ICS 13.040.35
CCS C 70

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 25915.3—2024/ISO 14644-3:2019
代替 GB/T 25915.3—2010

# 洁净室及相关受控环境 第3部分:检测方法

**Cleanrooms and associated controlled environments—Part 3:Test methods**

(ISO 14644-3:2019,IDT)

2024-03-15 发布　　2024-10-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

# 目　　次

前言 …… Ⅰ
引言 …… Ⅱ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
3.1　一般术语 …… 1
3.2　与空气悬浮粒子有关的术语 …… 2
3.3　与空气过滤器和过滤系统有关的术语 …… 3
3.4　与气流和其他物理状态有关的术语 …… 4
3.5　与静电测量有关的术语 …… 4
3.6　与测量器具和测量条件有关的术语 …… 5
3.7　与占用状态有关的术语 …… 5
4　检测规程 …… 5
4.1　洁净室检测 …… 5
4.2　原理 …… 6
5　检测报告 …… 8
附录 A（资料性）　支持性检测和清单的选择 …… 9
附录 B（资料性）　支持性检测方法 …… 13
附录 C（资料性）　检测仪器 …… 35
参考文献 …… 43

# 前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分:标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是GB/T 25915《洁净室及相关受控环境》的第3部分。GB/T 25915已经发布了以下部分:

——第1部分:按粒子浓度划分空气洁净度等级;

——第2部分:洁净室空气粒子浓度的监测;

——第3部分:检测方法;

——第4部分:设计、建造、启动;

——第5部分:运行;

——第6部分:词汇;

——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:按化学物浓度划分空气洁净度(ACC)等级;

——第9部分:按粒子浓度划分表面洁净度等级;

——第10部分:按化学物浓度划分表面洁净度等级;

——第12部分:监测空气中纳米粒子浓度的技术要求;

——第13部分:达到粒子和化学洁净度要求的表面清洁;

——第14部分:按粒子浓度评估设备适用性;

——第15部分:按气态化学物浓度评定设备及材料的适用性;

——第16部分:提升洁净室和空气净化装置的能效。

本文件代替GB/T 25915.3—2010《洁净室及相关受控环境　第3部分:检测方法》,与GB/T 25915.3—2010相比,除结构调整和编辑性改动外,主要技术变化如下:

a) 第3章术语和定义:

——更改术语“离散粒子计数器”为“光散射粒子计数器”(见3.6.4,2010年版的3.6.8);

——增加了“分辨力”(见3.1.5)、“灵敏度”(见3.1.6)和“配有流量计的风量罩”(见3.6.3);

——删除了“大粒子”“M描述符”“U描述符”“超微粒子”“标准渗漏透过率”“平均风量”“非等动力采样”“串级撞击采样器”“凝聚核计数器”“计数效率”“微分迁移率分析仪”“扩散元件”“伪计数”“风量罩”“同轴采样”“等动力采样”“粒径限制器”“阈值粒径”“飞行时间粒径测量”和“虚拟撞击器”(见2010年版的3.2.4、3.2.5、3.2.11、3.2.12、3.3.10、3.4.2、3.6.2、3.6.3、3.6.4、3.6.5、3.6.6、3.6.7、3.6.9、3.6.10、3.6.11、3.6.12、3.6.13、3.6.14、3.6.15、3.6.16);

b) 更改“必测项目”为“一般检测”,并更新了具体内容(见4.1.1,2010年版的4.1.1);

c) 更改“可选检测项目”为“支持性检测”,并更新了检测项目(见表2,2010年版的表2);

d) 更改“气流检测”为“风速和风量检测”,“气流方向检测与显形检查”为“气流方向检测和可视化”,“隔离检漏”为“围护结构密闭性检测”(见表2,2010年版的表2);

e) 更改了压差检测(见4.2.1,2010年版的4.2.3)、风速和风量检测(见4.2.2,2010年版的4.2.2)、气流方向检测和可视化(见4.2.3,2010年版的4.2.5)、自净检测(见4.2.4,2010版的4.2.9)、温度检测(见4.2.5,2010年版的4.2.6)、湿度检测(见4.2.6,2010年版的4.2.6)、已装过滤系统泄漏检测(见4.2.7,2010年版的4.2.4)、围护结构密闭性检测(见4.2.8,2010年版的4.2.10)、静电和离子发生器检测(见4.2.9,2010年版的4.2.7)、粒子沉积检测(见4.2.10,2010年版的4.2.8);

f) 删除了空气悬浮粒子计数(见 2010 年版的 4.2.1);

g) 增加了隔离检测(见 4.2.11)。

本文件等同采用 ISO 14644-3:2019《洁净室及相关受控环境 第 3 部分:检测方法》。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动:

——ISO 14644-3:2019 中表 A.1 的检测项目“送风速度(单向流)”和“洁净室或洁净区内风速的均匀性(单向流)”与检测程序参照条款 B.2.2.2 和 B.2.3 不对应,本文件按对应情况做了调整。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国洁净室及相关受控环境标准化技术委员会(SAC/TC 319)提出并归口。

本文件起草单位:吴江市华宇净化设备有限公司、上海科信检测科技有限公司、熙迈(上海)检测技术服务有限公司、中国电子工程设计院有限公司、中电投工程研究检测评定中心有限公司、中国电子系统工程第二建设有限公司、北京中瑞高科技产业服务有限公司、深圳天溯计量检测股份有限公司、中国标准化协会、唐颐控股(深圳)有限公司、中国电子系统工程第三建设有限公司、上海市室内环境净化行业协会、北京市医疗器械检验研究院(北京市医用生物防护装备检验研究中心)、中国食品药品检定研究院、上海市食品药品包装材料测试所、中电精泰电子工程有限公司、北京中邦兴业科技有限公司、苏州鸿基洁净科技股份有限公司、上海蔚亚科技发展有限公司、派欧尼尔环境净化工程(北京)有限公司、北京科源顺达建设工程有限公司、持正检测(山东)有限公司、上海市安装工程集团有限公司、湖南瑞邦医疗科技发展有限公司、苏州康启环境科技有限公司、江苏硕世生物科技股份有限公司、深圳市研成工业技术有限公司。

本文件主要起草人:陈思源、谭军、郝胤博、王立、高正、谭志坚、杨会英、杨子强、郭凯、王丙信、魏佳鸣、苏建程、宋金辉、孔善平、石霞、徐绍坤、谭莉平、韩辉、曾世清、罗贯翔、彭永昌、王坤、刘中华、贺亦峰、曹晓程、魏兰、郝程、曲明青、万桂波、肖秋贵。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为:

——2010 年首次发布为 GB/T 25915.3—2010;

——本次为第一次修订。

# 引　言

GB/T 25915 采用 ISO14644 系列国标标准，各部分设置与国际标准保持一致，拟由 16 个部分构成。

——第 1 部分：按粒子浓度划分空气洁净度等级。目的是区分粒子污染浓度。

——第 2 部分：洁净室空气粒子浓度的监测。目的是指导监测粒子污染，以避免可能产生的污染风险。

——第 3 部分：检测方法。目的是指导对洁净室内各种污染和相关环境要素的检测。

——第 4 部分：设计、建造、启动。目的是指导洁净室的设计、建造、启动。

——第 5 部分：运行。目的是指导洁净室的运行。

——第 6 部分：词汇。目的是统一规范技术术语。

——第 7 部分：隔离装置(洁净风罩、手套箱、隔离器、微环境)。目的是提出洁净室用隔离装置的基本要求。

——第 8 部分：按化学物浓度划分空气洁净度(ACC)等级。目的是区分空气化学污染程度。

——第 9 部分：按粒子浓度划分表面洁净度等级。目的是区分表面粒子污染程度。

——第 10 部分：按化学物浓度划分表面洁净度等级。目的是区分表面化学污染程度。

——第 12 部分：监测空气中纳米粒子浓度的技术要求。目的是提出纳米级别的粒子污染的检测要求。

——第 13 部分：达到粒子和化学洁净度要求的表面清洁。目的是提出洁净室内表面的清洁要求以避免可能产生的粒子和化学污染的风险。

——第 14 部分：按粒子浓度评估设备适用性。目的是通过对相关设备可能在洁净室产生粒子污染的测试，确定设备的适合性。

——第 15 部分：按气态化学物浓度评定设备及材料的适用性。目的是通过对相关设备及材料可能在洁净室产生气态化学污染的测试，确定设备及材料的适用性。

——第 16 部分：提升洁净室和空气净化装置的能效。目的是节约洁净室运行的能源消耗。

——第 17 部分：粒子沉积速率应用。目的是通过测量洁净室粒子沉积速率以确定微粒沉积到洁净室易损表面的可接受风险。

洁净室及相关受控环境将污染物控制在合适的水平，以便完成对污染敏感的工作。航天、微电子、制药、医疗器械、食品、医疗等行业的产品和工艺受益于对空气污染的控制。

本文件并未包含所有洁净室参数的检测程序。GB/T 25915.1 中提供了按粒子划分空气洁净度等级检测的程序和装置，GB/T 25915.12 中提供了监测空气中纳米粒子浓度的技术要求。涉及特定产品和特定工艺的洁净室和洁净区及相关参数的检测程序和所用仪器，在 ISO/TC 209 编制的其他文件中讨论[例如微生物控制和检测程序(GB/T 25916 系列)、洁净室功能性检测(GB/T 25915.4)，以及隔离装置检测(GB/T 25915.7)]。此外，洁净室的检测活动中也可以考虑采用其他适用标准。其他洁净等级属性水平可使用 GB/T 25915.8(按化学物浓度划分空气洁净度等级)、GB/T 25915.9(按粒子浓度划分表面洁净度等级)和 GB/T 25915.10(按化学物浓度划分表面洁净度等级)确定。

# 洁净室及相关受控环境
# 第3部分:检测方法

## 1 范围

本文件规定了支持洁净室和洁净区运行的检测方法,以满足空气洁净等级、其他洁净属性和相关控制条件。

性能检测针对的是空态、静态和动态3种任一占用状态下的单向流和非单向流型式的洁净室和洁净区。

本文件推荐了测定性能参数用的检测仪器和检测程序。某些检测方法受限于洁净室或洁净区的类型,为此,本文件推荐了若干替代方法。

为了满足不同用户的要求,对于某些检测项目,本文件推荐了几种不同的方法和仪器。若供需双方协商同意,也可以使用本文件未介绍的其他替代方法。替代方法未必给出相同的测量结果。

本文件不适用于测量洁净室或隔离装置内的产品或工艺。

注:本文件未提及与其使用相关的安全注意事项(例如涉及危险材料、操作、设备时)。本文件使用者有责任在使用前制定适当的安全和健康措施,并确定法规限制的适用性。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

ISO 14644-1 洁净室及相关受控环境 第1部分:按粒子浓度划分空气洁净度等级(Cleanrooms and associated controlled environments—Part 1:Classification of air cleanliness by particle concentration)

注:GB/T 25915.1—2021 洁净室及相关受控环境 第1部分:按粒子浓度划分空气洁净度等级(ISO 14644-1:2015,MOD)

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 一般术语

3.1.1

**洁净室 cleanroom**

空气悬浮粒子浓度受控并分级的房间,其设计、建造到运行均使进入、产生、滞留于房间的粒子受控。

注1:规定了按空气悬浮粒子浓度划分的级别。

注2:对影响洁净等级的其他因素如空气中化学物质、微生物或纳米尺度粒子等的浓度,以及影响表面洁净等级的其他因素如粒子、纳米粒子、化学物质或微生物等的浓度,也可作出规定并进行控制。

注 3：温度、湿度、压力、振动和静电等相关的物理参数，也可按要求受控。

[来源：GB/T 25915.1—2021，3.1.1，有修改]

3.1.2

**洁净区　clean zone**

空气悬浮粒子计数浓度受控并分级的限定空间，其建造和运行使进入、产生和滞留于空间的粒子受控。

注 1：空气悬浮粒子浓度的级别已确定。

注 2：也可对影响洁净度等级的其他因素，如空气中化学物、微生物或纳米尺度粒子浓度等，以及影响表面洁净度等级的其他因素，如粒子、纳米粒子、化学物或微生物浓度等，作出规定并进行控制。

注 3：洁净区可以是限定于洁净室内的空间，也可用隔离装置实现。隔离装置既可设在洁净室内也可在洁净室外。

注 4：温度、湿度、压力、振动和静电等相关的物理参数，也可按要求受控。

[来源：GB/T 25915.1—2021，3.1.2]

3.1.3

**设施　installation**

洁净室、一个或多个洁净区，以及所有相关结构、空气处理系统、服务设施系统和公用设施系统。

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程度的设备。

注：某些行业专用隔离装置有：洁净风罩、隔离箱、手套箱、隔离器、微环境。

[来源：GB/T 25915.7—2010，3.17]

3.1.5

**分辨力　resolution**

可被测量的最小变量，即在相应显示中产生的、可辨认的变化。

注：噪声(内、外部)或摩擦等因素可决定分辨力，被测的量值也可决定分辨力。

[来源：GB/T 25915.1—2021，3.4.1]

3.1.6

**灵敏度　sensitivity**

测量系统指示的变化值和被测量量值的相应变化值的比值。

## 3.2　与空气悬浮粒子有关的术语

3.2.1

**空气悬浮粒子　airborne particle**

悬浮在空气中，粒径从 1 nm 到 100 μm 的固态或液态的活性或非活性粒子。

注：用于洁净度分级时见 GB/T 25915.1—2021，3.2.1。

3.2.2

**数量中值粒径　count median particle diameter**

按计数排列粒子时，处于中位数的粒径。

注：占一半数量的粒子其粒径小于该中值粒径，占另一半数量的粒子其粒径大于该中值粒径。

3.2.3

**质量中值粒径　mass median particle diameter**

按质量排列粒子时，处于中位数的粒径。

注：占全部粒子质量一半的粒子其粒径小于该中值粒径，占另一半质量的粒子其粒径大于该中值粒径。

3.2.4

**粒子浓度　particle concentration**

单位体积空气中粒子的个数。

[来源:GB/T 25915.1—2021,3.2.3]

