ICS 13.040.35
C 70

中华人民共和国国家标准

GB/T 25915.3—2010/ISO 14644-3:2005

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 14644-3:2005,IDT)

2011-01-14 发布

2011-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目　　次

前　言

GB/T 25915《洁净室及相关受控环境》分为八个部分：

——第 1 部分：空气洁净度等级；

——第 2 部分：证实持续符合 GB/T 25915.1 的检测与监测技术要求；

——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：空气分子污染分级。

本部分是 GB/T 25915 的第 3 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用翻译法等同采用 ISO 14644-3:2005《洁净室及相关受控环境　第 3 部分：检测方法》。

本部分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。

本部分由苏州尚科洁净技术有限公司、上海科信检测科技有限公司、北京市产品质量监督检验所负责起草，苏州英德尔室内空气技术有限公司、北京控制工程研究所、苏州克林络姆空调系统工程有限公司、苏州工业园区宏基洁净科技有限公司、苏州高科净化有限责任公司、净微（苏州）科技有限公司、莱特浩斯仪器（苏州）有限公司、深圳金开利环境科技有限公司参加起草。

本部分主要起草人：吴俊民、涂光备、丁卫敏、张利群、蔡杰、陈思源、张训彪、严勤丰、边炳秀、郭良、徐伟。

引 言

洁净室及相关受控环境将空气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。

GB/T 25915 的本部分给出了对 GB/T 25915 其他各部分所介绍并规定的洁净室特征进行检测的方法。

注：本部分并未包括所有洁净室参数的检测规程。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规程和所用仪器，在 SAC/TC 319 编制的其他文件中讨论[例如，对活物质的控制与检测规程(GB/T 25916)，洁净室功能性检测(GB/T 25915.4—2010)]，隔离装置检测(GB/T 25915.7—2010)。此外，洁净室的检测活动中也可以考虑采用其他适用标准。

GB/T 25915 的本部分的陈述中参照了美国材料与试验协会(ASTM)，欧洲标准化委员会(CEN)，德国标准化协会(DIN)，美国环境科学技术学会(IEST)，日本空气洁净协会(JACA)，日本工业标准(JIS)和国际半导体制造协会(SEMI)等团体编制的标准。

洁净室及相关受控环境
第3部分:检测方法

警告——GB/T 25915的本部分的应用可能涉及有害材料、作业和设备。GB/T 25915的本部分未提及与应用有关的所有安全性问题。使用前,GB/T 25915本部分的用户有责任制定适当的安全和卫生措施,并遵守各种强制性规定。

1 范围

GB/T 25915的本部分规定了洁净室和洁净区空气悬浮粒子洁净度等级的检测方法,以及洁净室和洁净区性能的检测方法。性能检测针对是空态、静态和动态3种可能的占用状态下的单向流和非单向流型式洁净室和洁净区。本文件推荐了测定性能参数用检测仪器和检测规程。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。若需方与供方协商同意,也可以使用本部分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。

本部分不适用于测量洁净室或隔离装置内的产品或工艺。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

GB/T 25915.1—2010 洁净室及相关受控环境 第1部分:空气洁净度等级(ISO 14644-1:1999,IDT)

GB/T 25915.2—2010 洁净室及相关受控环境 第2部分:证明持续符合GB/T 25915.1的检测与监测技术要求(ISO 14644-2:2000,IDT)

GB/T 25915.4—2010 洁净室及相关受控环境 第4部分:设计、建造、启动(ISO 14644-4:2001,IDT)

ISO 7726:1998 热环境人体功效学 物理量测量仪器

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的房间,其建造和使用方式使房间内进入的、产生的、滞留的粒子最少,房间内温度、湿度、压力等其他相关参数按要求受控。

[GB/T 25915.1—2010,2.1.1]

3.1.2

洁净区　clean zone

空气悬浮粒子浓度受控的专用空间，其建造和使用方式使区内进入的、产生的、滞留的粒子最少，区内温度、湿度、压力等其他相关参数按要求受控。

注：洁净区可以是开放的或封闭的；在也可不在洁净室内。

[GB/T 25915.1—2010，2.1.2]

