所用测量仪器和器具的标识和校验情况；
- d) 洁净室的洁净度级别；
- e) 大粒子粒径范围和该范围内的计数；
- f) 检测仪采样管口采样流量与传感器容积流量；
- g) 采样点位置；
- h) 分级采样的日程计划或检测采样计划书；
- i) 占用状态；
- j) 大粒子浓度的稳定性（如要求）；
- k) 其它与测量有关的数据。

B.4 气流检测

B.4.1 原理

本检测的目的是测量洁净室和洁净区内的风速均匀性及送风量。单向流洁净室或洁净区必须测量风速分布，而非单向流的洁净室和洁净区必须测量送风量。测量送风量是

要查明单位时间内送到洁净设施内的风量，该值可以用来测定单位时间内的换气次数。送风量或是在终端过滤器的下风向测量，或是在送风管中测量。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，即可计算出风量。应按客户和建造商的一致意见选择测量方法。该检测方法适用于3种占用状态中的任何一种。

B.4.2 单向流设施的检测方法

B.4.2.1 概述

可用单向流的风速来测定单向流洁净室的性能。可以在靠近终端送风过滤器表面的位置或是在室内测量风速。方法是规定出与送风气流成直角的测量平面，然后把其分成面积相等的方格单元。

B.4.2.2 送风速度

应该在距过滤器表面约 150 mm ~ 300 mm 的位置测量风速。测量点的数目应足以测定洁净室和洁净区内的送风量，并且应该为面积（m²）的 10 倍的平方根，但不得小于 4。每个过滤器出风口或 FFU 至少要有一个测量点。可以用幕帘来隔绝对单向气流的干扰。

各点的测量时间应该足够长以确保计数可再现。应该记录下多个位置上所测风速的时间平均值。

B.4.2.3 洁净室内风速的均匀性

应该在距过滤器表面约 150 mm ~ 300 mm 的位置测量风速的均匀性，方格单元的划分应该按客户和建造商议定的意见确定。

当生产装置和工作台安装好后，重要的一点是确认气流重大变化事件。因此，不应在靠近这些障碍物的地方测量风速的均匀性。

测得的数据可能无法显出洁净室或洁净区设施本身的特性。测定风速均匀性的数据，即风速分布数据，应该由客户和建造商协商确定。

各点上的测量时间应该足以确读数的再现性。

B.4.2.4 用过滤器面速测量送风量

可按 B.4.2.2 风速测量的结果计算总送风量：

$$Q = \sum(U_c \times A_c)$$

式中：Q 为总风量；

U_c 为各个单元中心处的风速；

A_c 为单元面积（定义为设施面积被测量点数目除）；

Σ 为单元数目总和。

B.4.2.5 风管中的送风量

风管中的送风量可以用孔板流量计、文丘里流量计和风速计等容积流量计测量。参见 ISO 5167-1 至 ISO 5167-4。

如果用皮托静压管和测压计或风速计（热式或叶片式）对矩形风管进行测量，则应把风管中的测量平面划分为面积相等的方格单元，然后在单元的中心处测量风速。方格单元的数目由客户和建造商议定，如 9 个或 16 个。应采用与 B.4.2.4 中相同的方法对风量进行评估。如是圆形风管，可以用 EN 12599 中说明的一般方法用皮托静压管测定风量。

B.4.3 非单向流设施的检测方法

B.4.3.1 概述

送风量和换气次数是最重要的参数。某些情况下，需要测量各个出风口的送风速度，以测定各个送风口的风量。

B.4.3.2 送风口处测量的送风量

由于送风口局部气流的扰动和喷射速度产生的效应，建议采用风罩捕集所有从终端过滤器或送风散流器流出的空气。可以用配有流量计的风罩，或是用风罩出风的风速乘以有效面积。风罩的开口位置应该能完全覆盖住过滤器或散流器，其表面应该靠在一个平坦的表面上，防止空气因旁流产生不精确的读数。如采用带流量计的风罩，则应该在风罩的排风端直接测量各个终端过滤器或送风散流器的风量。

B.4.3.3 按过滤器面速度计算的送风量

如果没有配备风罩，可以用各个终端过滤器下风向的风速计来评估送风量。用风速乘以出口面积来测定送风量。可用幕帘隔断对单向气流的干扰。

关于测量点的数目和送风量的计算，可分别参见 B.4.2.3 和 B.4.2.4。

如果无法把平面划分为等面积的方格单元，也可以采用面积加权的平均风速。

B.4.3.4 风管中的送风量

测定风管中的送风量与 B.4.2.5 的方法相同。

B.4.4 气流检测仪

仪器说明与测量技术条件见 C.4。风速测量可使用超声波风速计、热风速计，叶片风速计或类似的仪器。

风量测量可使用孔板流量计、文丘里流量计、皮托静压管和压力计或类似的仪器。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的影响。例如，划分的格子小、测量点更多，就可以使用热风速计。另外，也可以使用叶片流量计，如其有足够的灵敏度和大小，可在一定变动范围内测量“平均”风速。

所选择的仪器应有有效的校准证书。

B.4.5 检测报告

应根据客户和建造商的协议，记录下本文件第 5 条说明的下述信息和数据：

- a) 检测类型与检测条件；
- b) 仪器的名称与校准状况；

- c) 测量位置和距过滤器表面的公称距离;
- d) 占用状态;
- e) 其它有关的测量数据。

B.5 压差检测

B.5.1 原理

这项检测的目的是检测整个洁净室设施维持洁净室设施与其周围环境之间、洁净室设施内隔开空间之间规定压差的能力。这项检测适用于 3 种占用状态中的任一种, 并可以按 ISO 14644-2 的规定, 作为洁净室设施的常规监测计划的组成部分定期重复进行。

B.5.2 压差检测方法

在测量各个房间之间或房间与外部区域之间的压差前, 建议先确认送风量和洁净室设施的均衡性。

把所有的门关闭, 测量并记录下洁净室和周围辅助环境之间的压差。

如果洁净室设施内的洁净室不只一个, 应先测量最里面的房间及其最紧邻房间之间的压差。测量应该持续下去, 直至测量出最后一个密封区与周围辅助环境之间及室外环境之间的压差。

如果所测的压力非常小, 测量方法不对就很容易使读数有误。应该考虑下面两点:

- a) 建议安装永久性的测量点;
- b) 在靠近洁净室中间、远离对测量点局部压力有影响的送风口或回风口处做测量。

B.5.3 压差检测用仪器

仪器说明与测量技术条件见 C.5。可以使用电子微压计、斜管压力计或机械式压差计。仪器应有有效的校准证书。

B.5.4 检测报告

应根据客户与建造商的协议, 记录下本文件第 5 条中说明的下述信息和数据:

- a) 检测类型与检测条件;
- b) 仪器的名称与校准状况;
- c) 所考虑房间的洁净度级别;
- d) 测量点位置;
- e) 占用状态。

B.6 过滤器系统安装后检漏

警告 - 有些洁净室设施不容许进行气溶胶检测，因其对洁净室设施有粒子或分子的污染。有些检测用气溶胶在某些情况下会对安全有害。本部分 ISO 14644 不涉及任何与这些方法有关的安全问题。采用本部分 ISO 14644 之前，应由客户负责进行咨询并实施适当的安全规范、风险分析和法规。

B.6.1 原理

B.6.1.1 概述

此项检测的目的是确认过滤器系统安装良好并在使用过程中无渗漏发生。B.6 中给出的检测方法取自 IEST-RP-CC034.2。此项检测旨在证实洁净室设施没有影响洁净度的渗漏。进行这项检测时，从过滤器的上风向引入检测气溶胶，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。这项检测为全部过滤器设备的检漏，包括过滤器介质、框架、密封垫和支撑系统。过滤器系统安装后的检测不应与各个过滤器在制造厂家进行的效率检测相混淆。这项检测适用于空态或静态下的洁净室。当对新洁净室进行调试，或现有洁净室设施需进行再检测，或更换了终端过滤器后，应进行这项检测。

在 B.6.2 和 B.6.3 中说明了对安装在天花板、墙上或设备上的过滤器的两种检测方法，在 B.6.4 中则说明了安装在风管上的过滤器的检测方法。进行下面所述的检测，可以使用气溶胶光度计（B.6.2）或离散粒子计数器（DPC）（B.6.3）。这两种检测方法获得的结果不能进行直接比较。

B.6.1.2 使用气溶胶光度计

可使用气溶胶光度计法（B.6.2）做检测：

- a) 风管上安装有气溶胶注入口、检测气溶胶可达到规定的高浓度的洁净室。
- b) 装有最易穿透粒径（MPPS）的整体透过率等于或大于 0.003 % 的过滤器系统；
- c) 沉降在过滤器和管道上的油基挥发性检测气溶胶的释气对洁净室内的产品、工艺、人员无害的洁净室设施。

注：气溶胶光度计法在同级过滤器上形成的气溶胶浓度是离散粒子计数器（DPS）的 100 倍到 1000 倍。

B.6.1.3 使用离散粒子计数器（DPC）

DPC 法（B.6.3）更为敏感，对过滤器系统的污染比气溶胶光度计法小。它可以用来检测：

- a) 配备各种空气处理系统的洁净室；

- b) 其过滤器最易穿透粒径 (MPPS) 的透过率低到 0.000005 % 的系统;
- c) 过滤器和管道上沉降的油基挥发性检测气溶胶不允许有释气或建议采用固体气溶胶的设施。

B.6.2 使用气溶胶光度计对安装后的过滤器系统进行扫描检漏的方法

B.6.2.1 概述

准备步骤见 B.6.2.21 至 B.6.2.5, 检测方法本身见 B.6.2.6, 验收标准和修理工作见 B.6.2.7 和 B.6.6。

B.6.2.2 选择上风向检测气溶胶

应把人工生出的多分散气溶胶或大气气溶胶引入到上风向气流中, 使其达到要求的均质性和检测浓度。这种方法粒子的质量中径一般为 0.5 μm 至 0.7 μm, 其几何标准偏差为 1.7。