3.2.5

**粒径　particle size**

给定粒径测定仪测得的、与被测粒子的响应量相当的球体直径。

注:光散射粒子计数器给出的是光学等效直径。

[来源:GB/T 25915.1—2021,3.2.2]

3.2.6

**粒径分布　particle size distribution**

以累积分布表示的粒子浓度与粒径的函数关系。

[来源:GB/T 25915.1—2021,3.2.4]

3.2.7

**检测气溶胶　test aerosol**

气体中具有已知并受控的粒径分布及浓度的固态和(或)液态粒子的悬浮物。

### 3.3　与空气过滤器和过滤系统有关的术语

3.3.1

**气溶胶发尘　aerosol challenge**

对过滤器和已装过滤系统施用检测气溶胶。

3.3.2

**泄漏限值　designated leak**

供需双方协定的,可用光散射粒子计数器或气溶胶光度计扫描测出的设施泄漏最大允许透过率。

3.3.3

**稀释装置　dilution system**

按已知稀释比将气溶胶与洁净空气进行混合,以降低气溶胶浓度的装置。

3.3.4

**过滤系统　filter system**

由过滤器、安装边框及其他支撑装置或箱体组成的系统。

3.3.5

**末端过滤器　final filter**

空气进入洁净室或洁净区之前最末端位置上的过滤器。

3.3.6

**已装过滤系统　installed filter system**

已安装在顶棚、侧墙、装置、风管上的过滤系统。

3.3.7

**已装过滤系统泄漏检测　installed filter system leakage test**

为确认过滤器安装良好,无旁路泄漏且过滤器及其安装边框均无缺陷和泄漏而进行的检测。

3.3.8

**泄漏　leak**

(过滤系统)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**

让气溶胶光度计或光散射粒子计数器的采样口，以一定重叠的往复行程移过规定的检测区来查找过滤器及其他部件泄漏的方法。

## 3.4　与气流和其他物理状态有关的术语

3.4.1

**换气次数　air change rate；air exchange rate**

单位时间的换气次数，以单位时间送入的空气体积除以该洁净室或洁净区的体积计算。

3.4.2

**测量平面　measuring plane**

用来检测或测量风速等性能参数的横断面。

3.4.3

**非单向流　non-unidirectional airflow**

洁净室或洁净区的送风以诱导方式与室内空气混合的气流分布。

[来源：GB/T 25915.1—2021，3.2.8]

3.4.4

**送风量　supply airflow rate**

单位时间内从末端过滤器或风管送入洁净室或洁净区的空气量。

3.4.5

**总风量　total air volume flow rate**

单位时间内通过洁净室或洁净区的空气量。

3.4.6

**单向流　unidirectional airflow**

通过洁净室或洁净区整个断面，风速稳定且流线平行的受控气流。

[来源：GB/T 25915.1—2021，3.2.7]

3.4.7

**风速均匀性　uniformity of velocity**

单向流各点风速（速率和方向）与在规定的平均风速的百分比以内的分布。

## 3.5　与静电测量有关的术语

3.5.1

**放电时间　discharge time**

孤立的导电监测板上的电压（正或负）降至初始电压所需的时间。

3.5.2

**偏置电压　offset voltage**

未充电的孤立导电板置于电离空气中时积累的电压。

3.5.3

**静电耗散特性　static-dissipative property**

以传导或其他机理将工作表面或产品表面的静电荷降至某规定值或标称零电荷的能力。

3.5.4

**表面电压水平　surface voltage level**

用适用仪器在工作表面或产品表面所测出的或正或负的静电电压。

### 3.6 与测量器具和测量条件有关的术语

3.6.1

**气溶胶发生器 aerosol generator**

能够通过加热、液压、气压、超声波或静电方法产生稳定浓度，具有适当粒径范围(例如 0.05 μm 至 2 μm)颗粒物的装置。

3.6.2

**气溶胶光度计 aerosol photometer**

利用光散射原理测量空气中气溶胶质量浓度的仪器。

3.6.3

**配有流量计的风量罩 airflow capture hood with measuring device**

可完全罩住过滤器或风口，收集空气以直接测量空气体积流量的装置。

3.6.4

**光散射粒子计数器 light scattering airborne particle counter;LSAPC**

依据粒子的光学等效直径，对空气中单个粒子进行计数和测径的仪器。

注：ISO 21501-4 给出了光散射粒子计数器的规格。

[来源：GB/T 25915.1—2021，3.5.1，有修改]

3.6.5

**代测板 witness plate**

当特定表面无法接近或对测试操作太敏感而无法直接进行测量时，作为被测表面替代物的、具有规定表面积的材料。

### 3.7 与占用状态有关的术语

3.7.1

**空态 as-built**

洁净室或洁净区所有服务设施就位并运行，但无设备、家具、材料和人员的状态。

[来源：GB/T 25915.1—2021，3.3.1]

3.7.2

**静态 at-rest**

洁净室或洁净区建成且设备就位，按议定的方式运行，但无人员在场的状态。

[来源：GB/T 25915.1—2021，3.3.2]

3.7.3

**动态 operational**

洁净室或洁净区设施按议定方式运行，且有规定数量的人员按议定方式工作的状态。

[来源：GB/T 25915.1—2021，3.3.3]

## 4 检测规程

### 4.1 洁净室检测

#### 4.1.1 一般检测

根据 ISO 14644-1 按悬浮粒子浓度对洁净室或洁净区分级。若必要时，选择其他类型的洁净度(见表 1)。

注：每个标准包含基于特定类型的试验方法规范、试验数据评估指南和试验仪器规范。

表 1　洁净室和洁净区其他类型的洁净度检测

| 一般说明 | 依据 |
|---|---|
| 按粒子浓度划分表面洁净度等级 | ISO 14644-9 |
| 按化学物浓度划分空气洁净度等级 | ISO 14644-8 |
| 按化学物浓度划分表面洁净度等级 | ISO 14644-10 |
| 监测空气中纳米粒子浓度的技术要求 | ISO 14644-12 |

#### 4.1.2　支持性检测

表 2 列出了可用于测量洁净室或洁净区装置性能的其他适用检测项目。这些检测可在三种指定占用状态中的任一状态下进行；建议的应用见附录 B 中的详细信息。这些检测可能不包括所有检测，也可能不要求对任何指定项目进行所有检测。检测项目和检测方法按照供需双方协定的方式进行选择。所选检测也可以作为常规监测或定期检测的一部分重复开展。检测选择指南和检测清单见附录 A。检测方法见附录 B。

注：附录 B 中所述的检测方法仅为大纲形式。可以开发特定的方法来满足特定应用的需要。

表 2　支持性检测

| 支持性检测 | 本文件相关章条编号 | | |
|---|---|---|---|
| | 原理 | 方法 | 仪器 |
| 压差检测 | 4.2.1 | B.1 | C.2 |
| 风速和风量检测 | 4.2.2 | B.2 | C.3 |
| 气流方向检测和可视化 | 4.2.3 | B.3 | C.4 |
| 自净检测 | 4.2.4 | B.4 | C.5 |
| 温度检测 | 4.2.5 | B.5 | C.6 |
| 湿度检测 | 4.2.6 | B.6 | C.7 |
| 已装过滤系统泄漏检测 | 4.2.7 | B.7 | C.8 |
| 围护结构密闭性检测 | 4.2.8 | B.8 | C.9 |
| 静电和离子发生器检测 | 4.2.9 | B.9 | C.10 |
| 粒子沉积检测[a] | 4.2.10 | B.10 | C.11 |
| 隔离检测 | 4.2.11 | B.11 | C.12 |
| 注：这些支持性检测项目并非按重要性或时间顺序排序。检测项目的实际实施顺序是根据文件的具体要求，或由供需双方协定的。 | | | |
| [a] 在洁净室动态性能检测时，也可以考虑进行粒子沉积检测。 | | | |

### 4.2　原理

#### 4.2.1　压差检测

本检测是为了验证洁净室系统维持其设施与周围环境间规定压差的能力。压差检测在下述工作完成之后进行：洁净室的风速或风量、风速均匀性以及其他适用检测项目已满足验收标准。检测程序见 B.1。

#### 4.2.2 风速和风量检测

本检测是为了检测单向流和非单向流洁净室或洁净区的送风气流。在单向流中，送风速度可使用单点读数来测量，进而测量风速和确定风速的均匀性。单点风速的平均值可用于计算送风量和换气率（每小时换气次数）。在非单向流中，通常不需要测量单点风速，因为通常不需要风速均匀。在这种情况下，可直接测量风量，然后计算洁净室或洁净区的换气率（每小时换气次数）。检测程序见 B.2。

#### 4.2.3 气流方向检测和可视化

本检测是为了证明气流方向和风速均匀性符合设计和性能要求。气流方向检测可在静态下进行，以确定洁净室基础的气流模式，也可在模拟实际操作的动态下重复进行。检测程序见 B.3。

#### 4.2.4 自净检测

本检测是为了确定洁净室和洁净区在短时暴露于空气悬浮粒子污染源之后，在有限时间内恢复到指定洁净等级的能力。单向流系统不推荐检测。检测程序见 B.4。使用人工气溶胶时考虑洁净室和洁净区的残留污染风险。

#### 4.2.5 温度检测

本检测是为了验证在客户指定的时间段内，待测区域的空气温度水平在控制范围内。检测程序见 B.5。

#### 4.2.6 湿度检测

本检测是为了验证在客户指定的时间段内，待测区域的空气湿度（表示为相对湿度或露点）水平在控制范围内。检测程序见 B.6。

#### 4.2.7 已装过滤系统泄漏检测

本检测是为了验证洁净室设施不存在旁路泄漏，过滤器不存在缺陷（滤材和边框上的小孔、损伤及过滤器边框泄漏），从而确认末端高效过滤器安装良好。这项检测不检查系统的过滤效率。通过在过滤器上游引入气溶胶，并在过滤器和支撑框架下游进行扫描，或在下游管道中进行采样。检测程序见 B.7。

#### 4.2.8 围护结构密闭性检测

本检测是为了确定是否有未经过滤的空气从洁净室和洁净区范围以外通过接头、接缝、门缝和有压力的天花板侵入洁净室和洁净区。检测程序见 B.8。

#### 4.2.9 静电和离子发生器检测

本检测是为了评估物体的静电电压，材料的静电耗散特性，以及洁净室或洁净区静电控制所用离子发生器（即电离器）的性能。静电检测是为了评估工作表面和产品表面的静电电压，地面、工作台面等的静电耗散特性。离子发生器检测是为了评估离子发生器消除表面静电的性能。检测程序见 B.9。

#### 4.2.10 粒子沉积检测

本检测是为了验证在规定的时间内从洁净室空气中沉积到表面上的粒子的数量和大小。检测的程序见 B.10。

#### 4.2.11 隔离检测

本检测是为了评估指定气流的隔离有效性。检测时使用粒子污染低一级别的区域，并确定在隔断的另一侧受保护区域的粒子浓度。检测程序见 B.11。

## 5 检测报告

将每项检测结果记录在检测报告中。检测报告包含下列信息：

a) 检测机构的名称、地址、检测日期；
b) 引用的标准及颁布年份；
c) 清楚标明所测洁净室或洁净区的具体位置(必要时以邻近区域作参照)，并标注所有采样点的具体坐标；
d) 洁净室或洁净区所规定的标准，包括 ISO 等级、相应的占用状态、关注粒径；
e) 所用检测方法的详细说明，包括特殊的检测条件、与规定检测方法的偏离之处；检测仪器的规格型号、仪器最新的校准证书；
f) 检测结果，包括附录 B 相关条目中要求的报告数据、达到要求的说明；
g) 与附录 B 条目有关的、针对特定检测项目的其他具体要求。

# 附 录 A
（资料性）
支持性检测和清单的选择

## A.1 概述

特别注意洁净室、洁净区或受控区性能的检测顺序。

检测项目和检测顺序由供需双方协定，尽可能早发现不符合情况，以免影响后续的其他检测。

## A.2 检测清单

表 A.1 是检测项目和仪器清单。

**表 A.1 支持性检测清单**

| 检测项目和顺序的选择[a] | 检测项目 | 检测程序参照条款 | 选择检测仪器[b] | 检测仪器 | 检测仪器参照条款 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 压差 | B.1 | | 电子压差计 | C.2.2 | |
| | | | | 斜管压差计 | C.2.3 | |
| | | | | 机械压差计 | C.2.4 | |
| | 风速和风量 | B.2 | | | C.3 | |
| | 送风速度（单向流） | B.2.2.2 | | 热式风速仪 | C.3.1.2 | |
| | | | | 三维超声风速仪或等效仪器 | C.3.1.3 | |
| | | | | 叶轮风速计 | C.3.1.4 | |
| | | | | 风速管矩阵 | C.3.1.6 | |
| | 洁净室和洁净区送风均匀性（单向流） | B.2.2.3 | | 热式风速仪 | C.3.1.2 | |
| | | | | 三维超声风速仪或等效仪器 | C.3.1.3 | |
| | | | | 叶轮风速计 | C.3.1.4 | |
| | | | | 风速管矩阵 | C.3.1.6 | |
| | 通过过滤器表面速度测量的送风量（单向流） | B.2.2.4 | | 热式风速仪 | C.3.1.2 | |
| | | | | 三维超声风速仪或等效仪器 | C.3.1.3 | |
| | | | | 叶轮风速计 | C.3.1.4 | |
| | | | | 风速管矩阵 | C.3.1.6 | |
| | 送风管内的送风量（单向流） | B.2.2.5 | | 孔板流量计 | C.3.2.3 | |
| | | | | 文丘里流量计 | C.3.2.4 | |
| | | | | 皮托管和压差计 | C.3.1.5 | |
| | | | | 热式风速仪 | C.3.1.2 | |

表 A.1　支持性检测清单（续）

| 检测项目和顺序的选择[a] | 检测项目 | 检测程序参照条款 | 选择检测仪器[b] | 检测仪器 | 检测仪器参照条款 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 入口处的送风量（非单向流） | B.2.3.2 | | 配有流量计的风量罩 | C.3.2.2 | |
| | 通过过滤器表面速度测量的送风量（非单向流） | B.2.3.3 | | 热式风速仪 | C.3.1.2 | |
| | | | | 三维超声风速仪或等效仪器 | C.3.1.3 | |
| | | | | 叶轮风速计 | C.3.1.4 | |
| | 风管送风量（非单向流） | B.2.3.4 | | 孔板流量计 | C.3.2.3 | |
| | | | | 文丘里流量计 | C.3.2.4 | |
| | | | | 皮托管和压差计 | C.3.1.5 | |
| | | | | 热式风速仪 | C.3.1.2 | |
| | 气流方向和可视化 | B.3 | | 示踪物 | C.4.1 | |
| | | | | 热式风速仪 | C.4.2 | |
| | | | | 三维超声风速仪或等效仪器 | C.4.3 | |
| | | | | 气溶胶发生器 | C.4.4 | |
| | | | | 超声波雾化器 | C.4.4.2 | |
| | | | | 粒子发生器 | C.4.4.3 | |
| | 自净 | B.4 | | 光散射粒子计数器 | C.5.1 | |
| | | | | 气溶胶发生器 | C.5.2 | |
| | | | | 气溶胶物质 | C.5.3 | |
| | | | | 稀释装置 | C.5.4 | |
| | 温度 | B.5 | | 膨胀温度计 | C.6 a) | |
| | | | | 电子温度计 | C.6 b) | |
| | | | | 温度计 | C.6 c) | |
| | 湿度 | B.6 | | 露点湿度计 | C.7 a) | |
| | | | | 电导率变化湿度计 | C.7 b) | |
| | 已装过滤系统泄漏 | B.7 | | | C.8 | |
| | 已装过滤系统的气溶胶光度计扫描检漏 | B.7.2 | | 气溶胶光度计 | C.8.1 | |
| | | | | 气溶胶发生器 | C.8.3 | |
| | | | | 气溶胶物质 | C.8.4 | |
| | 已装过滤系统的光散射粒子计数器扫描检漏 | B.7.3 | | 光散射粒子计数器 | C.8.2 | |
| | | | | 气溶胶发生器 | C.8.3 | |
| | | | | 气溶胶物质 | C.8.4 | |
| | | | | 稀释装置 | C.8.5 | |

表 A.1 支持性检测清单（续）

| 检测项目和顺序的选择[a] | 检测项目 | 检测程序参照条款 | 选择检测仪器[b] | 检测仪器 | 检测仪器参照条款 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 风管或空气处理单元内的过滤器整体泄漏检测 | B.7.4 | | 气溶胶光度计 | C.8.1 | |
| | | | | 光散射粒子计数器 | C.8.2 | |
| | | | | 气溶胶发生器 | C.8.3 | |
| | | | | 气溶胶物质 | C.8.4 | |
| | | | | 稀释装置(仅限光散射粒子计数器法) | C.8.5 | |
| | 围护结构密闭性检测 | B.8 | | | C.9 | |
| | 光散射粒子计数器法 | B.8.2.1 | | 光散射粒子计数器 | C.9.1 | |
| | | | | 气溶胶发生器 | C.9.2 | |
| | | | | 气溶胶物质 | C.9.3 | |
| | | | | 稀释装置 | C.9.4 | |
| | 气溶胶光度计法 | B.8.2.2 | | 气溶胶发生器 | C.9.2 | |
| | | | | 检测气溶胶物质 | C.9.3 | |
| | | | | 气溶胶光度计 | C.9.5 | |
| | 静电和离子发生器 | B.9 | | | C.10 | |
| | 静电 | B.9.2.1 | | 静电电压计 | C.10.1 | |
| | | | | 高阻计 | C.10.2 | |
| | | | | 充电监测板 | C.10.3 | |
| | 离子发生器 | C.9.2.2 | | 静电电压计 | C.10.1 | |
| | | | | 高阻计 | C.10.2 | |
| | | | | 充电监测板 | C.10.3 | |
| | 粒子沉积 | B.10 | | 代测板材料 | C.11.1 | |
| | | | | 晶圆表面扫描仪 | C.11.2 | |
| | | | | 粒子沉积气溶胶光度计 | C.11.3 | |
| | | | | 表面粒子计数器 | C.11.4 | |
| | | | | 粒子沉积仪 | C.11.5 | |
| | | | | 光学粒子沉积监测仪 | C.11.6 | |
| | 隔离检测 | B.11 | | 光散射粒子计数器 | C.12.1 | |
| | | | | 气溶胶发生器 | C.12.2 | |
| | | | | 气溶胶物质 | C.12.3 | |
| | | | | 稀释装置 | C.12.4 | |

[a] 检测计划人员可在第一列中根据检测顺序对所选检测方法进行编号。

[b] 检测计划人员可在第四列中根据所选择的方法选择检测仪器。

## A.3 检测和验证计划

至少在以下时机进行检测：

a) 根据 ISO 14644-1 进行分级时；

b) 启动期间验证时；

c) 确认并纠正故障后验证时；

d) 改动后验证时；

e) 定期检测期间。

进行风险评估以确定检测周期。

根据监测数据、趋势和检测结果确认所选的检测周期，必要时可调整。

# 附 录 B
（资料性）
支持性检测方法

## B.1 压差检测

### B.1.1 概述

本检测是为了验证洁净室和周围环境之间、设施内各洁净室和洁净区之间保持规定压差的能力。本检测适用于所有 3 种占用状态。亦可定期检测，并将其列入 ISO 14644-2 规定的设施常规监测计划中。

### B.1.2 压差检测程序

建议在开始测量各房间之间以及房间与外围区域之间的压差前，确认以下项目。

——明确各房间之间的压差值和可接受范围。

——空气机组的送风量及系统风量的平衡在规定的范围内。

——洁净间可能影响房间之间压差的装置，如门、窗、通道等均关闭。检测期间永久开口处保持开放。

——空气处理系统已稳定运行。

——排风系统按协定条件运行。

测量各洁净室、洁净区和相连相邻房间之间的压差。测量洁净间与相连相邻非洁净环境之间的压差。

为避免出现读数错误，注意以下内容：

a) 测量点的设置；

b) 洁净室和洁净区内的压差不宜在接近可能影响测点局部压力的位置处测量，该位置包括：送风口、回风口、扰动气流装置、门、其他局部高风速区域；

c) 当所测得的压差低于协定值时，通过气流可视化的方法确认房间之间的气流方向。

### B.1.3 压差检测仪器

C.2 中提供了测量仪器的说明和测量规范。

压差测量可使用电子微压计、斜管压差计、机械压差计。

所用仪器具有有效的校准证书。

### B.1.4 检测报告

根据供需双方的协议，按第 5 章要求记录以下信息及数据：

a) 检测类型、测量值、检测条件；

b) 所用检测仪器、型号、校准状态；

c) 所测房间的洁净度；

d) 测点位置，必要时给出基准点的位置；

e) 占用状态。

## B.2 风速和风量检测

### B.2.1 概述

本检测是为了测量洁净室和洁净区内的风速、风速均匀性、送风量。单向流洁净室和洁净区需要测

量风速分布，非单向流洁净室和洁净区需要测量送风量。测量送风量是为确定单位时间内送到洁净室或洁净区的空气体积并计算换气次数。风量的测量可在末端过滤器的出风面，或在风道中。两者都是测量已知截面的风速，风速与面积的乘积为风量。具体测量方法也可协定。

测量风速时考虑以下条件：

a) 根据气流方向选择合适的探头方向；

b) 测量时间充分以便重复读数，并记录平均风速或风量。

### B.2.2 单向流设施检测程序

#### B.2.2.1 概述

单向流的风速决定单向流洁净室的性能。可在靠近末端过滤器表面测量风速，也可在室内测量风速。检测时测量面垂直于送风气流并分成等面积网格。

#### B.2.2.2 送风风速

风速测点距过滤器出风面或送风面约 150 mm～300 mm。

测点(网格单元)的数量很大程度上取决于用于测量的仪器、房间基础设施的配置、位置或工艺设备以及安装的过滤单元的设计。采用公式(B.1)计算最少测点数量(网格单元)：

$$N = \sqrt{10 \times A} \qquad \cdots\cdots (B.1)$$

式中：

$N$ ——测点数量(网格单元，$N$ 向上取整数)；

$A$ ——测量面积，单位为平方米($m^2$)。

若单向流区域平均风速由公式(B.2)计算：

$$V_a = (\sum V_n) / N \qquad \cdots\cdots (B.2)$$

式中：

$V_a$ ——平均风速，单位为米每秒(m/s)；

$\sum V_n$——所有测量风速($V_n$)的总和，单位为米每秒(m/s)；

$V_n$ ——每个网格单元中心处实测风速，单位为米每秒(m/s)；

$N$ ——测点数量。

每个过滤器出风口或风机过滤单元至少有一个测点。

若测量数据用于确定 B.2.2.4 的送风量或 B.2.2.3 中的风速均匀性时，可增加测点(网格单元)的数量。

较小的区域可增加测点(网格单元)，以增加非均匀流速的可能性。

测量时间充分以便重复读数。若有多个测点，记录风速测量的平均值。

注 1：若送风风速的测点过于接近出风面，由于气流分布的变化，存在测量误差的风险。若测点距离过滤器表面太远，测量读数可能会受到影响。

注 2：可使用临时屏障排除对单向流的干扰。

#### B.2.2.3 洁净室或洁净区内风速的均匀性

可按 B.2.2.2 测量风速均匀性，或按供需双方协定的方式测量。

注：当生产装置和工作台安装就位时，确认气流不会发生明显变化非常重要。

供需双方协定用于确认风速均匀性和最大偏差(风速及其差异性)的数据。

根据实测风速计算标准偏差和平均值，风速均匀性 $U_V$ 采用公式(B.3)计算：

$$U_V = [1 - (SD/V_a)] \times 100 \qquad \cdots\cdots (B.3)$$

式中：

SD ——标准偏差；

$V_a$ ——平均风速，单位为米每秒(m/s)。

风速最大偏差 MD，采用公式(B.4)计算：

$$MD = [(V_d - V_a) / V_a] \times 100 \quad \cdots\cdots (B.4)$$

式中：

MD ——最大偏差%；

$V_a$ ——平均风速，单位为米每秒(m/s)；

$V_d$ ——与平均风速差异最大的风速值，单位为米每秒(m/s)。

#### B.2.2.4 根据实测风速计算的送风量

可利用 B.2.2.2 的风速测量结果按公式(B.5)计算总风量：

$$Q = \sum (V_n \times A_c) \quad \cdots\cdots (B.5)$$

式中：

$Q$ ——总风量，单位为立方米每秒($m^3/s$)；

$V_n$ ——每个网格单元中心处实测风速，单位为米每秒(m/s)；

$A_c$ ——网格单元面积，其定义为设施的面积除以测点的数量，单位为平方米($m^2$)。

注 1：当采用此方法计算风量时，其准确性可能会受到多个因素的影响。如：测量仪器的选择、测量位置的选择、测点(网格)的数量、与过滤器表面之间的距离以及开孔面积的计算。

注 2：当待测截面进行等面积网格划分时，总风量也可以直接用各网格中心处实测风速的平均值乘以截面总面积计算得出。

#### B.2.2.5 根据风管风速计算送风量

风管中的风量测量可采用孔板流量计、文丘里流量计、皮托管和风速计等体积流量计。

使用皮托管和压力计或使用风速计(热式或叶轮式)测量矩形风管时，先将风管中的测量截面划分为等面积网格，然后测量每个测点(网格单元)中心处的风速。测点的数量(网格单元)由供需双方协定。根据 B.2.2.4 规定的方法对风量进行评估。若是圆形风管，则可按照 ISO 5167-5 介绍的方法使用皮托管测定风量。

注：在测量送风量时，在过滤器表面测量风速与在风管内测量风速可能存在差异。

### B.2.3 非单向流设施检测程序

#### B.2.3.1 概述

某些情况下，为了测定总风量，有必要逐一测量每个送风口的风量。

#### B.2.3.2 风量罩法测量送风量

由于送风口局部气流的扰动和气流喷射的影响，建议采用风量罩测量末端过滤器或送风散流器的总送风量。可使用配有流量计的风量罩直接测量，也可用风量罩出风的风速乘以有效面积求出送风量。风量罩的上开口完全罩住过滤器或散流器；为了避免旁通漏风造成的读数不准，风量罩的上沿密封紧靠平坦表面。若采用配有流量计的风量罩，则可用风量罩的出风端口直接测量并读取各个末端过滤器或送风散流器的风量。

验证风量罩的准确度，以证明其测量各类型出风口的结果准确。若结果不准确，则采用修正系数。

修正系数和流速有关，对应于现场检查，基于在风管内和出风口处的参考测量值之间的差异。

此外，若出风口装有(涡流)散流器，则风量罩也可适用于散流器的气流类型。

#### B.2.3.3 根据测量的风速计算送风量

若没有风量罩，可用风速计来测量各个末端过滤器出风面的风速。用风速与出风面修正(净)面积的乘积得出送风量。可用临时屏障阻隔对单向流的干扰。

测点的数量(网格单元)和送风量的计算见 B.2.2.2 和 B.2.2.4。

若无法将测量面划分成等面积测点(单元网格)，也可以使用面积加权来计算平均风速。

采用本方法计算时，风量的准确性会受到许多因素的影响，如：检测仪器的选择、测量位置的选择、测点的数量(网格单元)、与过滤器表面之间的距离以及开孔面积的计算。在进行该检测时，考虑这些潜在的变化。