注: 有关气溶胶物质的指南见 C.6.4。

B.6.2.3 上风向检测气溶胶的浓度与验证

过滤器上风向检测气溶胶的浓度应在 10 mg/m³ 至 100 mg/m³ 之间。浓度低于 20 mg/m³ 会降低检漏的灵敏度。浓度高于 80 mg/m³, 长时间的检测会污染过滤器。

应采取适当的措施验证加入的气溶胶与送风混合均匀。对系统进行第一次检测时就应确定气溶胶混合充分。为进行这项验证, 应对所有的注入口和采样点做出规定并予以记录。

在紧靠过滤器上风向处测量上风向气溶胶浓度的变化不应超过平均测量值的 ± 15 %。浓度低于平均浓度会降低对小渗漏检测的灵敏度, 较高的浓度则会增加小渗漏的检测灵敏度。进行空气、气溶胶混合检测的更多细节, 应由客户和建造商达成一致, ASME N510-1989 和 IEST-RP-CC034.2: 1999 可能会有帮助。

B.6.2.4 确定采样管尺寸

计算采样管口尺寸应考虑测量仪器的样本流量及过滤器出口风速, 以使采样管口风速与过滤器出口的风速接近。采样管应为方形或直角形。应该认真考虑管口速度分布。

$$D_p = \frac{q_{va}}{U \times W_p}$$

其中: D_p 与扫描方向平行的采样管尺寸 (cm);

q_{va} 测量仪器的实际采样流量 (cm³/s);

U 过滤器出口风速 (cm/s);

W_p 与扫描方向垂直的采样管尺寸 (cm)。

注: 风速应该为:

$$(U + 20\%) \geq U_s \geq (U - 20\%)$$

也可表示为：

$$1.2 U \geq U_s \geq 0.8 U$$

式中： U 为过滤器出口处的气流速度；

$$U_s = \frac{q_{va}}{D_p \times W_p} \text{ 为采样管口的风速。}$$

B.6.2.5 确定扫描速率

采样管横向扫描率 S_r 应该约为 $15/W_p$ cm/s。例如，当使用 $3 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$ 方形采样管进行横断面扫描时， S_r 为 5 cm/s。

B.6.2.6 过滤器系统安装后的检漏扫描方法

本项检测是这样进行的：在过滤器的上风向引入规定的检测气溶胶，并使用光度计的采样管在过滤器的下风向一侧对过滤器、安装架扫描检漏，方法如下：

- a) 应该先进行风速检测 (B.4) 并合格后，再进行此检测。
- b) 应该先实施 B.6.2.3 所说明的过滤器上风向气溶胶检测，验明气溶胶浓度及其分布的均质性；
- c) 然后以不超过 B.6.2.5 中说明的扫描速率 S_r 横向移动采样管，采样管的行程要稍有重叠。采样管应该保持在距过滤器下风向表面或框架结构约 3 cm 的地方。
- d) 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之间的密封面，包括其结合部。
- e) 进行检漏扫描时及以后，应以适当的时间间隔对过滤器上风向的气溶胶进行重复测量，以确认检测气溶胶浓度的稳定性 (见 B.6.2.3)。

B.6.2.7 验收准则

若在扫描时，显示出渗漏等于或大于限值，这是存在规定渗漏的征象，则应把采样管停在渗漏处。在光度计上维持最大读数的采样管位置，应是渗漏位置所在。

当读数超过上风向检测气溶胶浓度的 10^{-4} (0.01%) 时，就认为有规定渗漏。其他验收标准可由客户和建造商议定。

注：过滤器的渗透率和/或光度计的反应时间如不同，可考虑用不同的约定渗漏准则，参见 IEST-RP-CC034.2。

B.6.3 过滤器安装后用离散粒子计数器 (DPC) 扫描检漏的方法

B.6.3.1 概述

过滤器的现场检漏方法采取两个步骤，使之既有精度也有速度：

- 1) 扫描过滤器洁净一侧，看是否有可能的渗漏 (潜在漏)。用 DPC 扫描时，检测计数多于样本采集时间 T_s 内的可接受观测计数 C_a ，表明存在有潜在的渗漏。这种情况下，应该采取第二步。如果没有渗漏，则不必做进一步检查。 C_a 和 T_s 的确定方法见 B.6.3.6。

- 2) 把采样管返回到各个有潜在渗漏处粒子计数最大的地方，停在那里进行再检测。DPC 固定不动状态下再测量的检测计数多于在驻留时间 T_r 内的可接受观测计数 C_a ，表明存在有渗漏。B.6.3.6 说明了如何确定 C_a 和 T_s 。

B.6.3.2 气溶胶条件

从上风向加入的人工多分散气溶胶或大气气溶胶应达到检测气溶胶必要浓度。

注：有关气溶胶物质的指南见 C.6.4。

应该符合的条件如下：

- a) 其计数中径 (CMD) 应该在 $0.1 \mu\text{m} \sim 0.5 \mu\text{m}$ 之间；
- b) DPC 的粒径阈值应该等于或低于该气溶胶平均粒径；
- c) 如果 DPC 粒径阈值和 $0.5 \mu\text{m}$ 之间的通道不只一个，应该选择下风向粒子读数最高的通道；
- d) 应该把等效平均粒径调节到接近于 DPC 最合适通道的中点粒径处。

B.6.3.3 上风向气溶胶的浓度与验证

为使实际扫描速率达到 B.6.3.5 的要求，过滤器上风向检测气溶胶应有足够高的浓度。在大多数情况下，必须向上风向气溶胶加入人工气溶胶，使气溶胶达到必要的检测浓度。可能需要一适当的稀释系统，使气溶胶浓度不至高出离散粒子计数器的浓度容差（重复误差）。应在每个稀释系统使用期的开始和结束时，验证所使用稀释系统的性能。

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，以顺序获得下风向计数来计算数据。低于平均值的浓度，会降低探测小渗漏的灵敏度，而较高的浓度可增加探测小渗漏的灵敏度。因此最好监测上风向的浓度。进行空气与气溶胶混合检测更多的细节，包括上风向样本采集的频度与采样点数量，应由客户与建造商议定。

B.6.3.4 确定采样管尺寸

参见 B.6.2.4。

B.6.3.5 过滤器系统安装后的扫描检漏方法

如果 B.6.3.3 和 B.6.3.6.4 已替代 B.6.2.3 和 B.6.2.5，则参见 B.6.2.6。

B.6.3.6 预备性计算和评估

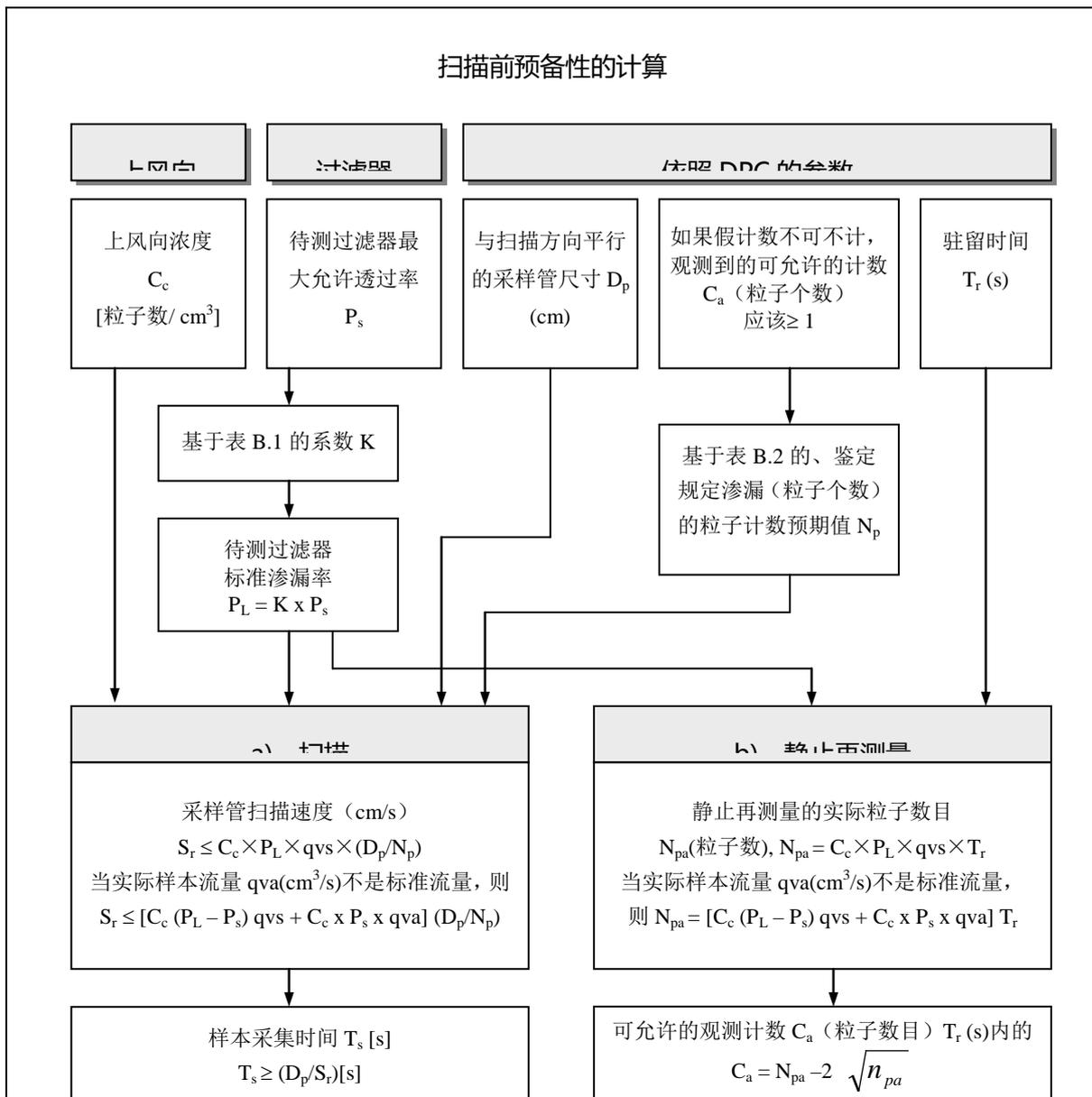
B.6.3.6.1 预备性计算和评估用符号和流程图

本节所用的符号如下：

- C_c 过滤器上风向检测用气溶胶浓度（粒子数量/ cm^3 ）；
 P_s 待测过滤器 MPPS（最易穿透粒径）的最大允许整体透过率；

- P_L 待测过滤器标准渗透率;
- K 表示 P_L 大于 P_s 多少的系数;
- q_{vs} 样本流量标准值, $q_{vs} = 472 \text{ cm}^3/\text{s}$ ($=28.3 \text{ l/min}$);
- q_{va} 离散粒子计数器实际样本流量 (cm^3/s);
- S_r 采样管扫描速率 (cm/s);
- D_p 采样管与扫描方向平行的尺寸 (cm);
- N_p 代表规定漏 (粒子数目) 的预期粒子数目;
- N_{pa} 代表规定漏 (粒子数目) 的实际计数;
- C_a 可允许的观测计数 (粒子数);
- T_s 样本采集时间 (s);
- T_r 驻留时间 (s)。