#### B.2.3.4 根据风管风速计算送风量

风管中的风量测定与 B.2.2.5 介绍的方法相同。

### B.2.4 气流检测仪

C.3 中提供了测量仪器的说明和测量规范。风速测量可使用超声波风速仪、热式风速仪、叶轮风速计，或其他效果相当的仪器。

风量测量可使用孔板流量计、文丘里流量计、皮托管、均速皮托管和压力计，或其他效果相当的仪器。

风速测量不应受到短距离内点与点间的速度波动的影响。例如，为了在某一波动范围内测出“平均”风速，使用热式风速仪时，划分的网格要小，测点要多；使用叶轮风速仪时，叶轮的灵敏度要高，叶轮要大。

所用仪器具有有效的校准证书。

### B.2.5 检测报告

根据供需双方的协议，按第 5 章要求记录以下信息及数据：

a) 检测类型、检测条件；
b) 所用检测仪器、型号、校准状态；
c) 测点位置、距过滤器表面的距离；
d) 占用状态；
e) 检测结果；
f) 与检测有关的其他数据。

## B.3 气流方向检测和可视化

### B.3.1 概述

本检测是为了证明气流方向及其均匀性与设计要求和性能要求相符。

注 1：本文件未考虑使用计算流体动力学(CFD)进行预测和分析。

注 2：示踪线法由于示踪材料的特性可能无法显示气流的真实方向，如线的重量。

### B.3.2 方法

下述 4 种方法可用于气流方向检测及可视化：

a) 示踪线法；
b) 示踪剂法；
c) 采用图像处理技术的气流可视化法；

d) 借助速度分布测量的气流可视化法。

方法 a)和方法 b),实际上是通过示踪线或示踪剂将洁净室或洁净区的气流实现可视化,并使用摄像机等设备记录存档。示踪线或示踪粒子不应成为污染源,并能准确地跟随气流的流向。检测过程中可使用示踪粒子发生器和高强度光源等其他仪器。

方法 c)量化演示洁净室或洁净区内的风速分布。该方法使用了计算机示踪粒子图像处理技术。

注意不要让检测人员干扰观测中的气流。

注 1:气流会受到压差、风速、温度等参数的影响。

注 2:适当的气流可视化术能最大程度地评估单向流洁净室、洁净区和受控区的气流分布效果。当然,该方法也可用于非单向流区域。

### B.3.3 气流方向检测和可视化程序

#### B.3.3.1 示踪线法

该检测是通过观察丝线、单根尼龙细线或薄膜带等实现的。将示踪线放置于气流中的支撑杆顶端或系在金属丝网格的交汇处,就可直接观察气流的方向和因紊流引起的波动。有效的照明有助于观察与记录气流状况。

#### B.3.3.2 示踪剂法

该检测是通过对高强度光源照亮的示踪粒子的特性进行观察或成像来实现的。这项检测提供了洁净室、洁净区或受控区内气流方向和均匀性的信息。产生的示踪粒子的物质可选去离子水(DI 水)、喷射的或用化学法生成的乙醇和乙二醇等。为了避免表面污染,慎重选择示踪剂。

使用液滴生成法时考虑液滴的粒径。液滴要大到图像处理技术可以探测到,但又不大到会因重力等效应而偏离被观测的气流。

#### B.3.3.3 采用图像处理技术的气流可视化法

利用 B.3.3.2 的方法生成图像,对录像或照片上的粒子图像数据进行处理,给出检测区的二维风速矢量的数量特征。这项处理技术需要配有适当接口和软件的计算机。可使用激光光源等装置来提高空间分辨率。

#### B.3.3.4 通过测量速度分布评估气流分布

可在被观测洁净室或洁净区内的几个规定点上放置热式风速仪或超声波风速仪等风速测量设备,以测定气流速度分布情况。对测量数据进行处理,可得到气流分布的信息。

### B.3.4 气流方向检测和可视化所用仪器

各种检测方法使用的仪器不同。C.4 及表 B.1、表 B.2 给出了各种检测方法的适用仪器。

**表 B.1 示踪线法或示踪剂法中使用的材料或粒子**

| 项目 | 说明 |
|---|---|
| 示踪线法中使用的材料 | 丝线、布等 |
| 示踪剂法中使用的粒子 | 直径为 0.5 μm 至 50 μm 的去离子水或其他流体雾;<br>在测量位置空气中的中性比重气泡;有机或无机检测雾 |
| 用于记录可视化图片或示踪粒子图像的图像记录装置 | 气流可视化方法中使用的各种装置,如照相机、摄像机等<br>包括高速或频闪灯或同步功能和图像记录的设备 |

注：在气流可视化检测后，通常需要重新清洁洁净室或洁净区。

表 B.2 气流可视化照明光源

| 项目 | 说明 |
| --- | --- |
| 用于对比观察或气流成像的各种照明光源 | 钨灯、荧光灯、卤素灯、汞灯、激光光源(氩氛、氩离子、钇铝石榴石晶体激光器等)，带或不带频闪记录仪或同步功能的记录仪 |
| 气流可视化定量测量的图像处理技术 | 激光光片法，由高功率激光源(氩或钇铝石榴石晶体激光器)组成、包括柱面透镜的光学器件和控制器，可将二维气流可视化 |

### B.3.5 检测报告

根据供需双方的协议，按第 5 章要求记录以下信息及数据：

a) 检测类型、可视化方法、检测条件；
b) 所用检测仪器、型号、校准状态；
c) 可视化测点的位置；
d) 若规定使用图像处理技术或测量速度分布，照片或其他记录媒体保存的图案，或每项测量的原始数据；
e) 气流可视化报告给出平面图，标出所有仪器的准确位置；
f) 占用状态。

## B.4 自净检测

### B.4.1 概述

本检测是为了确定设施通过稀释降低空气悬浮粒子的能力。产生粒子的事件发生后，洁净度的恢复性能是设施最重要的能力之一。自净检测仅推荐适用于非单向流系统，因为自净性能基于非单向流系统中空气的稀释和混合，其与单向流系统是通过单向流来清除污染不同。非单向流洁净室的自净性能受通风效果、热条件和障碍物等气流分布特性的影响。可使用光散射粒子计数器或气溶胶光度计进行自净检测。使用人工气溶胶时考虑洁净室或洁净区残留污染的风险。

### B.4.2 自净性能

自净性能由 100∶1 或 10∶1 的自净时间和(或)自净速率来表示。100∶1 或 10∶1 自净时间定义为粒子浓度降低至初始值的 1/100(或 1/10)所需要时间。自净速率定义为粒子浓度随时间的变化速率。上述两个参数可从同一粒子浓度衰减曲线得到。在粒子浓度以单指数衰减的时间段内进行测量。在半对数坐标图(浓度在纵坐标为对数刻度，时间值在横坐标为线性刻度)上浓度与时间呈线性关系。检测浓度不宜过高，以免产生重叠误差；也不宜过低，以免产生计数偏差。

自净时间检测是为了评估由于故障或计划内的维护停机，导致洁净室或洁净区内粒子浓度短暂升高后，恢复至目标洁净度的实际时长。自净速率评估是为了确立在测点周围的粒子浓度暂时变高后局部恢复洁净度的能力。半对数图上衰减曲线的斜率表示该区域的局部恢复洁净度的能力。

注 1：不建议对 ISO 8 级和 9 级进行 100∶1 检测。

注 2：恢复率的检测不仅给出了自净速率，而且还给出了测量位置的单位时间的换气次数。若将该局部换气次数与洁净室的整体换气次数作比较，则可以得出通风系统在测量位置提供洁净空气的效果。

### B.4.3 自净检测程序

#### B.4.3.1 测点的选择

将光散射粒子计数器探头放在工作面的适当位置(可能包括关键位置或疑似最差情况位置)。测点和测量次数由供需双方协定。不建议选择不能代表洁净室自净性能的测量位置,如在没有送风口的送风点下。

#### B.4.3.2 方法

注意避免过高粒子浓度导致的重叠误差和光散射粒子计数器光学器件的污染。检测前,需要计算自净时间检测所需的初始浓度。若计算出的初始浓度超出光散射粒子计数器的最大可测浓度时,使用稀释装置来降低浓度以避免重叠误差。检测程序如下所述。

a) 按制造商的说明和校准证书设置计数器。

b) 本检测中使用小于 1 μm 的粒径。建议用计数器上气溶胶浓度读值最高的那个粒径通道作为检测通道。

c) 待测洁净区域为空气处理设备正常运行条件下受气溶胶污染的区域。

d) 将气溶胶初始浓度提高到目标洁净水平的 10 倍或 100 倍以上(见注 1)。

e) 每次测量间隔时间不超过 1 min,并记录时间和浓度。

f) 绘制粒子浓度随时间的衰减曲线,显示出的结果为指数关系,即衰减为直线,既不是在衰减开始时也不是在结束阶段洁净室背景计数降低衰减速率时。

注 1:目标洁净度可为设计洁净度,也可为根据 ISO 14644-1 在静态时实测的洁净度或协定的洁净度,此时假设该水平为指数衰减图上的一点。

注 2:必要时,可采用替代方案,即关闭通风系统,引入检测粒子,在室内使用风扇进行混合后,开启通风系统。

#### B.4.3.3 使用 10∶1 或 100∶1 自净时间进行评估

评估程序:

a) 记录粒子浓度达到 10 倍或 100 倍的目标浓度阈值的时间($t_{10n}$ 或 $t_{100n}$);

b) 记录粒子浓度降至目标洁净度水平的时间($t_n$);

c) 计算 10∶1 自净时间,$t_{0.1}=(t_n-t_{10n})$;

d) 计算 100∶1 自净时间,$t_{0.01}=(t_n-t_{100n})$。

#### B.4.3.4 使用恢复率的评估

自净性能可从粒子浓度衰减曲线的斜率确定,如下所示。

a) 连续测量并记录时间和浓度。取样时间尽可能短,但取样的计数具有统计学相关性。取样时间间隔尽可能短。

b) 将衰减粒子浓度数据绘制在半对数坐标图上(纵坐标为对数浓度,横坐标为时间)。

c) 选定的最高和最低浓度限值,以确保浓度衰减曲线近似直线。

d) 较高浓度和较低浓度之间的曲线斜率即为洁净恢复率。两次相继测量值之间的洁净恢复率由公式(B.6)计算:

$$r=-2.3\times\frac{1}{t_1-t_0}\lg\left(\frac{C_1}{C_0}\right) \quad \cdots\cdots\cdots\

式中：

$r$ ——洁净恢复率；

$t_1-t_0$——$C_0$ 和 $C_1$ 浓度测量的间隔时间；

$C_0$ ——$t_0$ 时刻的较高浓度；

$C_1$ ——$t_1$ 时刻的较低浓度。

注：洁净室中一个或多个关键位置的通风效果能通过比较该位置的恢复率与洁净室的整体恢复率来确定。若洁净室内空气和污染物在洁净室自净检测开始时完全混合，则洁净室的总恢复率与洁净室的换气率相同，因此通过比较一个或多个位置的恢复率与洁净室换气率来确定通风效果。

为了得到自净检测的可比值，有必要考虑进风处和自净检测点间温差影响，这会导致洁净室气流的变化。由于洁净室热负荷变化以及季节性升温及降温的不同要求，空态和静态下的温差可能会有所变化。宜测量进风处与自净检测点之间的温差。

#### B.4.4 自净检测仪器

下列仪器可用于自净检测：

——气溶胶发生器和人工生成气溶胶，符合 C.5 中规定的特性；

——光散射粒子计数器，符合 C.5.1 中所规定的效率；

——稀释装置，如有必要，见 C.5.4 的规定；

——温度计。

注：也可使用气溶胶光度计进行自净检测。

#### B.4.5 检测报告

根据供需双方的协议，按第 5 章要求记录以下信息及数据：

a) 所用检测仪器、型号、校准状态；

b) 测点数量和位置；

c) 占用状态；

d) 检测结果。

### B.5 温度检测

#### B.5.1 概述

本检测是为了证明设施的空气处理系统，按供需双方议定的时间和限值，保持被测区域内空气温度的能力。有关适当检测方法的详细信息参考 ISO 7726 和其他相关文件。

#### B.5.2 温度检测仪器

温度检测中使用准确度符合 ISO 7726 规定的传感器，例如：

a) 温度计；

b) 热电偶；

c) 热敏电阻。

所用仪器具有有效的校准证书。

### B.6 湿度检测

#### B.6.1 概述

本检测是为了证明设施的空气处理系统，按供需双方议定的时间和限值，保持被测区域内空气湿度

(用相对湿度或露点表示)的能力。有关适当检测方法的详细信息参考 ISO 7726 和其他相关文件。

### B.6.2 湿度检测仪器

湿度检测中使用准确度符合 ISO 7726 规定的传感器。

常见的传感器有:

a) 介质膜电容湿度传感器;

b) 露点传感器;

c) 干湿球温度计。

## B.7 已装过滤系统泄漏检测

### B.7.1 概述

风险提示:气溶胶发尘可能在某些设施内造成过高的粒子污染或分子污染。某些检测气溶胶在特定环境中可能成为安全隐患。本部分无意探讨相关安全问题。用户有责任在采用本文件前,考虑并采用适当安全措施,进行风险分析遵守相关法规。

#### B.7.1.1 方法

本检测是为了验证安装过程中无泄漏,确认最易穿透粒径效率(MPPS)达到 99.95%或更高效率的已装过滤系统安装良好,且过滤器无缺陷(过滤器介质、框架、密封有小孔和其他损坏,以及过滤器边框泄漏)。本检测不用于确定过滤介质的效率。检漏确定的泄漏水平,与设施的洁净度性能相关。本检测是通过在过滤器的上游引入气溶胶,在过滤器下游和边框处扫描检测,或在下游风管内采样检测。该检测适用于"空态"或"静态"的洁净室或洁净区,并在新建洁净室或洁净区调试时进行,或现有设施需要重新检测时,或更换高效过滤器之后。

B.7.2 和 B.7.3 给出了安装在上部、墙面的过滤器或设备中的过滤系统的 2 种检测方法。B.7.2 采用气溶胶光度计测量质量浓度,B.7.3 采用光散射粒子计数器测量计数浓度。B.7.4 描述了风管中安装的过滤器的检测方法。

#### B.7.1.2 气溶胶光度计法

下列情况下可使用气溶胶光度计法(B.7.2):

a) 配备任何类型空气处理系统的洁净室和洁净区;

b) 沉积在过滤器和风管内的检测用油性挥发气溶胶的释气对洁净室内的产品、工艺、人员不会产生危害。

注:与光散射粒子计数器法相比,气溶胶光度计法需要较高的上游气溶胶浓度。

#### B.7.1.3 光散射粒子计数器法

下列情况下可使用光散射粒子计数器法:

a) 配备任何类型空气处理系统的洁净室和洁净区;

b) 不允许沉积在过滤器和风管内检测用油性挥发气溶胶释放气体的设施,或推荐使用固体气溶胶。

注 1:本方法需一系列的计算,也可能需要使用稀释装置(见 C.5.4)。计算可以是手动完成的,也可以是用单独的计算机完成的,也可以是将仪器连接到计算机完成的,还可以是在光散射粒子计数器上自动计算完成的。

注 2:该方法也可用于可容许释放油性气溶胶的系统。

### B.7.2 已装过滤系统气溶胶光度计扫描检漏程序

#### B.7.2.1 概述

准备步骤见 B.7.2.2、B.7.2.3、B.7.2.5、B.7.2.6，可接受限值见 B.7.2.4，检漏程序见 B.7.2.7，修补措施见 B.7.6。

#### B.7.2.2 确定采样头尺寸

宜选择 $D_p$=1 cm，$W_p$=8 cm 的矩形采样头或直径为 $D_p$=3.6 cm 的圆形采样头。

$D_p$ 为平行于扫描方向的采样口宽度，$W_p$ 为垂直于扫描方向的采样口宽度，单位为 cm。

#### B.7.2.3 确定扫描速度

采样头扫描速度 $S_r$ 约为 5 cm/s。

#### B.7.2.4 可接受限值

扫描时，发现任何大于或等于设计泄漏限值时，采样头在泄漏位置驻停。采样头所在的气溶胶光度计稳定最大读数的位置即为漏点。

检测出泄漏率超出上游质量浓度的 0.01%时则认为超出最大可接受穿透率。但对于 99.95%≤MPPS<99.995%的过滤系统，其可接受限值为 0.1%。

若所测过滤系统过滤效率低于 99.95%，则有必要根据供需双方协定不同的可接受限值。

消除所检出的泄漏需采取的措施见 B.7.6。

#### B.7.2.5 上游气溶胶的选择

将采用拉斯金(Laskin)喷嘴、热发生器或类似装置人工生成的气溶胶注入上游气流，以达到均匀的浓度。这种发尘方式产生气溶胶粒子的质量中值粒径一般为 0.3 μm～0.7 μm，几何标准差最高 1.7。

注：有关气溶胶物质的要求见 C.8.4。

#### B.7.2.6 上游气溶胶浓度及验证

过滤器上游气溶胶的浓度宜为 1 mg/m³～100 mg/m³。

注：并非所有光度计都能使用 1 mg/m³ 作为上游浓度。

采取适当手段来验证注入的气溶胶与送风混合均匀。系统首次检测时，验证气溶胶混合充分。验证时规定并记录所有注入口和采样点。

紧邻过滤器上游气溶胶浓度一段时间内不超过实测平均值的±15%。浓度低于平均值时，会降低检测灵敏度；浓度较高时，会增加检测灵敏度。空气气溶胶混合检测的更多详情由供需双方协定。

#### B.7.2.7 已装过滤系统扫描检漏程序

完成气流风速检测(B.2)后进行本检测。当设施以不同的风速/风量运行时，选择最大风速/风量进行过滤系统扫描检漏。检测时，在过滤器上游引入气溶胶，用光度计的采样头扫描过滤器出风面和边框，具体如下所述。

a) 按 B.7.2.6 测量过滤器上游的气溶胶浓度。该浓度作为光度计的上游 100%基准浓度。下游测量值显示为上游浓度百分比的穿透率。

b) 将采样头以不超过 5 cm/s 的速度往复扫描(建议重叠 1 cm)。采样头与下游过滤器表面或边

框距离不大于 3 cm。

c) 扫描覆盖到过滤器的整个出风面、过滤器的周边、过滤器边框与安装框架之间的密封处、安装框架的结合处。

d) 扫描检漏期间及之后，以适当时间间隔复测上游浓度，以确认上游浓度的稳定性(见 B.7.2.6)。

### B.7.3 已装过滤系统光散射粒子计数器扫描检漏程序

#### B.7.3.1 概述

准备步骤见 B.7.3.2 至 B.7.3.7，检测程序见 B.7.3.8、B.7.3.9，可接受限值见 B.7.3.4，修补措施见 B.7.6。评估应用示例见 B.7.3.10。

本方法分为两步。

第一步：扫描过滤器洁净侧。使用光散射粒子计数器扫描时，在采样时间($T_s$)内以给定检测条件发现超出可接受计数($N_a$)，则表明可能存在泄漏。进行第二步检测。若未发现可疑泄漏，则不必做进一步调查。确定参数 $N_a$ 的方法见 B.7.3.5，确定参数 $T_s$ 的方法见 B.7.3.8.2。第一步扫描检测程序见 B.7.3.8。

第二步：将采样头返回至各可疑泄漏处的位置，停在该处复测。在使用光散射粒子计数器驻停重新测量过程中，在取样时间($T_r$)内，以给定的检测条件发现超出可接受计数($N_{ar}$)，则表明可能存在泄漏。确定参数 $N_{ar}$ 和 $T_r$ 的方法见 B.7.3.9.2。第二步驻停重新测量的程序见 B.7.3.9。

#### B.7.3.2 确定采样头尺寸

采样头的进气面积确保进入的风速和过滤器表面风速相同，其差异不超过±20%。采样头的进气面积可使用公式(B.7)计算：

$$D_p \times W_p = Q_{va}/U \qquad \cdots\cdots (B.7)$$

式中：

$D_p$ ——平行于扫描方向的采样口宽度，单位为厘米(cm)；

$W_p$ ——垂直于扫描方向的采样口宽度，单位为厘米(cm)；

$Q_{va}$ ——光散射粒子计数器的采样率，单位为立方厘米每秒($cm^3/s$)；

$U$ ——过滤器表面速度，单位为厘米每秒(cm/s)。

最好选择进口尺寸为 $D_p$=1 cm 和 $W_p$=8 cm 的矩形采样口或直径为 $D_0$=3.6 cm 的圆形采样口。

建议根据采样速度 $Q_{vs}$，即 $Q_{vs}$=0.000 472 $m^3/s$(=472 $cm^3/s$，28.3 L/min 或 1 CFM)选择采样头尺寸。

若过滤器面风速过高(>1 m/s)，可使用公式(B.7)计算得出较小的采样头尺寸 $D_p$。

对于圆形采样头，可以使用公式(B.8)确定 $D_p$ 的值：

$$D_p = 2 \times \sqrt{D_0 \times W_s - W_s^2} \qquad \cdots\cdots (B.8)$$

式中：

$D_p$ ——平行于扫描方向的采样口宽度，单位为厘米(cm)；

$D_0$ ——采样口实际宽度(直径)，单位为厘米(cm)；

$W_s$ ——垂直于扫描方向的采样口重叠宽度，单位为厘米(cm)。

对于直径为 3.6 cm 的圆形采样头，$D_p$ 为 2.54 cm。

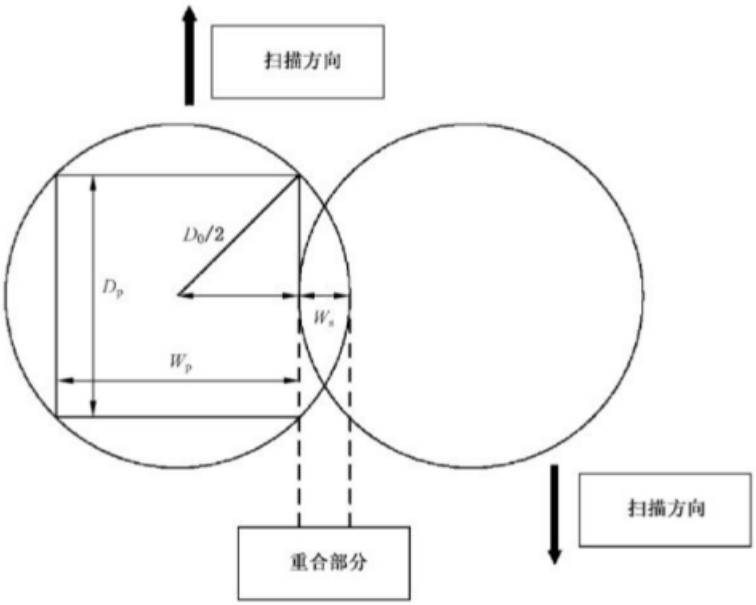


**图 B.1　圆形采样头尺寸图**

注：为了最有效地扫描目标表面积，有必要选择当 $D_p$ 等于 $W_p$ 时的 $W_s$。对于直径为 3.6 cm 的圆形采样头，最有效的 $D_p$ 为 2.54 cm。

#### B.7.3.3　确定扫描速度

对于 $D_p$=1 cm、$W_p$=8 cm 的矩形采样头，其扫描速度($S_r$)不超过 5 cm/s。

对于直径为 3.6 cm 的圆形采样头，其扫描速度($S_r$)不超过 12 cm/s。

若上游气溶胶浓度达不到，则需要改变扫描速度。假设光散射粒子计数器取样速率为 0.000 472 $m^3/s$，通过公式(B.9)计算扫描速度(单位为 cm/s)：

$$S_r = C_c \times P_1 \times 0.000\ 472 \times \frac{D_p}{N_p} \qquad \text{(B.9)}$$

式中：

$C_c$ ——过滤器上游的气溶胶浓度，单位为个每立方米(个/$m^3$)；

$N_p$——表征指定粒径泄漏的粒子计数的预期中值；

$P_1$ ——待测过滤设施的粒子允许最大穿透率。

#### B.7.3.4　待计数粒径和可接受限值

待计数的粒子粒径≥0.3 μm 或按供需双方协定。

扫描时，采样头要驻停在可疑泄漏的位置。通过采样头的位置来识别泄漏点。

检测出泄漏率超出上游粒子浓度数的 0.01%时则认为其超出最大可接受穿透率。但对于 99.95%≤MPPS<99.995%的过滤系统，其可接受限值为 0.1%。

若所测过滤系统过滤效率低于 99.95%，则有必要根据供需双方协定不同的可接受限值。

#### B.7.3.5　期望粒子数

第一步扫描检测可接受的粒子数目为 $N_a$，最好选择 $N_a$ 值为 0 或 1。

置信下限将确定 $N_a$，用公式(B.10)计算：

$$N_a = N_P - 2\sqrt{N_P} \qquad \text{(B.10)}$$

式中：

$N_P$——表征指定粒径泄漏的粒子计数的预期中值。

公式(B.9)中使用了 $N_P$，公式(B.11)可用于计算 $N_P$：

$$N_p = (N_a + 2) + 2\sqrt{1 + N_a} \quad \cdots\cdots (B.11)$$

$N_a = 0$ 时，$N_p$ 为 4；$N_a = 1$ 时，$N_p$ 为 5.83。

注：若担心未损坏过滤介质因数据异常导致的误判，建议选择较高的 $N_a$ 和 $N_p$ 值。

#### B.7.3.6 上游气溶胶的选择

将人工生成的多分散气溶胶注入上游气流，达到所需的均匀浓度。这种发尘方式产生计数粒子中值粒径一般为 0.1 μm～0.5 μm，几何标准差可高达 1.7。中值粒径通常为 0.3 μm～0.7 μm，几何标准差可高达 1.7。

或者，可以使用适当粒径的微球作为上游气溶胶。

若不能引入人工气溶胶，则可以使用大气尘作为上游气溶胶。

注：有关气溶胶物质的要求见 C.8.4。

#### B.7.3.7 上游气溶胶浓度及其确认

过滤器上游的气溶胶浓度宜足够高，以达到 B.7.3.3 规定的可接受的实际扫描速度。过滤器上游气溶胶浓度按公式(B.12)计算：

$$C_c \geqslant N_p \times S_r / (Q_{vs} \times D_p \times P_1) \quad \cdots\cdots (B.12)$$

式中：

$C_c$——过滤器上游的气溶胶浓度，单位为个每立方米(个/$m^3$)；

$D_p$——平行于扫描方向的采样口宽度，单位为厘米(cm)；

$P_1$——待测过滤设施的粒子最大允许穿透率；

$S_r$——采样头扫描速度，单位为厘米每秒(cm/s)；

$Q_{vs}$——测量仪器的实际采样速度，单位为立方米每秒($m^3$/s)。

根据 B.7.3.2 和 B.7.3.3 中建议的采样头尺寸和扫描速度，可按公式(B.12)选择过滤器上游气溶胶浓度。

在大多数情况下，将生成的气溶胶引入上游检测，并达到必要的高浓度。为确认该高浓度，可使用稀释系统，以避免超过光散射粒子计数器的浓度上限(重叠误差)。

可使用公式(B.9)，通过改变采样头扫描速度调整上游气溶胶浓度。

采取适当手段来验证注入的气溶胶与送风均匀混合。系统首次检测时，验证气溶胶混合充分。验证时规定并记录所有注入口和采样点。

紧邻过滤器的上游气溶胶浓度在一段时间内不超过实测平均值的±15%。浓度低于平均值时，会降低检测灵敏度；浓度较高时，会增加检测灵敏度。空气气溶胶混合检测的更多详情由供需双方协定。