预备性计算和评估流程图见图 B.2。



检测和评估方法

- a) 用扫描法检测潜在的渗漏
如果短时间内 ($< T_s$ [s]) 增加了 2 个或 2 个以上的计数, 当 C_a (粒子数目) 选择为 1 时, 应该把采样管置于渗漏位置, 以静止方式进行再测量。
- b) 如果驻留时间静止再测量观测到的计数少于 C_a (粒子数目), 应认为该位置上无渗漏。
如果驻留时间的延长时段观测到的计数连续超过 C_a (粒子数目), 应认为有渗漏。

图 B.2 预计算和评估流程图

B.6.3.6.2 待测过滤器标准渗漏率 P_L

标准渗漏率 P_L 的定义为当采样探头处于渗漏上方静止不动时, DPC 用标准采样流量检测出的透过率。标准的样本流量 q_{vs} 规定为 $472 \text{ cm}^3/\text{s}$ ($=28.3 \text{ l/min}$)。

由客户和建造商议定或依据表 B.1 和公式 (B.3) 以 K 和 P_s 的函数选择 P_L 。

$$P_L = K \times P_s$$

表 B.1 P_s 的函数 K

最大允许透过率 P_s	$\leq 5 \times 10^{-4}$	$\leq 5 \times 10^{-5}$	$\leq 5 \times 10^{-6}$	$\leq 5 \times 10^{-7}$	$\leq 5 \times 10^{-8}$
系数 K	10	10	30	100	300

P_s 应定义为厂家规定的待测过滤器最大允许整体 MPPS 透过率。如果没有 MPPS 透过率, 可以用其规定的粒径下的额定透过率。

注: P_L 包括过滤器介质的正常透过率和渗漏。

在某些部位, 局部透过率可能大于整体透过率。

用手动扫描方法, 可以用 N_p 取代 C_a 。建议 N_p 大于或等于 2 且可不考虑 B.6.3.6.3。为与光度计法验收标准相关 (见 B.6.2), 整体透过率为 0.05% 和 0.005% 的过滤器最大允许透过率可以取为 0.01%。这种情况下, 气溶胶的平均粒径应约为 $0.8 (\pm 0.2) \mu\text{m}$ 。

B.6.3.6.3 预期的粒子计数 N_p 和验收标准 C_a

通过统计计算, 一个观测到的计数 C_a 给出置信度上限 N_p 。表 B.2 中给出了一些 C_a 和 N_p 的成对值。 N_p 值较小, 可以较快地扫描或用较低的上风向浓度。

- a) 如果假计数可不计, 应该选择 $C_a = 0$, $N_p = 3.7$ 这对值。
- b) 如果假计数不可不计, 应该选择 $C_a \geq 1$ 的值。

表 2. 泊松分布的 95%置信度上限间隔

观测到的 C_a	上限 N_p	观测到的 C_a	上限 N_p
0	3.7	6	13.1
1	5.6	7	14.4
2	7.2	8	15.8
3	8.8	9	17.1
4	10.2	10	18.4
5	11.7	11	19.7

如 N_p 大于 19.7,
 $C_a = N_p - 2\sqrt{N_p}$ (B.4)

B.6.3.6.4 扫描速率 S_r

探头的横向扫描速率 S_r 应该按下述公式确定：

$$S_r \geq C_c \times P_L \times q_{vs} \times \frac{D_p}{N_p} = C_c \times P_L \times 472 \times \frac{D_p}{N_p} \quad (\text{B.5})$$

S_r 不应高于 8 (cm/s)。

应该首先选择 S_r 和 C_a ，然后按公式(B.5)计算检测气溶胶浓度 C_c 。

B.6.3.6.5 驻留时间 T_r 及其 N_p 和 C_a

a) 当观测到有大于 C_a 的计数时，都应按驻留时间 T_r 固定不动进行再次检测。如果用的是商用 DPC，应该把 T_r 设在 DPC 间隔的 1 倍或几倍的固定间隔上。

b) 计算 T_r (s) 和 C_a (粒子) 的实际数 N_{pa} (粒子)

对应 T_r 达到规定渗漏的实际粒子计数的数目 N_{pa} 可按公式 (B.6) 得出。当 N_{pa} 的数目大时， C_a 可按公式 (B.7) 计算。

$$N_{pa} = C_c \times P_L \times q_{vs} \times T_r \quad (\text{B.6})$$

$$C_a = N_{pa} - 2\sqrt{N_{pa}} \quad (\text{B.7})$$

B.6.3.6.6 用扫描法检测潜在渗漏

a) 当观测计数 (粒子) 小于 C_a 时

如在等于或长于样本采集时间 T_s 内观测计数等于或小于 C_a ，就可确认没有渗漏。

如公式 (B.8) 中给出的，样本采集时间 T_s 应等于或长于采样管通过渗漏所用的时间：

$$T_s \geq \frac{D_p}{S_r} \quad (\text{B.8})$$

b) 当观测计数（粒子）大于 C_a 时

当观测计数（粒子）大于 C_a 时，都应按驻留时间，用采样管在渗漏位置探查。在手动扫描时，观察 DPC 的显示或音频输出就能检测出潜在的渗漏。为区分可允许的和不可允许的计数，过滤器上风向气溶胶浓度应作调整，使容许的粒子计数不超过 10 个。

DPC 的采样间隔时间应该足够长，以免受到各间隔之间复位时间的影响。

B.6.3.6.7 用静止方式再检漏

a) 观测计数小于 C_a （粒子）

T_s 内观测到等于或小于 C_a 的计数，即可确认无渗漏。

b) 观测计数大于 C_a （粒子）

如果观测计数大于 C_a ，应考虑以静止方式再测量。如果观测计数仍大于 C_a ，应认为过滤器有渗漏。

B.6.3.7 对非标准流量的修正

标准渗漏的透过率 P_L 是按标准样本流量定义的： $q_{vs} = 472 \text{ cm}^3/\text{s}$ （28.3 l/min）。与正常过滤器介质的粒子计数不同的是，渗漏的粒子计数与实际的样本流量 q_{va} （ cm^3/s ）无关。当采用非标准样本流量时，可以把公式改为：

$$S_r \leq [C_c(P_L - P_s)q_{vs} + C_c \times P_s \times q_{va}] \frac{D_p}{N_p} \quad (\text{B.9})$$

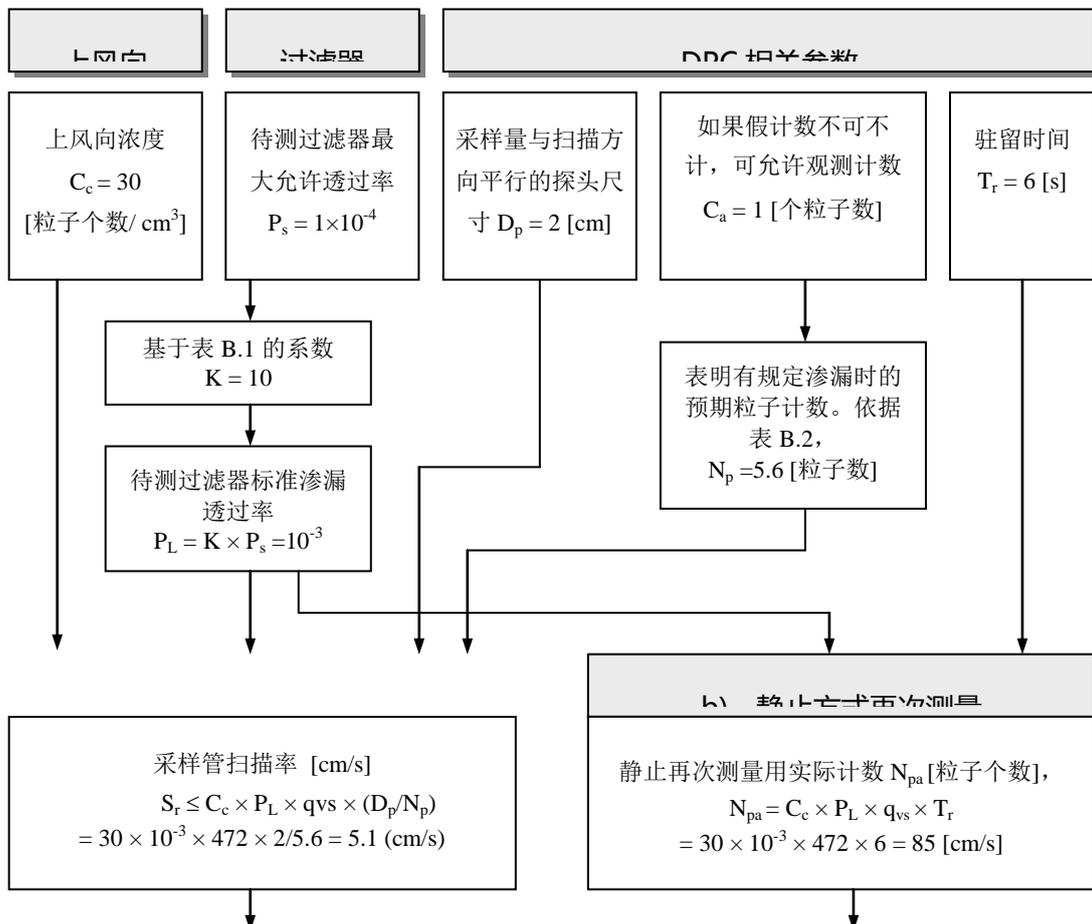
$$N_{pa} \geq [C_c(P_L - P_s)q_{vs} + C_c \times P_s \times q_{va}] T_r \quad (\text{B.10})$$