当上游气溶胶浓度随时间变化时，在检漏扫描期间持续这些测量，以便获得用于连续下游计数计算的数据。

#### B.7.3.8 已装过滤系统扫描检漏程序，第一步：扫描检测

##### B.7.3.8.1 概述

完成气流风速检测(B.2)后进行本检测。当设施以不同的风速/风量运行时，选择最大风速/风量进行过滤系统扫描检漏。检测时，在过滤器上游引入气溶胶，用光散射粒子计数器的采样头扫描过滤器出风面和边框，具体如下所述。

a) 按 B.7.3.7 测量过滤器上游的气溶胶浓度。

b) 将采样头以不超过 B.7.3.3 规定的扫描速度 $S_r$ 往复扫描，扫描的覆盖面之间略有重叠。采样头与下游过滤器表面或边框距离不大于 3 cm。

c) 扫描覆盖到过滤器的整个出风面、过滤器的周边、过滤器边框与安装框架之间的密封处、安装框架的结合处。

d) 扫描检漏期间及之后，以适当时间间隔复测上游浓度，以确认上游浓度的稳定性(见 B.7.3.7)。

#### B.7.3.8.2 两类扫描的测量参数

通常，光散射粒子计数器设计是用于对特定取样空气体积的粒子进行计数的。许多光散射粒子计数器在连续测量过程中无法在非常短的时间内输出粒子计数的数据。

因此使用光散射粒子计数器进行已装过滤器系统扫描检漏时可选择 $N_a=0$ 或 $N_a=1$ 时的条件($N_a$ 为指定检测条件下可接受计数值)。

选择此条件时，通过检测期间每次计数或计数间的时长判断泄漏。

若仪器能够在每次计数时发出声音，则可以使用警报声来确认泄漏。

若仪器能够在连续测量期间实时输出计数结果，则可以使用任意 $N_a$。若在时间($D_p/S_r$)所观察到的计数值不大于 $N_a$，则确认无泄漏。

检测条件合理时，可选择以下两种扫描方式。

a) 扫描方式 a)。针对 0.3 μm 的粒子，选择 $N_a=0$：

——适用于驻停重新测量频次预期非常低的情况；

——a)类检测要求的上游浓度低于 b)类；

——若计数为 0，则证明无泄漏，可继续进行扫描检测。

b) 扫描方式 b)。针对 0.3 μm 的粒子，选择 $N_a=1$：

——适用于可能需要驻停重新测量的情况；

——b)类检测要求上游浓度高于 a)类，但光散射粒子计数器误差的影响会降低；

——若观察到的计数值为 0 或 1，则确认没有泄漏可继续进行扫描检测。

### B.7.3.9 驻停重新测量程序

#### B.7.3.9.1 概述

观察到粒子计数值大于 $N_a$ 时，则可能存在漏点，采用驻停方法重新测量该点。

#### B.7.3.9.2 驻停重新测量检漏

a) 实测计数小于或等于 $N_{ar}$(粒子数)时：

——在驻停时间 $T_r$ 内实测值≤$N_{ar}$，则证明没有泄漏。

b) 实测计数大于 $N_{ar}$(粒子数)：

——若实测值超过 $N_{ar}$，则可考虑驻停重新测量。若观察到的计数仍超过 $N_{ar}$，则认为过滤器存在泄漏。

#### B.7.3.9.3 确定驻停重新测量的测量参数

建议的驻停时间($T_r$)为 10 s。

表征泄漏限值的粒子数($N_{pr}$)和驻停重新测量可接受计数值($N_{ar}$)可用公式(B.13)和公式(B.14)进行计算：

$$N_{pr}=C_c\times P_1\times Q_{vs}\times T_r \qquad \cdots\cdots(B.13)$$

式中：

$N_{pr}$——表征泄漏限值的粒子数；

$C_c$——过滤器上游的气溶胶浓度，单位为个每立方米(个/$m^3$)；

$P_1$——待测过滤设施的粒子最大允许穿透率；

$Q_{vs}$——测量仪器的实际采样速度，单位为立方米每秒($m^3$/s)；

$T_r$——建议的持续停留时间，单位为秒(s)。

$$N_{ar}=N_{pr}-2\sqrt{N_{pr}} \qquad \cdots\cdots(B.14)$$

式中：

$N_{pr}$——表征泄漏限值的粒子数；

$N_{ar}$——驻停重新测量时可接受计数。

#### B.7.3.10 评估应用的示例

表 B.3 中列出的是测量参数示例。此表给出的是采用矩形采样头 $D_p=1$ cm 和 $W_p=8$ cm，扫描速度 $S_r=5$ cm/s 以及圆形采样头直径为 3.6 cm，扫描速度 $S_r=12$ cm/s 的参数示例。

**表 B.3 评估应用的示例**

| 测量参数 | | 矩形采样头(1 cm×8 cm) | | 圆形采样头(直径 3.6 cm) | |
|---|---|---|---|---|---|
| 扫描类型 | | 类型(a) | 类型(b) | 类型(a) | 类型(b) |
| $P_1$ | 待测过滤设施的粒子最大允许穿透率 | 0.000 1(0.01%) | | 0.000 1(0.01%) | |
| $D_p$ | 平行于扫描方向的采样口宽度/cm | 1 | | 2.54 | |
| $S_r$ | 采样头扫描速度/(cm/s) | 5 | | 12 | |
| $Q_{vs}$ | 测量仪器的采样速度/($m^3$/s) | 0.000 472 | | 0.000 472 | |
| $N_p$ | 第一步：与 $N_s$(计数)对应的表征指定粒径泄漏的粒子计数的预期中值 | 4.0 | 5.83 | 4.0 | 5.83 |
| $N_s$ | 第一步：扫描检测时 $T_s$ 时间内的可接受计数(计数) | 0 | 1 | 0 | 1 |
| $C_c$ | 过滤器上游的气溶胶浓度/(个/$m^3$) | 423 728 814 | 617 584 746 | 400 373 682 | 583 544 642 |
| $N_{pr}$ | 第二步：与 $N_{ar}$ 对应驻停重新检测 $T_r=10$ s 期间表征泄漏限值的粒子数(计数) | 200.00 | 291.50 | 188.98 | 275.43 |
| $N_{ar}$ | 第二步(修约后)：驻停重新检测时，$T_r=10$ s 期间的可接受粒子数(计数) | 171.72(171) | 257.35(257) | 161.48(161) | 242.24(242) |

### B.7.4 风管或空气处理机组内过滤器的整体检漏程序

本检测是为了评估安装在风管内过滤器的整体泄漏。此方法也可用来评估多级过滤器阵列的整体泄漏，而不需要单个检测。需要格外注意的是，本方法发现泄漏的灵敏度比 B.7.2 和 B.7.3 中所述的方法要低得多。整体泄漏检测结果受到系统中总送风量的影响，因为风量增加，发生泄漏的稀释程度更大。因此，本方法适用于风管或空气处理机组内无法进行扫描检漏的已装过滤设施的情况。若是关键的洁净室区域，则采用扫描方法。

注：本检测不适用于排风高效过滤系统。

检测时，向远离洁净室或洁净区的过滤器上游引入气溶胶，首先测量上游粒子浓度，然后测量过滤

后的粒子浓度，并将其与上游浓度比较，计算出过滤器设施的总泄漏或总透过率。

首次确认时，完成气流风速检测(B.2)后进行本检测。先按 B.7.2.6(气溶胶光度计法)或 B.7.3.7(光散射粒子计数器法)测量上游气溶胶浓度，以验证气溶胶浓度及其均匀性。

在浓度混合均匀处测量过滤器下游浓度。若混合不均匀，则在过滤器下游 30 cm～100 cm 的截面上等距离的位置进行一系列测量。此为网格采样方法，测量的位置和数量由供需双方协定。

过滤器上游的气溶胶或粒子总浓度以合理的时间间隔重复测量，以确认上游气溶胶浓度的稳定性(见 B.7.2.6 和 B.7.3.7)。

使用光度计时，用测出的总体浓度，穿透率表示每次测量局部穿透率；使用光散射粒子计数器时，用测出的粒子浓度，按所用粒径计算所用粒径下每个下游位置的测量的局部穿透率。每个下游位置穿透率低于规定值，或供需双方协定值。

可根据 B.7.6 或供需双方之间的协定对泄漏进行修补。

注：若需要对风管内的过滤器进行扫描检漏，见 B.7.2 和 B.7.3 介绍的方法。

### B.7.5 已装过滤系统泄漏检测所需仪器和材料

#### B.7.5.1 气溶胶光度计(见 C.8.1)

适用于背景粒子或浓度低于规定泄漏率 10%的情况。

#### B.7.5.2 光散射粒子计数器(见 C.8.2)

适用于背景粒子或浓度低于规定泄漏率 10%的情况。

#### B.7.5.3 合适的气动或热生成气溶胶发生器(见 C.8.3)

提供具有合适粒径范围的合适气溶胶浓度。

#### B.7.5.4 气溶胶稀释装置(见 C.5.4)

#### B.7.5.5 气溶胶物质(见 C.8.4)

B.7.5.1 至 B.7.5.3 所规定的仪器具有有效的校准证书。

### B.7.6 修补与修补程序

只有在供需双方协议允许的情况下才可进行修补。确定修补方法时遵守设备制造商或客户的要求。

选择修补用材料时，考虑释气及产品和工艺的分子沉积。

修补部位包括：过滤器、密封处和安装框架上探测到的泄漏。

过滤器和安装框架的修补可由供需双方协定。

修补完毕后，等待适当的固化时间，再使用规定的方法对泄漏点重新扫描检漏。

### B.7.7 检测报告

根据供需双方的协议，按第 5 章要求记录以下信息及数据。

a) 检测方法：气溶胶光度计法或光散射粒子计数器法。

b) 所用检测仪器、型号、校准状态。

c) 过滤器规格。

d) 任何特殊情况、偏离本方法的情况、供需双方协定的任何特殊方法。

e) 上游气溶胶浓度以及其取样点的位置和对应的测量时间。

f) 采样流量;使用粒子计数器时的粒径范围。

g) 计算出的上游平均气溶胶浓度和浓度分布。

h) 下游测量合格计算可接受限值。

i) 对应每台过滤器、每个区域或测点的下游测量结果。

j) 每个规定测点的最终检测结果。

k) 无泄漏则通过检测。若有泄漏,报告泄漏位置、修补情况及该位置的复测结果。

## B.8 围护结构密闭性检测

### B.8.1 概述

本检测是为了确定是否有受污染的空气由周围非受控区进入洁净区,并检查承压天花板系统有无泄漏。

### B.8.2 围护结构密闭性检测程序

#### B.8.2.1 光散射粒子计数器法

在洁净室外紧邻被评估表面处或门口处测量粒子浓度,所测粒径在该处浓度至少比洁净室内的浓度高 1 000 倍,且不低于 $3.5\times10^{6}$ 个/$m^{3}$。若浓度小于此值,则引入气溶胶提高浓度。

在围护结构内部以约 5 cm/s 的速度扫描检查结构连接处、缝隙和管线套管,扫描采样头距接口处、密封处、接合部的距离不大于 5 cm。

若检查打开门口的空气侵入情况,建议采用气流可视化法。

记录并报告适当粒径的所有高于外部环境气溶胶浓度 0.01 倍的读数。

注:本项测量的测点数目和位置由供需双方协定。

#### B.8.2.2 气溶胶光度计法

按照 B.7.2.5 的规定在洁净室或装置外发生足够高浓度的气溶胶。

读数超过 0.01%时表明存在泄漏。

在围护结构内部,以约 5 cm/s 的速度扫描结构连接处、缝隙和接缝,扫描采样头距被测表面不大于 5 cm。

若检查打开门口的空气侵入情况,在距离打开的门 0.3 m~1 m 处测量围护结构内的浓度。

记录并报告所有超过光度计 0.01%的读数。

### B.8.3 围护结构密闭性检测仪器

#### B.8.3.1 人工发生的气溶胶源

见 B.7.5,所用仪器具有有效的校准证书。

#### B.8.3.2 光散射粒子计数器

光散射粒子计数器见 C.8.2(或光度计见 C.8.1)。所用仪器具有有效的校准证书,具有识别 0.5 μm 或更小粒子的能力。

### B.8.4 检测报告

根据供需双方的协议,按第 5 章要求记录以下信息及数据:

a) 所用检测仪器、型号、校准状态;

b) 数据采集方法；
c) 测点位置；
d) 占用状态；
e) 检测结果。

## B.9 静电和离子发生器检测

### B.9.1 概述

本检测由两部分组成，一个是静电检测，另一个是离子发生器(电离器)检测。静电检测的目的是为了评估工作面和产品表面上的静电电压，以及地面、工作台面和洁净室或洁净区其他部件的静电耗散率。评估静电耗散特性要测量表面电阻和表面泄漏电阻。评估离子发生器的性能要检测带电荷监测物的放电时间，并测定绝缘监测板的偏置电压。每项测量结果均说明静电荷的耗散(或中和)效率及所生成的正、负离子数量的不平衡性。