B.6.3.8 评估应用的实例

一个评估步骤的应用实例见图 B.3。

扫描前预备性计算

$$q_{va} = q_{vs} = 472 \text{ cm}^3/\text{s}$$



$$\begin{aligned} & \text{样本采集时间 } T_s [\text{s}] \\ T_s & \geq (D_p/S_r) = (2/5.1) = 0.4 [\text{s}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{可允许的观测计数 } C_a [\text{粒子个数}] \text{ 6 [s] 内} \\ C_a & = N_{pa} - 2\sqrt{n_{pa}} = 85 - 2\sqrt{85} = 67 [\text{粒子个数}] \end{aligned}$$

检测和评估方法

a) 用扫描法检测潜在的渗漏

如果短期内 (< 0.4[s]) 增加了 2 个或 2 个以上的计数, 应该把采样管置于渗漏位置, 以静止不动的方式进行再次测量。

如果计数没有增加, 应该认为扫描区内没有渗漏。

b) 以静止方式进行再次检漏

在驻留时间 $T_r = 6 [\text{s}]$, 如果观测到的计数少于 $C_a = 67$ (个粒子), 应该考虑该位置上没有渗漏。在驻留时间内, 如果观测到的计数持续超过 C_a , 应认为有渗漏。

图 B.3 评估方法流程图

B.6.4 安装在管道或空气处理机 (AHU) 上的过滤器的整体检漏

这个方法可用于安装在管道上的过滤器的整体渗漏的评估。该方法也可用于多级过滤器的整体渗漏的评估, 而无需对各级进行单独检测。对于处在洁净室设施中非单向流区域的终端过滤器, 也可以使用这些检测。这个方法比 B.6.2 和 B.6.3 中说明的检漏方法的灵敏度低得多。

进行这项检测时, 从过滤器的上风向引入检测气溶胶 (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透过率。

应在进行此项检测前, 应先进行初始风速检测 (B.4)。

应首先按照 B.6.2.3 (光度计法) 或 B.6.3.4 (DPC 法) 测量上风向气溶胶浓度, 以便验证其浓度和均质性。

气溶胶在过滤器的下风向均匀混合后, 在下风每个过滤器的方格单元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。该平面处在管道中, 在过滤器的下风向 30 cm 到 100 cm 处, 距管壁约 3 cm。

应以适当的时间间隔重复测量过滤器上风向粒子浓度, 以确认检测气溶胶源的稳定性 (见 B.6.2.3)。

应根据测量的浓度, 计算出下风向每个位置上的总透过率及测量仪器据以进行调整的粒径的总透过率。

透过率都不应高过过滤器最易透过粒径额定透过率的 5 倍。对光度计而言, 这个透过率不应超过 10^{-4} (0.01%)。客户与建造商的协议中可规定对过滤器效率检测、验收的其他标准。

可根据 B.6.6 或按照客户和建造商一致同意的方法，修补过滤器的渗漏。

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

B.6.5 过滤器系统安装后检漏所需仪器和材料。

B.6.5.1 至 B.6.5.4 中规定的仪器应该有有效的校准证书。

B.6.5.1 对数或线性函数气溶胶光度计（见 C.6.1）。

B.6.5.2 离散粒子计数器（DPC）（见 C.6.2）。采样流量要足够高并能够探测到与洁净室级别相关的粒径。离散粒子计数器与气溶胶光度计仅限于在背景计数或浓度小于鉴定为规定渗漏的 10% 的情况下使用。

B.6.5.3 合适的气动生成或热生成气溶胶发生器。可在适当的粒径范围内产生适当浓度的检测气溶胶（见 C.6.3）。

B.6.5.4 合适的气溶胶稀释系统。

B.6.5.5 合适的气溶胶物质（见 C.6.5）。

B.6.6 修理与修理方法

渗漏修补的可接受性，应只能由客户与建造商议定。确定修补方法应考虑仪器制造厂家或客户的意见。

选择修理用材，应考虑释气以及分子在产品与工艺上的沉降。

在过滤器、密封剂或安装架系统上探测到的渗漏，应予以修补。

可以使用客户和建造商一致同意的方法修补过滤器或安装架支撑结构。

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渗漏点重新进行扫描检漏。

B.6.7 检测报告

应根据客户与建造商的协定，将本文件第 5 条中说明的下述信息和数据记录在案。

- a) 检测方法：光度计或离散粒子计数器（DPC）；
- b) 所用每个测量仪器的型号及校准状况；
- c) 客户与建造商一致同意的特殊条件、与本方法背离之处或特殊方法；
- d) 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；
- e) 采样流量，如用离散粒子计数器测量，说明其粒径范围；
- f) 计算出的上风向气溶胶平均浓度与分布；
- g) 计算出的下风向测量验收标准；
- h) 每个清楚标识出的下风向过滤器、位置段或测量位置的测量结果；
- i) 每个规定位置最后的检测结果；
- j) 如果没有渗漏，则检测通过。如有渗漏，则报告渗漏位置、修补方法、在该位置复检的结果。

B.7 气流方向检测和目检

B.7.1 原理

气流方向检测和目测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符，如果有要求，还要与气流的空间和瞬间特性相符。

注：本部分 ISO 14644 对预测用或分析用计算机流体动力学 (CFD) 工具未予考虑。

B.7.2 方法

下述 4 种方法可以用于气流方向检测和目检：

- 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；
- d) 用速度分布测量进行气流目检的方法。

用 a) 和 b) 法，实际上是用纤细示踪线或微粒示踪物质来目检洁净室设施中的气流。用记录装置，如摄像机、化学胶片、磁盘或磁带记录下资料。示踪线或示踪微粒不应成为污染源，并能准确地跟随气流的流向。本方法中也可使用示踪粒子发生器和高强度光源等其它仪器。

c) 方法用于量化说明洁净室设施内气流速度的分布，它采用计算机示踪粒子图像处理技术。

应该注意不让操作者干扰勘查中的气流。

注：气流会受到如空气压差、气流速度和温度等参数的影响。

B.7.3 气流方向检测和目检方法

B.7.3.1 示踪线法

该检测是观察如丝线、单根尼龙细线、旗子或薄带子。把上述物品放置在支撑杆的端头或装在气流中细金属丝格栅的交叉点上，就可以直接观查出气流的方向和因干扰引起的波动。有效的照明有助于观察和记录显现的气流状况。测量两点之间（例如 2 m ~ 0.5 m）的气流偏移来计算偏移角。

B.7.3.2 示踪剂注入法

该检测是对高强度光源照亮的示踪粒子的特性进行观察或制成图像，作为洁净室设施内气流的方向性和均匀性的资料。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。要仔细选用适当的材料，以免污染表面。

选用液滴生成法时，要考虑小滴的粒径。小滴要大得图像处理技术能检测出来，但又不能过大而在运动过程中产生重力或其它效应，并偏离被观测的气流。

B.7.3.3 用图像处理技术进行气流目检法

用 B.7.3.2 的方法将记录在摄像机或胶片上的粒子图像资料经过处理后，即可用区域内二维气流速度矢量昭示气流的量化特性。该处理技术需用配有适当接口和软件的数字计算机。用激光光源等装置可以得到较大的空间分辨率。

B.7.3.4 通过测量速度分布进行气流目检的方法

可以在被勘查的洁净室设施内的几个规定的点上设置风速测量仪，如热风速计或超声风速计，以测定气流速度的分布。对测出的数据进行处理，就可得出气流分布的资料。

B.7.4 气流方向检测和目检用仪器

每种检测方法使用不同的气流方向检测、目检的仪器。C.7 中给出了每种检测方法适用的仪器。

B.7.5 检测报告

按照客户和建造商的协议，应该按本文件第 5 条的说明记录下述资料和数据：

- a) 检测类型、目检方法和检测条件；
- b) 所用测量仪器的型号及其校准状况；
- c) 目检点的位置；
- d) 如要求的话，采用图像处理技术或有速度分布测量时，记录在照片或录像带上的各次测量图像或原始数据；
- e) 气流目检报告应附有标明了所有仪器确切位置的平面图；
- f) 占用状态。

B.8 温度检测

B.8.1 原理

本检测的目的是证明洁净室设施的空气处理系统在客户和建造商议定的时间和控制限值范围内、在特定被测区域内保持空气温度的能力。B.8 中给出的检测方法部分取自 IEST-RP-CC006.3。这里介绍了两个档次的检测方法。第一个是 B.8.2.1 中的普通检测，适用于空态洁净室设施的初步检测。第二个是 B.8.2.2 中的综合检测，适用于静态或动态下的检测。第二个检测适于温度性能要求更为精确的区域。

B.8.2 方法

B.8.2.1 普通温度检测

本检测是在气流均匀性检测已完成、空调系统的控制装置调节完成后进行。该检测

应该在空调系统已经运转，状况已经稳定时进行。

各温控区至少要在一个测温位置。

各传感器应该放置在工作高度上的指定位置。

应待传感器有充分的时间稳定下来后，把各个位置上的温度读数记录下来。

所做测量应该适合于使用目的，测量时间至少 5 分钟，至少每分钟记录一个温度读数。

B.8.2.2 综合温度检测

建议在有严格的环境控制要求的区域进行这项检测。

该检测应该在空调系统已经至少运转 1 小时，状况已经稳定后进行。

应该把工作区划分成等面积的格子。各格子检测区应该由客户和建造商协议定。

检测点至少要有 2 个。

温度探测器应该设置在工作高度，距洁净室设施的天花板、墙和地面不少于 300 mm。

选择探测器的位置应该考虑热源的存在。

所进行的测量应该适合于应用的目的，测量时间至少 5 分钟，至少每分钟记录一个温度读数。

B.8.3 温度检测仪器

温度检测应该使用精度符合 ISO 7726 规定的传感器，例如，

- a) 温度计
- b) 电阻温度装置
- c) 热敏电阻器

仪器的最低测量分辨率要求为：设定温度点和允许的该点变化范围之差的 1/5。

仪器应该有有效的校准证书。

B.8.4 检测报告

应该按照客户和建造商的协议，按本文件第 5 条的说明记录下述资料和数据：

- a) 检测和测量的类型和条件；
- b) 所用测量仪器的型号及其校准状况；
- c) 测量点的位置；
- d) 占用状态。

B.9 湿度检测

B.9.1 原理

本检测的目的是证明洁净室设施的空气处理系统在客户和建造商商定的时间内和控制限值范围内、在特定被测区域内保持空气湿度（用相对湿度或露点表示）的能力。

B.9 中给出的检测方法取自 IEST-RP-CC006.3。

B.9.2 湿度检测方法

本检测是在气流均匀性检测完成后、空调系统的控制装置调节完成后进行。
本检测应该在空调系统已经完全运转，并已达到稳定状态时进行。
每个湿度控制区至少要有有一个位置设置湿度传感器，并且有充分的时间让传感器稳定下来。
传感器稳定之后所进行的测量应该适合于使用目的，测量时间至少为 5 分钟。
检测点、频度、间隔和数据的记录时间应由客户和建造商议定。
湿度检测应该与温度检测一起进行。

B.9.3 湿度检测仪器

湿度检测应该使用精度符合 ISO 7726 规定的传感器。

标准的传感器有：

- a) 介电薄膜电容传感器；
- b) 露点传感器；
- c) 测湿计。

仪器的测量分辨率要求最低为设定湿度点和该点允许的变化范围之差的 1/5。仪器应该有有效的校准证书。

B.9.4 检测报告

应该按照客户和建造商的协议，按本文件第 5 条的说明记录下述资料和数据：

- a) 检测和测量的类型和条件；
- b) 所用测量仪器的型号及其校准状况；
- c) 测量点的位置；
- d) 占用状态。

B.10 静电和电离器检测

B.10.1 原理

本检测由两部分组成。一个是静电检测，另一个是电离器检测。静电检测的目的是计算工作表面和产品表面上的静电电压水平和地面、工作台面或其它洁净室设施部件的静电电压的耗散率。测量表面电阻和表面的泄漏电阻就可评估静电耗散特性。后者的目的是测量有初始电荷的监测器的放电时间和测定绝缘监测板的补偿电压来评估电离器的性能。每个测量结果都能说明静电电荷的耗散（或中和）效率和正、负离子数量的不稳定性。

B.10.2 静电和电离器检测方法

B.10.2.1 静电检测方法

B.10.2.1.1 表面电压电平的测量

用静电电压计或场强计测量工作表面和产品表面的正负静电电荷的状况。

让探头面向接地的金属板，并把静电电压计或场强计的输出调节到 0。探头的传感

孔应掌握在与金属板平行的位置上，两者距离按厂家说明书的规定。调零用金属板的表面积要足够大以符合传感孔的尺寸要求并使探头至表面有合适的间距。

记录下静电电压计的读数。测量表面电压时，手持探头靠近待测物体表面。把持探头的方式应与进行零调整时相同。为了进行有效测量，相对于探头传感孔的尺寸和探头与表面的间距，物体应有足够大的表面积。

记录下静电电压计的读数。

应该由客户和建造商协商选择测量点或测量物体。

B.10.2.1.2 静电耗散特性的测量

通过测量表面电阻（表面不同位置之间的电阻）和漏电阻（表面和地面之间的电阻）来评估静电耗散特性。可用高电阻计进行这些测量。

用重量和尺寸适当的电极测量表面电阻和漏电阻。测量表面电阻时，这些电极应与表面保持正确的距离。

检测条件的具体细节应该由客户和建造商议定。

B.10.2.2 电离器检测方法

B.10.2.2.1 概述

本检测的目的是评估双极电离器的性能，包括放电时间和补偿电压的测量。测量放电时间是为了计算电离器消除静电荷的效率，测量补偿电压是为了评估电离器生成的离子流中正负离子的不平衡性。离子的不平衡会造成不良的残余电压。这些测量使用导电监测板、静电电压计和计时器及电源（有时把上述部分构成的仪器叫作充电板监测器）。

B.10.2.2.2 放电时间的测量

用具有已知电容（如 20 pF）的监测板（绝缘的导电板）进行测量。开始时，用电源向监测板充电，达到已知的正或负的电压。

把板置于待评估的双极电离器的电离气流中，测量板上静电荷的变化。应该用静电电压计和计时器测量板上电压随时间产生的变化。

放电时间的定义是，板上静电荷减少到初始电压的 10% 时所需时间。

正或负电压的充电板都应该测量放电时间。

检测点的位置和验收标准结果应该由客户和建造商议定。

B.10.2.2.3 补偿电压的测量

用安装在绝缘体上的充电板监测器测量补偿电压。

用静电电压计监测绝缘板上的电荷。

开始时板应接地，以消除残余电压，应该确认板上的电压为 0。

把板暴露于电离的气流中，直到电压计的读数稳定，此时测量补偿电压。

电离器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

电压应该由客户和建造商议定。

B.10.3 静电和电离器检测仪

- a) 静电压计或静电场强计，在静电检测中测量表面静电压电平。
- b) 在静电检测中用高电阻欧姆计测量静电耗散特性。
- c) 用静电压计或静电场强计及导电监测板或充电板监测器检测电离器。

上述仪器的说明见 C.11。仪器都应具备有效的校准证书。

B.10.4 检测报告

应该按照客户和建造商的协议，按本文件第 5 条的说明记录下述资料和数据：

- a) 检测和测量的类型和条件；
- b) 所用测量仪器的型号及其校准状况；
- c) 温度、湿度和环境数据；
- d) 测量点的位置；
- e) 占用状态；
- f) 与测量有关的其它数据。

B.11 粒子沉降检测

B.11.1 原理

本项检测说明的是，测定洁净室设施空气中沉降或可能沉降在产品上或工作表面上的粒子的粒径和数目的方法和仪器。用表面特性类似于所关注的有风险表面的代测板采集沉降的粒子，用光学显微镜、电子显微镜或表面扫描仪器确定粒径并计数。可以用粒子沉降光度计获得粒子沉降率的数据。应该以单位时间内的粒子质量或数量报告粒子沉降数据。

B.11.2 粒子沉降检测方法

B.11.2.1 代测板上粒子的采集

代测板应该放置在与风险表面同一个平面上。代测板的电势应该与检测表面相同。操作代测板时应该遵循下述程序和方法：

- a) 验证洁净室的各个系统功能正常，符合运行要求。
- b) 各代测板要单独做出标识，并按要求进行清洁把表面粒子浓度减少到最低程度。测定每个代测板上粒子的背景浓度。
- c) 保持 10% 的代测板作对比用。这些板的处置方式要与检测用代测板完全相同，但是不予暴露。
- d) 把所有的代测板运到检测位置上。运送时要防止空气悬浮粒子污染板的表面。
- e) 让代测板暴露，暴露时间可达 48 小时，依洁净室的类型、运行方式和使用的粒子计数装置而定。必要时要对暴露时间进行调整，以便在代测板上得到足够的沉降粒子，提供统计上有效的数据，满足客户的要求。

- f) 将暴露的代测板盖上并收集起来，将其存放在密封的容器中以防受到更多污染。

B.11.2.2 粒子采集的计数和计径

对采集在代测板上的粒子进行计数和计径，得到可以再现的数据，用于被测区域洁净度的分类。

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尺寸相关。如果用表面扫描仪，可以用厂家提供的粒径校准资料。代测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）。可以按参考文献的说明进行外推。

- a) 对所有代测板（包括对照板）上的粒子进行计数和计径。计算所有代测板总面积上的粒子，并将其按粒子直径以适当的粒径范围分类。

- b) 测定每个代测板上表面沉降粒子的浓度：

$$D = \frac{(N_t - N_b)}{A_w} \quad (\text{B.11})$$

式中： D 表面沉降粒子的浓度；

N_t 表面粒子总浓度；

N_b 清洁代测板表面后、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；

A_w 代测板面积 cm^2 。

- c) 获得对照代测板 D 的平均值。
- d) 从代测板浓度平均值中减去对照代测板浓度平均值，测定每个代测板表面浓度的净增长。用代测板的暴露时间除净浓度。得出的计算结果是用沉降的粒子个数/ cm^2 /单位时间表示的粒子沉降量（PDR）。
- e) 记录下 PDR 的均值和标准偏差。

B.11.3 粒子沉降检测仪

B.11.3.1 代测板材料

依据要检测的粒径、测量的手段，可以采用下述各种材料：

- a) 微孔薄膜过滤器
- b) 双面胶带
- c) 培养皿

- d) 含有对比色（黑色）聚合物（如聚酯树脂）的培养皿
- e) 照相胶片（薄片）
- f) 显微镜片（普通片或带汽化金属膜涂层）
- g) 玻璃或金属镜片
- h) 半导体晶片坯料
- I) 玻璃光掩膜基片