### B.9.2 静电检测和离子发生器检测程序

#### B.9.2.1 静电检测程序

##### B.9.2.1.1 表面电压的测量

使用静电电压计或场强计测量工作表面和产品表面正/负的静电荷。

将探头面向接地的金属板，把静电电压计或场强计的输出调零。探头与金属板平行，探头与金属板的距离按制造商的说明。用于调零的金属板的表面积要足够大，以使与所要求的探头口尺寸以及探头至表面适当的距离相匹配。

测量表面电压时，将探头靠近被测体表面。把持探头的方式仍与调零时相同。为了进行有效测量，相对于探头感应口尺寸及探头与表面间的距离，被测体有足够大的表面积。

记录静电电压计的读数。

由供需双方协定测点和待测体。

##### B.9.2.1.2 静电耗散特性的测量

评估静电耗散特性需使用高阻计测量表面电阻(表面不同位置之间的电阻)和泄漏电阻(表面与大地之间的电阻)。

用质量和尺寸适当的电极来测量表面电阻和泄漏电阻。测量表面电阻时，这些电极与表面保持正确的距离。

供需双方协定检测条件的具体细节。

#### B.9.2.2 离子发生器检测程序

##### B.9.2.2.1 概述

本检测是为了评估双极离子发生器的性能，包括放电时间和偏置电压的测量。测量放电时间是为了计算离子发生器消除静电荷的效率；测量偏置电压是为了评估离子发生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合要求的残余电压。

测量仪器包括导电监测板、静电电压计、计时器和电源(有时也称为充电监测板)。

##### B.9.2.2.2 放电时间的测量

使用具有已知电容(例如 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，使其达到规定的正/负电压。

将监测板置于待评估的双极离子发生器的电离气流中，使用静电电压计和计时器测量监测板上静电荷随时间的变化。

放电时间的定义是监测板上静电荷减少至初始电压的10%所需的时间。

监测板上正/负电的放电时间都要进行测量。

供需双方协定检测点的位置和检测验收标准。

#### B.9.2.2.3 偏置电压的测量

用安装在绝缘体上的充电监测板测量偏置电压。用静电电压计监测绝缘板上的电荷。

开始时，将监测板接地以消除残余电压，并确认板上的电压为零。

将板暴露于电离气流，直到电压计的读数稳定，此时的电压就是偏置电压。

离子发生器的可接受偏置电压依工作区内物体对静电荷的敏感性而定。供需双方协定可接受的偏置电压。

### B.9.3 静电和离子发生器检测用仪器

#### B.9.3.1 静电电压计或静电场强计

用于静电检测中测量表面静电电压。

#### B.9.3.2 高电阻欧姆计

用于静电检测中测量静电耗散特性。

#### B.9.3.3 静电电压计或静电场强计和导电监测板或充电监测板

用于离子发生器检测。

有关上述仪器的介绍见C.10。所用仪器具有有效的校准证书。

### B.9.4 检测报告

根据供需双方的协议，按第5章要求记录以下信息及数据：

a) 检测和测量的类型，检测条件；
b) 所用检测仪器、型号、校准状态；
c) 温度、湿度、其他相关环境数据；
d) 测点位置；
e) 占用状态；
f) 检测结果；
g) 与检测有关的其他数据。

## B.10 粒子沉积检测

### B.10.1 概述

本检测规定了测量洁净室或洁净区内的空气中沉积在产品或其他关键工作表面的粒子的程序和仪器。使用表面特性与所关注风险表面类似的代测板来采集沉积粒子，然后使用光学显微镜、电子显微镜、表面扫描仪器或实时粒子沉积速率检测仪测定粒径并计数。可用粒子沉积光度计测定粒子沉积率。粒子沉积数据表示为单位时间、单位表面积粒子的质量或计数。

### B.10.2 粒子沉积检测程序

#### B.10.2.1 代测板采集粒子

在动态下，将具有相同电势的代测板放在检测表面的同一平面，并靠近风险表面。代测板位于待测位置。操作和收集代测板表面上的颗粒时，遵循下述程序和方法。

a) 确认洁净室的各个系统功能正常，符合运行要求。
b) 在每块代测板上作标识并进行清洁，将表面粒子浓度减少到最低程度。在暴露前测定每块代测板上粒子的背景浓度。
c) 保留10%的代测板用于对照，对照板的处置方式与实际检测用代测板完全相同，但不暴露。
d) 将所有代测板运到检测位置，运送时避免空气悬浮粒子污染或表面接触污染。
e) 将待测板暴露在洁净室中靠近风险表面附近，等效于产品暴露在空气悬浮粒子污染的位置。
f) 根据洁净室洁净度和粒子计数器确定检测代测板暴露时长，暴露时间宜从1 h至能够获得足够的粒子沉积以提供具有统计学意义的有效数据。
g) 将代测板暴露于动态环境，必要时可在多次生产过程中暴露，避免在无产品暴露的洁净条件中使用。
h) 收集并盖好暴露过的代测板，将其存放在密封的容器中防止受污染。

#### B.10.2.2 对采集的粒子进行计数和计径

对检测表面收集的粒子进行计数和计径，以得到可再现的数据，用于确定被测区域的洁净程度。

使用代测板时，可用下述方法确定粒子的数量及粒径：

a) 带有经过校准的线性或圆形测微尺的光学显微镜；
b) 带有经校准的已知线对光栅的电子显微镜；
c) 利用制造商提供的粒径校准信息的表面扫描仪。

使用代测板时，粒子沉积率(PDR)的计算方法如下。

a) 对代测板测量区域上的粒子进行计数和计径，包括控制板，并对粒子按适当的粒径范围分类。
b) 在每个检测结果中减去代测板的初始洁净度值。
c) 计算指定测量单位的表面积净浓度，并计算指定时间内沉积的数量。使用合适的测量单位，计算得出的每平方米秒沉降的粒子数即为粒子沉积率。

若可获取多个检测结果，则记录每个位置的平均粒子沉积率值，并在适当情况下记录其标准偏差。

### B.10.3 粒子沉积检测仪器

可使用不同仪器对沉积到检测表面上的粒子进行计数和计径，仪器可分为以下几类：

a) 光学显微镜(粒径≥2 μm)；
b) 电子显微镜(粒径≥0.02 μm)；
c) 晶片表面扫描仪(粒径≥0.01 μm)；
d) 粒子沉积率检测设备(粒径≥5 μm)；
e) 实时粒子沉积率测量装置(粒径≥15 μm)。

在选择计数和计径仪器时，考虑适合的粒径范围。同时还需要考虑的其他因素包括样本采集和样本分析所需的时间。所用仪器具有有效的校准证书。

### B.10.4 取样时间和表面积的计算

粒子沉积率值越低，所需的暴露表面积 $A$ 越大，暴露时间 $T$ 越大。$A \times T$ 的乘积足够大，以便准确

测定粒子沉积率。关注的最大粒径暴露表面积和暴露时间乘积建议选 20[见公式(B.15)]：

$$A \times T \geqslant 20 \quad \cdots\cdots (B.15)$$

式中：

$A$ ——暴露表面积；

$T$ ——暴露时间。

#### B.10.5 检测报告

根据供需双方的协议，记录以下信息和数据：

a) 检测和测量的类型，检测条件和占用状态；

b) 所用检测仪器、型号、校准状态；

c) 测点位置；

d) 测量结果。

### B.11 隔离检测

#### B.11.1 概述

本检测是为了评估特定隔离气流保护效果所需的程序和仪器。检测情形可以有穿过门口或穿越较优洁净等级周边或与周围不同特定目的区域。该检测是通过在较劣洁净等级区域生成气溶胶，并将其作为参考浓度，然后测量保护区域周边的粒子浓度。该检测可以选择在被评估的周边任一位置进行。

对周围环境和受保护区域进行洁净分级后进行检测，以确定参考粒子浓度水平。参考气溶胶浓度足够高，以便能够评估保护因子。

注：可检测气流方向和可视化从而识别受保护区域的边缘。

#### B.11.2 程序

##### B.11.2.1 参考浓度的计算

为评价气流保护效果，需达到足够的粒子浓度，即参考浓度。C.5.3 描述了推荐的检测气溶胶。除另有协定，平均粒径至少为 0.5 μm，也可由供需双方协定。

为确保足够浓度，考虑以下要点。

a) 确认所有洁净室系统是否按协定的占用状态正常运行。

b) 结合待验证的保护效果确定参考粒子浓度，并根据保护区域内的期望粒子浓度来计算参考粒子浓度。该预期的参考浓度至少为待验证点的粒子浓度的 10 倍。

##### B.11.2.2 设备边界

确定被测设备边界。保护区内的测点与确定的空气屏障之间的距离不超过 0.1 m。较劣级别区域的参考浓度测点距待测空气屏障(气溶胶发生器和空气屏障之间)不超过 1 m。气溶胶发生器放置在距参考浓度测点约 1 m 至 1.5 m 的位置。

注：保护效果测点数量取决于受保护区域的边界以及供需双方的协议。

##### B.11.2.3 测量程序

具体测量程序如下。

a) 按 GB/T 25915.1—2021 中 A.4.4 确定采样时间。

b) 在空气屏障较劣级别的一侧发生粒子，确保产生粒子的气流不会突破空气屏障。

c) 记录周围较劣级别区域每个测点的粒子浓度。至少记录 3 次 1 min 的测量结果。

注：测量高浓度时可能需要稀释装置。

d) 记录受保护区域内每个探头处粒子浓度。至少记录 3 次 1 min 的测量结果。

#### B.11.2.4 保护系数的计算

保护系数按公式(B.16)计算：

$$PI_X = -\log(C_X / C_{Ref}) \quad \cdots\cdots (B.16)$$

式中：

$PI_X$ ——保护系数；

$C_X$ ——测点 $X$ 处的≥0.5 μm 粒子平均浓度，单位为个每立方米(个/$m^3$)；

$C_{Ref}$ ——距空气屏障最近测点≥0.5 μm 粒子的参考浓度(建议值为＞$5\times10^6$个/$m^3$)，单位为个每立方米(个/$m^3$)。

### B.11.3 检测报告

根据供需双方的协议，记录以下信息和数据：

a) 所用检测仪器、型号、校准状态；

b) 数据采集方法；

c) 测点位置；

d) 占用状态；

e) 检测结果。

# 附 录 C
（资料性）
检测仪器

## C.1 通则

附录C介绍的是本文件中建议检测所用的测量仪器。

表C.1～表C.9中给出的参数是每种仪器的最低要求。本附录的条目编号和附录B的条目相对应。负责制定检测计划的人可参照附录C选择检测仪器，参照附录A列出检测项目清单和检测顺序。测量仪器的选择符合供需双方之间的协议。

本附录仅供参考。若仪器有改进，用户可使用更好的仪器。可按供需双方的协议使用适用的其他仪器。

所选的检测仪器具备适合其用途的测量限值和范围。仪器校准点覆盖其预期用途的范围。所有检测仪器灵敏度(3.1.6)宜为1。

本附录规定了检测仪器的最低要求以及最大允许误差要求。下面是评估风速仪的最大允许误差的解释。

影响最大允许误差至少有三个因素：

a) 校准的扩展不确定度(在校准证书中给出)；

b) 随机误差绝对值之和(系统误差修正后，随机误差仍然存在。每一个随机误差都会引起待测量重复观察的变化)；

c) 年度漂移。

例如：校准的扩展不确定度为0.025 m/s，随机误差之和为0.03 m/s，年度漂移为0.005 m/s。

将上述三项相加为0.06 m/s。假设误差对称点为0，则得出其误差限值(最大允许误差)±0.06 m/s。

注：此值0.06 m/s不是不确定度。相反，误差限值表示的是允许测量误差在此范围之内。

## C.2 压差检测

### C.2.1 概述

压差检测仪器的最低要求见表C.1。

表C.1 压差检测仪器

| 项目 | 最低要求 |
|---|---|
| 测量范围 | N/A |
| 分辨力 | 0.5 Pa(0 Pa～9.9 Pa)<br>1.0 Pa(≥50 Pa) |
| 最大允许误差 | 2 Pa或读数的5%，取大者<br>(机械式压力表可用于连续监测参考，但由于固有误差不能用于检测) |

### C.2.2 电子压差计

通过检测由于膜片移位引起的静电电容或电阻的变化来显示或输出洁净室和洁净区与其周围环境之间的压差值。

#### C.2.3 斜管压差计

通过肉眼观测倾斜量管内水或乙醇等液体在刻度上的变幅，即小压头（高度），来测量两测点间的压差。谨慎使用此类测量装置。保持水平放置并在固定后使用。

#### C.2.4 机械压差计

通过测定与齿轮或磁链相连的指针因隔膜位移而偏转的距离，来测量两个区域的压差。谨慎使用此类测量装置。保持水平放置并在固定后使用。

使用此类仪器时选择适当的测量范围。

### C.3 风速和风量检测

#### C.3.1 风速仪

##### C.3.1.1 概述

风速检测仪器的最低要求见表 C.2。

**表 C.2 风速检测仪**

| 项目 | 最低要求 |
|---|---|
| 测量范围 | N/A |
| 分辨力 | 0.01 m/s(0.20 m/s～0.99 m/s)<br>0.1 m/s(≥1.00 m/s) |
| 最大允许误差 | 0.1 m/s(0.20 m/s～1.00 m/s)<br>读数的 10%(>1.00 m/s) |