代测板的表面光滑度应与待测粒子的粒径相适，保证粒子易于看到。采用的测量手段应该能分辨并测量最小的粒径。

B.11.3.2 其它仪器

可采用各种仪器为沉降在代测板表面上的粒子计数和计径。可依关注粒径分为 4 种：

- a) 光学显微镜（粒径大于或等于 2 μm ）；
- b) 电子显微镜（粒径大于或等于 0.02 μm ）；
- c) 表面分析扫描仪（粒径大于或等于 0.1 μm ）；
- d) 粒子沉降光度计（达覆盖表面积的 1%）。

选择仪器时，应该考虑相应粒径范围内的粒子探测。需要考虑的其它因素有采集和分析样本需要的时间，确定方法特性需要的时间。所用的仪器应该有有效的标准证书。

B.11.4 检测报告

应该按照客户和建造商的协议，按本文件第 5 条的说明记录下述资料和数据：

- a) 检测和测量的类型和条件；
- b) 所用测量仪器的型号及其校准状况；
- c) 测量点的位置；
- d) 占用状态。

B.12 自净检测

B.12.1 原理

本检测是用来确定洁净室设施清除空气悬浮粒子的能力。产生粒子的事件发生后，洁净度的自净性能是洁净室设施最重要的能力之一。本检测仅仅对非单向流系统重要并

建议采用，因为自净性能是受控区内空气循环量、入风口及出风口气流几何图形、热状况和空气分布特性的函数。然而，在单向流系统中，受控气流会使污染排出，并且自净时间是位置和距离的函数。本检测应该在洁净室设施处于空态或静态时进行。

建议 ISO 8 级和 9 级不进行此项检测。

如使用人造气溶胶，应该防止对洁净室设施的残留污染。

B.12.2 自净性能

用 100:1 的自净时间或洁净度自净率来评估自净性能。100:1 自净时间的定义是将初始粒子浓度降低 100 倍所需要的时间。洁净度自净率的定义是，通过时间改变粒子浓度的速率。用相同的粒子浓度衰减曲线能够预测出上述两项结果。

测量应该在这样的时间范围内进行，即粒子浓度用单一指数表述，该指数在半对数图（纵坐标上的浓度按对数刻度，横坐标上的时间值按线性刻度）上以直线标出。另外，检测浓度不应过高而引起重合损耗，也不应过低而引起计数偏差。

注：用实验评估 100:1 自净时间是首选测量方法。

B.12.3 自净检测方法

B.12.3.1 用 100:1-自净时间进行评估

若能够把初始粒子浓度设置到洁净度目标级别的 100 倍或更高时，可直接测量 100:1-自净时间。

应该小心避免重合误差和可能对 DPC 光学器件的污染。检测前，要计算出 100:1 自净时间检测所需浓度。如果浓度超过了 DPC 的最大能力以至发生重合，可用稀释系统降低浓度，避免重合，或用自净率检测（B.12.3.2）取代 100:1 自净时间检测。

- a) 按照厂家的说明和校准证书设置计数器。
- b) 把 DPC 的采样管置于检测点处，测量点和测量次数应由客户和建造商议定。DPC 的采样管不应直接置于空气出口下方。
- c) 把单个样本量调整到与测定洁净度级别相同的值。计数器从每次计数开始到输出记录的时间延迟应该调整到不超过 10 s。
- d) 本检测中用的粒径不应小于 1 μm 。建议 DPC 用的粒径通道与气溶胶最大浓度相应。
- e) 应该在空气处理设备运行时用气溶胶将待检验的洁净室区域污染。
- f) 把粒子的初始浓度提高到洁净度目标级别的 100 倍或更高。
- g) 每隔 1 分钟开始一次测量。注意粒子浓度达到 $100 \times$ 目标浓度阈值时的时间 (t_{100n})。
- h) 注意粒子浓度达到洁净度目标级别的时间(t_n)。
- i) 100:1 的自净时间用 $t_{0.01} = (t_n - t_{100n})$ 表示。

B.12.3.2 用自净率评估

可按要求的洁净度级别（见 ISO 14644-1）的粒子浓度衰减曲线的斜率，来确定自净性能，测定方法如下：

- a) 在直角坐标图上绘出下降的粒子浓度，横坐标表示时间，在纵坐标上的对数刻度表示浓度值；
- b) 从斜线的斜率值得出洁净度的自净率。

用下述公式计算两次连续测量之间的自净率：

$$n = -2.3 \times \frac{1}{t_1} \log_{10} \left(\frac{C_1}{C_0} \right) \quad (\text{B.12})$$

式中：

- n 为洁净度自净率；
 - t_1 为第一次和第二次测量的时间间隔；
 - C_0 为初始浓度；
 - C_1 为 t_1 时间后的浓度
- $$= C_0 \exp(-n t_1)$$

每次测量平均得到 5 ~ 10 个自净率值。

自净率和 100: 1 的自净时间的关系可用如下公式表示：

$$n = -2.3 \times \frac{1}{t_{0.01}} \log_{10} \left(\frac{1}{100} \right) = -2.3 \times \frac{1}{t_{0.01}} (-2) = 4.6 \times \frac{1}{t_{0.01}} \quad (\text{B.13})$$

B.12.4 自净率检测仪和测量点

下面列出的检测仪器应该有有效的校准证书。

测量点的数目应该由客户和建造商议定。

- B.12.4.1 气溶胶发生器和人工生成气溶胶，特性与 B.6 中描述的相同。
- B.12.4.2 离散粒子计数器（DPC），效率按 C.1 和 C.6 中的效率。
- B.12.4.3 稀释系统（根据需要），如 C.12.3 所述。
- B.12.5 检测报告

应该按照客户和建造商的协议，按本文件第 5 条的说明记录下述资料和数据：

- a) 所用测量仪器的型号及其校准状况；
- b) 测量点的数目和位置；
- c) 占用状态。

B.13 隔离检漏

B.13.1 原理

本检测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，并检查加压的天花板系统有无渗漏。

B.13.2 隔离检漏方法

B.13.2.1 离散粒子计数器（DPC）法

测量洁净室密封体外部紧邻被评估的表面或门道粒子浓度。该浓度在所测粒径上应该比洁净室的浓度大出一个 10^3 的系数，并至少等于 3.5×10^6 个粒子/ m^3 。如果浓度小于该值，生成气溶胶提高浓度。

检查施工接合处、裂缝或服务性管道的渗漏情况，要在洁净室内、距待测接合处、密封处或配合表面 5 cm 以下的距离上、以约 5 cm/s 的速度扫描密封体内部。

检查敞开的门道处的渗漏情况，建议采用气流目检法。

记录并报告所有比测得的外部适当粒径的气溶胶浓度超过 10^{-2} 倍的读数。

注：本项测量的测点数目和位置由客户和建造商议定。

B.13.2.2 光度计法

按 B.6.2.2 在洁净室或装置外生成浓度高到可使设定在 0.1% 档上的光度计超过满刻度的气溶胶。

在 0.1% 档上光度计的读数超过 0.01% 就表明有渗漏。

检查施工接合处、裂缝或缝隙的渗漏情况，要在密封体内部距待测接合处或密封表面 5 cm 以下的距离上、以约 5 cm/s 的速度进行扫描。

检查敞开的门道处的渗漏情况，在距离敞开的门 0.3 m ~ 1 m 的距离上测量密封体内部的浓度。

记录并报告所有超过 0.01% 光度计刻度的读数。

B.13.3 隔离检漏仪器

下述仪器应该有有效的校准证书。

B.13.3.1 如 B.6.5 中所述的人工气溶胶源

B.13.3.2 C.1 中规定的**离散粒子计数器**（DPC），或 C.6.1 中所述的**光度计**，具有识别等于或小于 0.5 μm 的粒子的能力。

B.13.4 检测报告

应该按照客户和建造商的协议，按本文件第 5 条的说明记录下述资料和数据：

- a) 所用测量仪器的型号及其校准状况；
- b) 数据采集方法；
- c) 测量点的位置；
- d) 占用状态。

附件 C

（资料）

检测仪器

对本部分 ISO 14644 建议做的检测应该使用的仪器，本附件中做了说明。

本附件的表 C.1 ~ C.29 中给出的数据是各项仪器必备的最低要求。表中列出的各个项目及其编号与附件 B 相对应，如编号为 C.1 的仪器对应于 B.1 中给出的检测方法。负责制定检测计划的人可参照附件 C 选择检测仪器，洁净室设施检测项目及检测顺序则可参照附件 A 的建议。测量仪器应该依客户和建造商协商选择。

本附件是作为资料提供的，如有的话也可采用更好的仪器。可能还有其他合适的仪器，客户和建造商可协商选用。

C.1 空气悬浮粒子计数

C.1.1 光散射离散粒子计数器 DPC，能够对单个空气悬浮粒子计数和计径，并以当量光学直径表示粒径数据。

表 C.1 中给出了光散射离散粒子计数器的技术要求。

表 C.1 光散射离散粒子计数器测量技术要求

项目	技术要求
灵敏度（分辨率） ^a	可在 0.1 μm ~5 μm 间选择，粒径分辨率≤ 10 %
测量不确定性	在粒径设定值的浓度误差为± 20 %
校准间隔时间	最长 12 个月或规定的性能检定时
计数效率	最低粒径阈值时为（50±20）%，等于或大于最低粒径阈值 1.5 倍时为（100±10）%
低浓度范围	与实际预期的最低计数量相比，假计数量是微不足道的。低计数量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级别浓度 2 倍，并且不超过厂家建议最大浓度的 75 %。
a 粒径分辨率大于 10%的仪器的粒子计数结果，可以有达 1 个数量级的变化。	