##### C.3.1.2 热式风速仪

通过测量由电加热的微型传感器上热传导的变化来测量风速。

##### C.3.1.3 三维超声波风速仪或等效仪器

通过探测所测气流中各点声频（或称“声速”）的漂移来测量风速。

##### C.3.1.4 叶轮风速计

通过计算叶轮在气流中的转速来测量风速。

##### C.3.1.5 皮托管和压差计

通过用压差计测量气流中某点上全压和静压之差来确定风速。

##### C.3.1.6 风速管矩阵

通过测量气流中某点上全压和静压之差来测量风速。使用多个风速管矩阵及电子压力计同时测量各网格中的风速，并给出平均风速。

#### C.3.2 风量计

##### C.3.2.1 概述

风量检测仪器的最低要求见表 C.3。

表 C.3 风量检测仪器

| 项目 | 最低要求 |
| --- | --- |
| 测量范围 | N/A |
| 分辨力 | 0.001 $m^3/s$ |
| 最大允许误差 | 0.01 $m^3/s$(0 $m^3/s$～0.1 $m^3/s$)<br>读数的 10%(>0.1 $m^3/s$) |

#### C.3.2.2 配有流量计的风量罩

通过测量风速可能不均匀的局部区域的风量,从而得出该区域的总风量。风量罩将局部区域的空气汇聚到一起,测点的风速代表了被测区域横断面的平均风速。

#### C.3.2.3 孔板流量计

见 ISO 5167-2。

#### C.3.2.4 文丘里流量计

见 ISO 5167-4。

### C.4 气流方向检测和可视化

#### C.4.1 气流方向检测和可视化用仪器、材料和配件

见表 B.1 和表 B.2。

#### C.4.2 热式风速仪

见 C.3.1.2。

#### C.4.3 三维超声波风速仪或等效仪器

见 C.3.1.3。

#### C.4.4 气溶胶发生器

##### C.4.4.1 概述

气流可视化时生成示踪剂的气溶胶发生器,亦可见 B.3.4。下面给出诸多类型发生器中的两种:粒子发生器和超声波雾化器。

##### C.4.4.2 超声波雾化器

利用超声波使液体(例如去离子水)雾化而生成气溶胶(雾)。

##### C.4.4.3 粒子发生器

通过加热或拉斯金管雾化生产的气溶胶(雾)。

### C.5 自净检测

#### C.5.1 光散射粒子计数器

依据粒子的光学等效直径,对空气中单个粒子进行计数和测径的仪器。

见 ISO 14644-1。

### C.5.2 气溶胶发生器

能够通过加热、液压、气压、超声波或静电方法产生稳定浓度，具有适当粒径范围（例如 0.05 μm 至 2 μm）颗粒物的装置。

### C.5.3 气溶胶物质

一般情况下，可使用以下物质生成检测用气溶胶，通过喷射或雾化将液态或固态检测气溶胶注入到空气中：

a) 聚 α 烯油（PAO-4）；
b) 癸二酸二辛酯（DOS）；
c) 癸二酸二酯（DEHS）；
d) 邻苯二甲酸二辛酯（DOP[1)]）（例如 CAS 117-81-7[2)]）；
e) 食品级矿物油（例如 CAS 8042-47-5）；
f) 石蜡油（例如 CAS 64742-46-7）；
g) 直径适当的微球。

若能达到要求的浓度，也可用大气气溶胶。

### C.5.4 稀释装置

按已知容积比将气溶胶与洁净空气混合以降低其浓度的装置。

## C.6 温度检测

温度测量使用符合 ISO 7726 所要求准确度的探头：

a) 膨胀温度计：
   1) 液体膨胀温度计，
   2) 固体膨胀温度计；
b) 电子温度计：
   1) 可变电阻温度计，包括：
      ——铂电阻，
      ——热敏电阻，
   2) 基于产生电动势的温度计（热电偶）；
c) 温度计（液体压力随温度变化）。

对于设定温度与允许波动范围之间差异，仪器仪表的最低分辨力可为允许温度范围的 20%。

注：范围、准确度等要求取决于洁净室或洁净区的用途。ISO 7726 是通用的。

## C.7 湿度检测

湿度测量使用符合 ISO 7726 所要求准确度的探头：

典型的传感器有：

a) 露点湿度计：
   例如湿度计；

1) 出于安全原因，有些国家不提倡使用 DOP 进行过滤器检测。
2) CAS 号，美国化学文摘注册号，该物质已在美国化学会的化学文摘注册。

b) 电导率变化湿度计：

1) 氯化锂湿度计；

2) 电容湿度计。

对于设定温度与允许波动范围之间差异，仪器仪表的最低分辨力可为允许湿度范围的20%。

注：范围、准确度等要求取决于洁净室或洁净区的用途。ISO 7726是通用的。

## C.8 已装过滤系统泄漏检测

### C.8.1 气溶胶光度计

光度计利用光散射原理测量气溶胶质量浓度，单位为毫克每立方米($mg/m^3$)。该仪器可用来直接测量过滤器的泄漏穿透率。

气溶胶光度计的最低要求见表C.4。

**表C.4 气溶胶光度计**

| 项目 | 最低要求 |
|---|---|
| 测量范围 | 0.000 1 $mg/m^3$ 至 100 $mg/m^3$ |
| 分辨力 | 0.000 1 |
| 最大允许误差 | 选定范围的10% |

采样头尺寸(长度和内径)符合制造商的建议。

注：采样头尺寸详见B.7.2.2。

### C.8.2 光散射粒子计数器

见C.5.1。

### C.8.3 气溶胶发生器

见C.5.2。

### C.8.4 气溶胶物质

见C.5.3。

### C.8.5 稀释装置

见C.5.4。

## C.9 围护结构密闭性检测

### C.9.1 光散射粒子计数器

见C.5.1。

### C.9.2 气溶胶发生器

见C.5.2。

### C.9.3 气溶胶物质

见C.5.3。

### C.9.4 稀释装置

见 C.5.4。

### C.9.5 气溶胶光度计

见 C.8.1。

## C.10 静电和离子发生器检测

### C.10.1 静电电压计

通过探测探头上一个小孔内的电极的电场强度，测量一块小区域内的平均电压(电位)。

静电电压计的最低要求见表 C.5。

**表 C.5 静电电压计**

| 项目 | 最低要求 |
|---|---|
| 测量范围 | ±(1 kV～20 kV) |
| 分辨力 | 10 V(1 kV～20 kV) |
| 最大允许误差 | 读数的 10% |

### C.10.2 高阻计

通过探测被测装置高电压下的泄漏电流，测量绝缘材料和部件的电阻。

高阻计的最低要求见表 C.6。

**表 C.6 高阻计**

| 项目 | 最低要求 |
|---|---|
| 测量范围 | 1 000 Ω～20 GΩ |
| 分辨力 | 0.01 MΩ |
| 最大允许误差 | 满量程的 5% |
| 检测电压 | 直流 100 V～1 000 V |

### C.10.3 充电监测板

用于测量离子发生器或电离装置的中和特性。

充电监测板的最低要求见表 C.7。

**表 C.7 充电监测板**

| 项目 | 最低要求 |
|---|---|
| 测量范围 | ±5 kV |
| 分辨力 | 0.1 V(<100 V)；1.0 V(>99 V) |
| 最大允许误差 | 满量程的 5% |

## C.11 粒子沉积检测

### C.11.1 代测板材料

根据待测粒径和测量方法，可选用以下材料：

a) 微孔膜过滤器；
b) 双面胶带；
c) 培养皿；
d) 含有对比色(黑色)聚合物的培养皿，如聚酯树脂；
e) 胶片(片)；
f) 显微镜载玻片(平片或蒸发金属膜涂层片)；
g) 玻璃或金属镜板；
h) 半导体晶圆片；
i) 玻璃光掩膜基片；
j) 透明塑料板。

代测板的表面光滑度与待测粒子的粒径相符，以保证粒子易于观察。选择静电中性的代测板材料。采用的测量方法能分辨并测量最小的粒径。透明代测板无瑕疵。

粒子沉积率可通过测量沉积粒子的表面覆盖率或计算暴露期间沉积在代测板上的粒子数获得。粒子沉积率测量可分为空气洁净度范围内粒径(0.1 μm～5.0 μm)和大粒子(≥5.0 μm)。

用于粒子沉积测量的表面分析仪的最低要求见表 C.8。用于粒子沉积测量的大粒子检测仪的最低要求见表 C.9。

**表 C.8 用于粒子沉积测量的表面分析仪**

| 项目 | 最低要求 |
|---|---|
| 测量范围 | 表面数量浓度：$1/cm^2$～$10^6/cm^2$<br>粒径：0.1 μm～5 μm |
| 分辨力 | 粒径：0.1 μm |
| 最大允许误差 | 粒径：1 μm |

**表 C.9 用于粒子沉积测量的大粒子检测仪**

| 项目 | 最低要求 |
|---|---|
| 测量范围 | 面积覆盖率：1 $m^2/m^2$～5 000×$10^{-6}$ $m^2/m^2$<br>粒径：≥5 μm(含≥500 μm) |
| 分辨力 | 面积覆盖率：10×$10^{-6}$ $m^2/m^2$<br>粒径：10 μm |
| 最大允许误差 | 面积覆盖率：20×$10^{-6}$ $m^2/m^2$<br>粒径：20 μm |

### C.11.2 晶圆表面扫描仪

使用激光扫描仪和显微镜或电镜成像设备测量粒子尺寸。

### C.11.3 粒子沉积气溶胶光度计

测量暗色玻璃采集板上积粒子的总散射光，将数据报告为沉积因子，沉积因子与可沉积在关键表面

的沉积粒子浓度有关。

采用 4 μm 和 10 μm 的荧光粒子或名义粒径 90 μm 和 45 μm 的聚苯乙烯微球校准。被测面积＜2 $cm^2$。

### C.11.4 表面粒子计数器

通过散射光测量沉积在表面的单个粒子数量(和粒径)。

被测面积为 0.2 $cm^2$～3 $cm^2$,也可通过扫描增加被测面积。粒径分辨力为 0.1 μm～25 μm,具体取决于所选的光学系统。

### C.11.5 粒子沉积仪

用于确定玻璃代测板上粒子数和粒径。从玻璃下面发光,使用坐标工作台扫描相关区域。可采用视觉软件确定粒径分布。根据粒径分布情况、测量表面积、暴露时间确定粒子沉积率。

### C.11.6 光学粒子沉积监测仪

通过检查延伸激光束的干扰模式变化检测斜面上粒子的光学系统。测量面积可达 10 $cm^2$～100 $cm^2$。商用仪器检测面积可达 60 $cm^2$。可检出直径≥20 μm 的粒子。从投影水平面显示粒子沉积结果。

## C.12 隔离检测

### C.12.1 光散射粒子计数器

见 C.5.1。

### C.12.2 气溶胶发生器

见 C.5.2。

### C.12.3 气溶胶物质

见 C.5.3。

### C.12.4 稀释装置

见 C.5.4。

# 参 考 文 献

[1] ISO 5167-2 Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full—Part 2:Orifice plates

[2] ISO 5167-4 Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full—Part 4:Venturi tubes

[3] ISO 5167-5 Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full—Part 5:Cone meters

[4] ISO 7726 Ergonomics of the thermal environment—Instruments for measuring physical quantities

[5] ISO 14644-2 Cleanrooms and associated controlled environments—Part 2:Monitoring to provide evidence of cleanroom performance related to air cleanliness by particle concentration

[6] ISO 14644-4 Cleanrooms and associated controlled environments—Part 4:Desigen construction and start-up

[7] ISO 14644-7:2004 Cleanrooms and associated controlled environments—Part 7:Separative devices (clean air hoods,gloveboxes,isolators and mini-environments)

[8] ISO 14644-8 Cleanrooms and associated controlled environments—Part 8:Assessment of air cleanliness by chemical concentration (ACC)

[9] ISO 14644-9 Cleanrooms and associated controlled environments—Part 9:Assessment of surface cleanliness for particle concentration

[10] ISO 14644-10 Cleanrooms and associated controlled environments—Part 10:Assessment of surface cleanliness by chemical contamination

[11] ISO 14644-12 Cleanrooms and associated controlled environments—Part 12:Specifications for monitoring air cleanliness by nanoscale particle concentration

[12] ISO 21501-4 Determination of particle size distribution—Single particle light interaction methods—Part 4:Light scattering airborne particle counter for clean spaces

[13] ASTM F24—20 Standard Test Method for Measuring and Counting Particulate Contamination on Surfaces

[14] ASTM F50—21 Standard Practice for Continuous Sizing and Counting of Airborne Particles in Dust-Controlled Areas and clean Rooms Using Instruments Capable of Detecting Single Sub-Micrometre and Larger Particles

[15] ASTM F312—08(2023) Standard Test Methods for Microscopical Sizing and Counting Particles from Aerospace Fluids on Membrane Filters

[16] ASTM F1471—93 Standard Test Method for Air Cleaning Performance of a High-Efficiency Particulate Air-Filter System

[17] ASME N510—1989 Testing of Nuclear Air-Treatment Systems

[18] EN ISO 29463-2:2018 High-efficiency filters and filter media for removing particles in air—Part 2:Aerosol production,measuring equipment and particle-counting statistics (ISO 29463-2:2011)

[19] EN ISO 29463-4:2018 High-efficiency filters and filter media for removing particles in air—Part 4:Test method for determining leakage of filter elements—Scan method (ISO 29463-4:2011)

[20] IEST-RP-CC001.6:2016 HEPA and ULPA Filters

[21] IEST-RP-CC006.3:2004 Testing Cleanrooms

[22] IEST-RP-CC007.3:2016 Testing ULPA Filters

[23] IEST-RP-CC021.4:2016 Testing HEPA and ULPA Filter Media

[24] IEST-RP-CC034.4:2016 HEPA and ULPA Filter Leak Tests

[25] JACA No 24:1989 Standardization and Evaluation of Clean Room Facilities

[26] JIS B 9921 Light scattering airborne particle counter for clean spaces

[27] SEMI E14—93 Measurement of particle contamination contributed to the product from the process or support tool

[28] Chemical Abstracts Service Registry, Columbus, Ohio, US: American Chemical Society

[29] Evaluation of measurement data—Guide to the expression of the expression of uncertainty in measurement, JCGM 100:200, corrected version 2010, (GUM)