C.2 超微粒子计数

C.2.1 凝聚核粒子计数器（CNC）是对被采粒核上凝聚过饱和蒸汽所生成的所有液滴进行计数的仪器。它对大于或等于 CNC 最低粒径灵敏度的那些粒子进行浓度累计。

表 C.2 凝聚核粒子计数器技术要求

项目	技术要求
测量限值（范围）	浓度达 $3.5 \times 10^9 / m^3$
灵敏度	依具体应用情况而定，如 0.02 μm
测量不确定性	最低阈粒径的± 20 %
稳定性	可能受环境气体种类影响
校准间隔时间	最长 12 个月
低浓度范围	与实际预期的最低计数量相比，虚计数量是微不足道的。
注：计数效率见图 B.1。	

C.2.2 离散粒子计数器（DPC），能够对包括超微粒子在内的单个空气悬浮粒子计数和粒径。离散粒子计数器的技术要求见表 C.3。

表 C.3 DPC 技术要求

项目	技术要求
测量限值（范围）	浓度达 $3.5 \times 10^7 / m^3$
灵敏度（分辨率）	小于 0.1 μm，粒径分辨率≤ 10 %
测量不确定性	设定粒径值的浓度误差为± 20 %
校准间隔时间	最长 12 个月

计数效率	最低粒径阈值时为 (50±20) %，等于或大于最低粒径阈值 1.5 倍时为 (100±10) %
注：计数效率见图 B.1。	

C.2.3 粒径限制器为空气样本输送部件，位于超微粒子计数装置的进气口处，可清除小于规定粒径的粒子。扩散元件和虚拟冲撞器就是这样的装置。

粒径限制器的技术要求见表 C.4。

表 C.4 粒径限制器技术要求

项目	技术要求
测量不确定性	清除掉 (50±10%) 规定粒径的粒子
校准间隔时间	随装置类型而异，一般 12 个月
采样流量	经过粒径限制器的流量应该恒定 (±10%)，等于或大于计数装置的流量

C.3 大粒子计数

C.3.1 用显微镜观测过滤纸上采集的粒子，见 ASTM F312。

C.3.2 串级撞击器，样本以恒速流经一系列尺寸渐小的孔的粒子采集系统（小孔面向采集表面）。流体每通过一级孔式采集器，其速度即有所提高，较小的粒子就被采集起来并称重或计数。

串级撞击器的技术要求见表 C.5。

表 C.5 串级撞击器技术要求

项目	技术要求
测量限值（范围）	规定的采样流量
灵敏度（分辨率）	低压下可以采集亚微米粒子
精确度	各级“截留”的精确度≥90%
线性度	高过与低于粒径粒子的大量沉降
稳定性	50%的截留粒径（取决于样本流量）
反应时间	几分钟到几天，依样本测量方法而异
校准间隔时间	最长 12 个月

C.3.3 离散大粒子计数器是能够对单个空气悬浮大粒子计数和计径（需要时）的仪器。

离散大粒子计数器的技术要求见表 C.6

表 C.6 离散大粒子计数器技术要求

项目	技术要求
测量限值（范围）	粒子浓度达 $1.0 \times 10^6/\text{m}^3$
灵敏度（分辨率）	$5 \mu\text{m} \sim 80 \mu\text{m}$ ，分辨率 20 %
测量不确定性	粒径误差为 $\pm 5\%$ 的校准设定值
线性度	随粒子的成份或形状而异
校准间隔时间	最长 12 个月
计数效率	最低粒径阈值时为 $(50 \pm 20)\%$ ，等于或大于最低粒径阈值 1.5 倍时为 $(100 \pm 10)\%$ 。

C.3.4 飞行时间粒子计径仪，对离散粒子计数和计径的仪器，通过测量粒子适应空气速度变化的时间来确定粒子的空气动力学直径。通常是在流体的速度发生变化时用光学方法测量粒子飞行变换时间。

飞行时间粒子计径仪的技术要求见表 C.7。

表 C.7 飞行时间粒子计径仪技术要求

项目	技术要求
测量限值（范围）	粒子浓度达 $1.0 \times 10^7/\text{m}^3$
灵敏度（分辨率）	$0.5 \mu\text{m} \sim 20 \mu\text{m}$ ，分辨率 10 %
测量不确定性	$\pm 5\%$ 的粒径校准设定值
校准间隔时间	最长 12 个月
计数效率	最低粒径阈值时为 $(50 \pm 20)\%$ ，等于或大于最低粒径阈值 1.5 倍时为 $(100 \pm 10)\%$ 。

C.3.5 压电平衡冲撞器为粒子采集系统，其采集的样本以恒速流经一系列尺寸渐小的孔，小孔面向配备有压电石英微天平质量传感器的采集表面。该传感器在采样期间为每个采集级中采集的粒子称重。

压电天平撞击器的技术要求见表 C.8。

表 C.8 压电天平撞击器技术要求

项目	技术要求
灵敏度（分辨率）	低压下可以采集 $5 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$ 的粒子
线性度	高过与低于粒径粒子的大量沉降
稳定性	每一级的截留点随流量变化
校准间隔时间	最长 12 个月

最小采集灵敏度	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (比重为 2 的粒子)
---------	---

C.4 气流检测

C.4.1 空气速度计

C.4.1.1 热风速计，探测暴露于气流中的小电热传感器热传导的变化测量风速。
热风速计的技术要求见表 C.9。

表 C.9 热风速计技术要求

项目	技术要求
测量限值 (范围)	一般设施内为 0.1 m/s ~ 1.0 m/s, 管道内为 0.5 m/s ~ 20 m/s
灵敏度 (分辨率)	0.05 m/s (或最小为满刻度的 1%) ^a
测量不确定性	$\pm (5\% \text{ 的读数} + 0.1 \text{ m/s})$ ^a
反应时间	90% 的满刻度时不到 1 s
校准间隔时间	最长 12 个月
a 测量灵敏度和不确定性参见 ISO 7726。仪器需要对空气温差和大气压的变化进行修正。	

C.4.1.2 三维或等效超声风速计，探测所测气流中各个分隔的点之间的声频(或声速)的漂移测量风速。

3 维或等效超声风速计的技术要求见表 C.10。

表 C.10 三维或等效超声风速计技术要求

项目	技术要求
测量限值 (范围)	洁净室设施内为 0 m/s ~ 1 m/s
灵敏度 (分辨率)	0.01 m/s
测量不确定性	读数的 $\pm 5\%$
反应时间	小于 1 s
校准间隔时间	最长 12 个月

C.4.1.3 叶片风速计，计算风速计叶片在气流中的旋转速率测量风速。

叶片风速计的技术要求见表 C.11。

表 C.11 叶片风速计技术要求

项目	技术要求
测量限值 (范围)	0.2 m/s ~ 10 m/s

灵敏度（分辨率）	0.1 m/s
测量不确定性	± 0.2 m/s 或读数的 ± 5 %，以大者为准。
反应时间	90 % 的满刻度时小于 10 s
校准间隔时间	最长 12 个月

C.4.1.4 皮托管和压力计（数字式），用数字式压力计检测气流中一个位置上的总压力和静压之差来测量风速。

皮托管和压力计的技术要求见表 C.12。

表 C.12 皮托管和压力计技术要求

项目	技术要求
测量限值（范围）	> 1.5 m/s
灵敏度（分辨率）	0.5 m/s
测量不确定性	读数的 ± 5 %
反应时间	90 % 的满标度时小于 10 s
校准间隔	最长 12 个月

C.4.2 风量计

C.4.2.1 带流量计的风罩，在一个气流可能有变化的区域测量风量，提供该区域的总风量。采集并集中总风量，以使测量点的风速代表整个区域的平均剖面风速。

带流量计风罩的技术要求见表 C.13。

表 C.13 带流量计流量罩技术要求

项目	技术要求
测量限值（范围）	流量 50 m ³ /hr ^a ~ 1700 m ³ /hr ^a
测量不确定性	读数的 ± 5 %
反应时间	90 % 的满刻度时小于 10 s
校准间隔时间	最长 12 个月
a 风罩的尺寸一般为 600 × 600mm。测量限值和分辨率取决于所用风罩的尺寸。	

C.4.2.2 孔板流量计参见 ISO 5167-2:2003。

C.4.2.3 文丘里流量计参见 ISO 5167-4:2003。

C.5 压差检测

C.5.1 电子微压计是检测膜片位移产生的静电电容或电子阻力的变化而得出一个空间与其周围环境间的压差，并将此值显示或输出。

电子微压计的技术要求见表 C.14。

表 C.14 电子微压计技术要求

项目	技术要求
测量限值（范围）	一般的小范围为 0 Pa ~ 100 Pa；一般的大范围为 0 kPa ~ 100 kPa
灵敏度（分辨率）	0 Pa ~ 100 Pa 范围内为 1 Pa/0.1 Pa,
测量不确定性	0 Pa ~ 100 Pa 的范围为满刻度读数的 $\pm 1.5\%$ ， 0 kPa ~ 100 kPa 的范围为满刻度读数的 $\pm 1\%$

C.5.2 斜管压力计，用肉眼观测注满水或乙醇等液体的倾斜量管刻度上的幅度，读出小压头（高度），从而测出两点间的压差。

斜管压力计的技术要求见表 C.15。

表 C.15 斜管压力计技术要求

项目	技术要求
测量限值（范围）	0 kPa ~ 0.3 kPa 或 0 kPa ~ 1.5 kPa
灵敏度（分辨率）	0 kPa ~ 0.3 kPa 范围为 1 Pa
测量不确定性	0 kPa ~ 0.3 kPa 范围为 $\pm 3\%$
刻度幅度系数	0 kPa ~ 0.3 kPa 范围为 2（最小）- 10

C.5.3 机械压差计，检测连接着机械齿轮或磁链的针与位移膜片之间的移动距离，测量两个区之间的压差，

机械压差计的技术要求见表 C.16。

表 C.16 机械压差计技术要求

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
灵敏度（分辨率）	0 Pa ~ 50 Pa 范围为 0.5 Pa
测量不确定性	0 Pa ~ 50 Pa 范围为满刻度读数的 $\pm 5\%$ ， 0 kPa ~ 50 kPa 范围为满刻度读数的 $\pm 2.5\%$

C.6 过滤器系统安装后的检漏

C.6.1 气溶胶光度计

C.6.1.1 线性气溶胶光度计，用于测量气溶胶质量浓度并表示为 $\mu\text{g/L}$ 。光度计用前散射光腔进行测量。该仪器还可用于对过滤器渗漏的直接测量。

线性气溶胶光度计的技术要求见表 C.17。

表 C.17 线性气溶胶光度计技术要求

项目	技术要求
测量限值（范围）	0.001 μg/L ~ 100 μg/L -5 个全线性十进位
灵敏度（分辨率）	0.001 μg/L
测量不确定性	± 5 %
线性度	± 0.5 %
稳定性	± 0.002 μg/L/min
反应时间	≤ 30 s, 0 % ~90 %; ≤60 s, 100 μg/L ~ 10 g/L
校准间隔	12 个月或 400 个工作小时, 以先到者为准
采样管长度	最大长度 4 m
粒径	在测量范围 0.1 μm ~ 0.6 μm
样本	额定流量 ± 15 %
采样管	见 B.6.2.4

C.6.1.2 对数气溶胶光度计，用于测量质量浓度并表示为 μg/L。光度计用前散射光腔进行测量。该仪器不能直接测量过滤器的渗漏。

对数气溶胶光度计的技术要求见表 C.18。

表 C.18 对数气溶胶光度计技术要求

项目	技术要求
测量限值（范围）	1 个范围：0.01 μg/L ~ 100 μg/L
灵敏度（分辨率）	0.001 μg/L
测量不确定性	± 5 %
稳定性	± 0.002 μg/L/min
反应时间	0 % ~90 %: ≤ 60 s 100 μg/L~10 g/L: ≤ 90 s
校准间隔时间	12 个月或 400 工作小时, 以先到者为准
采样管长度	最大长度为 4 m
粒径	测量范围 0.1 μm ~ 0.6 μm
样本流量	额定流量 ± 15 %
采样管	见 B.6.2.4

C.6.2 离散粒子计数器，见 C.1.1。

C.6.3 气溶胶生成器，能够用加热法、液压法、气动、音频或静电等方式生成有适当粒径范围（如 0.05 μm ~ 2 μm）、浓度恒定的微粒物质。

C.6.4 检测气溶胶源物质，下面举出的为生成检测气溶胶用的一般物质；通过喷洒或雾化喷射到环境中，生成液体或固体气溶胶：

- a) PAO（聚 α 烯）油¹⁾，4 厘斯托克（如 CAS # 68649-12-7²⁾）
- b) DOS（癸二酸二辛酯）
- c) DEHS（癸二酸二酯）
- d) DOP³⁾ 邻苯二甲酸盐（如 CAS # 117-81-7）
- e) EL 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）

如果能达到要求的浓度，也可用大气气溶胶。

注：1) 美国专利 5,059,349 和 5,059,352 说明并限制在过滤器检测中用 PAO。

2) CAS #: 化学文摘服务注册号，该物质已在美国化学学会发行的化学文摘注册。

3) 有些国家出于安全原因不提倡采用 DOP 做过滤器检测。

C.6.5 稀释系统、设备，按已知容积比例（10~100）将气溶胶与洁净空气混合以降低浓度。

C.7 气流方向检测和目检

C.7.1 气流方向检测和目检用仪器、材料和附件，见表 C.19 和 C.20。

表 C.19 示踪线法或注射法使用的材料或粒子

项目	说明
用于示踪线法的材料	丝线、布等。
用于示踪剂注入法的粒子	直径为 0.5 μm ~ 50 μm 的 DI 水雾滴或其它流体雾滴。 空气中测量位置上的中密度气泡。 有机或无机检测雾。
用于记录目检示踪粒子的照片或图像的图像记录装置	如用于气流目检方法中有高速或频闪或同步功能的照相机、摄像机、图像记录装置等各种装置。

注：气流目检后，一般要求对洁净室设施重新进行清洁。

表 C.20 气流目检用照明光源

项目	说明
进行气流对比观测或用作气流图像的各种照明光源	带钨光灯、日光灯、卤素灯、汞灯、激光光源（He-Ne、氩气离子、YAG 激光等）的记录器（带或不带电子闪光或同步装置）。

用于气流目检量化测量的图像处理技术	激光板法，由高功率激光源（氩气或 YAG 激光）、带柱面透镜的光学器件和一个控制器构成，可以目检二维气流。
-------------------	---

C.7.2 热风速计，见 C.4.1.1。

C.7.3 三维超声风速计，见 C.4.1.2。

C.7.4 气溶胶生成器

气流目检时用气溶胶生成器生成示踪剂还可参见 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，生成细微的液滴。

超声喷雾器的技术要求见表 C.21。

表 C.21 超声喷雾器技术要求

项 目	技术要求
液滴粒径范围	如 6 μm ~ 9 μm 或 30 μm ~ 70 μm ^a (MMD)
空气悬浮浓度	70 g/cm ³ ~ 150 g/cm ³ ，溶液输送流量 1 mL/min ~ 6mL/min
a 粒径范围依超声频率而定，如 1MHz 范围为 6 μm ~ 9 μm 。	

C.7.4.2 雾生成器，将沸腾的 DI 水蒸汽冷却至液体，以这样的气相至液相的转换生成气溶胶（雾）。

雾生成器的技术要求见表 C.22。

表 C.22 雾生成器技术要求

项 目	技术要求
液滴粒径范围	1 μm ~ 10 μm (MMD)
粒子生成率	1 g/min ~ 25 g/min

C.8 温度检测

C.8.1 玻璃温度计，见 ISO 7726。

C.8.2 温度计，见 ISO 7726。

C.8.3 电阻式温度计，见 ISO 7726。

C.8.4 热敏电阻器，见 ISO 7726。

C.9 湿度检测

C.9.1 电容式湿度监测器，见 ISO 7726。

C.9.2 头发式湿度监测器，见 ISO 7726。

C.9.3 露点传感器，见 ISO 7726。

C.9.4 测湿计，见 ISO 7726。

C.10 静电和电离器检测

C.10.1 静电电压计，从采样管上的小孔感应采样管内电极的电场强度，测量一个小区域内的平均电压（电位）。

静电电压计的技术要求见表 C.23 和 C.24。

表 C.23 精密静电电压计的技术要求

项目	技术要求
测量限值（范围）	-3 kV ~ +3 kV
灵敏度（分辨率）	0.8 mm 直径点（区）0.3V（rms）或 2V（p-p）
测量不确定性	0.1 %
反应时间	小于 4 ms（10 % ~ 90 %）
校准间隔时间	最长 12 个月

表 C.24 手动式静电电压计或静电场强计的技术要求

项目	技术要求
测量限值（范围）	± 10 kV/cm
测量不确定性	读数的 ± 5 % 或 ± 0.01 kV
反应时间	0 kV- ± 5 kV 小于 2 s
校准间隔时间	最长 12 个月

C.10.2 高阻欧姆计，检测向被测装置施加高电压的装置的漏电，测量绝缘材料和部件的电阻。

高阻欧姆计的技术要求见表 C.25。

表 C.25 高阻欧姆计技术要求

项目	技术要求
测量限值（范围）	1 k Ω ~ $3 \times 10^9 \Omega$
测量不确定性	每个满刻度的 ± 5 %
反应时间	10 ms ~ 390 ms
校准间隔时间	最长 12 个月
检测电压	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.10.3 充电板监测器，用于测量电离器或电离装置的中和特性。

充电板监测器的技术要求见表 C.26

表 C.26 充电板监测器技术要求

项目	技术要求
测量限值（范围）	-5 kV~ +5 kV
测量不确定性	满刻度的± 5 %
反应时间	0.1 s
校准间隔时间	最长 12 个月
绝缘	RH 40 %、不到 200 个离子/cm ³ 时，5 分钟内自放电 10 % 以下
板的电容	(20 ± 2) pF
板的尺寸	150 mm × 150mm
充电	每个极性最小 1 kV（限流）

C.11 粒子沉降检测

C.11.1 粒子沉降光度计，测量沉降在暗色玻璃采集板上的粒子发出的总散射光，以沉降系数报告这些数据。该沉降系数与可沉降在关键表面上的粒子的浓度有关。

粒子沉降光度计的技术要求见表 C.27。

表 C.27 粒子沉降光度计技术要求

项目	技术要求
测量限值（范围）	达面积的 0.5%
校准间隔时间	最长 12 个月
校准材料	4 μm 和 10 μm 的荧光粒子

C.11.2 表面粒子计数器，用散射光测量沉降在表面上的离散粒子数目（和粒径）。

表面粒子计数器的技术要求见表 C.28。

表 C.28 表面粒子计数器技术要求

项目	技术要求
测量范围	0.1 μm ~ 5 μm , 分辨率 \leq 10%

C.11.3 PSL 粒子生成器, 利用压缩空气喷雾器使悬浮液气化生成球体和单散射的 PSL (聚苯乙烯乳胶) 粒子。可以用 PSL 粒子校准 DPC 和具有粒径选择功能的采样器, 如串级撞击器。

PSL 粒子生成器的技术要求见表 C.29。

表 C.29 PSL 粒子生成器技术要求

项目	技术要求
粒径范围	一般为 0.1 μm ~ 2 μm
悬浮浓度	宜为 $10^7/\text{cm}^3$
输出浓度	约为 300 个粒子/L ~ 30000 个粒子/L
雾化空气压力	如 177 kPa; 120 L/hr

C.12 自净检测

C.12.1 离散粒子计数器 (DPC), 见 C.1.1。

C.12.2 气溶胶生成器, 见 C.6.3。

C.12.3 稀释系统, 见 C.6.5。

C.13 隔离检漏

C.13.1 离散粒子计数器, 见 C.1.1。

C.13.2 气溶胶发生器, 见 C.6.3。

C.13.3 稀释系统, 见 C.6.5。

C.13.4 光度计, 见 C.6.1。