3.1.3

设施　installation

连同所有建筑结构、空气处理系统以及服务、公用系统的洁净室，或一个或数个这样的洁净区。

注：改写 GB/T 25915.1—2010，定义 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。

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、静电等方式生成浓度恒定、粒径范围适当的（例如 0.05 μm～2 μm）微粒物质的器具。

3.2.2

空气悬浮粒子　airborne particle

悬浮在空气中、活或非活、固体或液体、粒径（对 GB/T 25915 的本部分而言）1 nm～100 μm 的粒子。

注：用于洁净度等级的，参见 GB/T 25915.1—2010，2.2.1。

3.2.3

数量中值粒径　count median particle diameter

CMD

按粒径排列粒子时，处于中位数的粒子的粒径值。

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

3.2.4

大粒子　macroparticle

当量直径大于 5 μm 的粒子。

[GB/T 25915.1—2010，2.2.6]

3.2.5

M 描述符　M descriptor

每立方米空气中大粒子的实测或规定浓度。M 描述符中的当量粒径与测量方法有关。

注：M 描述符可作为采样点平均浓度上限（或置信上限，该值随洁净室或洁净区性能测定采样点数量而定）。不能用 M 描述符规定悬浮粒子洁净度等级，但可将其单独或随洁净度等级引述。

[GB/T 25915.1—2010，2.3.2]

3.2.6

质量中值粒径　mass median particle diameter

MMD

按质量排列粒子时，处于中位数的粒子的粒径值。

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

3.2.7

粒子浓度　particle concentration

单位体积空气中粒子的个数。

[GB/T 25915.1—2010,2.2.3]

3.2.8

粒径　particle size

给定的粒径测量仪器所显示的、与被测粒子的响应量相当的球形体直径。

注：离散粒子计数器给出的是当量光学粒径。

[GB/T 25915.1—2010,2.2.2]

3.2.9

粒径分布　particle size distribution

粒子按粒径累计得出的浓度。

[GB/T 25915.1—2010,2.2.4]

3.2.10

测试气溶胶　test aerosol

具有已知并受控的粒径分布及浓度的固体和(或)液体粒子的气态悬浮物。

3.2.11

U 描述符　U descriptor

包括超微粒子在内的、每立方米空气粒子的实测或规定浓度。

注：U 描述符可作为采样点平均浓度上限(或置信上限,该值随洁净室或洁净区性能测定采样点数量而定)。不能用 U 描述符确定空气洁净度等级,但可将其单独或随洁净度等级引述。

[GB/T 25915.1—2010,2.3.1]

3.2.12

超微粒子　ultrafine particle

当量直径小于 0.1 μm 的粒子。

[GB/T 25915.1—2010,2.2.5]

3.3　空气过滤器和过滤系统

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的过程。

3.3.2

渗漏限值　designated leak

需方与供方商定的、可用离散粒子计数器或气溶胶光度计扫描测出的设施渗漏最大允许透过率。

3.3.3

稀释装置　dilution system

按已知容积比将气溶胶与无粒子稀释空气混合,以降低气溶胶浓度的装置。

3.3.4

过滤系统　filter system

由过滤器、安装架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

已装过滤系统检漏　installed filter system leakage test

为确认过滤器安装良好，向设施内无旁路渗漏，过滤器及其安装框架均无缺陷和渗漏而进行的检测。

3.3.8

渗漏　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

让气溶胶光度计或离散粒子计数器的采样口覆盖面，以略有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渗漏的方法。

3.3.10

标准渗漏透过率　standard leak penetration

离散粒子计数器或气溶胶光度计的采样头停顿在渗漏处，以标准采样流量测得的渗漏透过率。

注：透过率为过滤器下风向与上风向粒子浓度之比。

3.4　气流

3.4.1

换气次数　air exchange rate

单位时间的换气值，以单位时间送入的空气体积除以该空间的体积计算。

3.4.2

平均风量　average air flow rate

单位时间内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：风量的单位为立方米每小时(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

送入洁净区的空气以诱导方式与区内空气混合的一种气流分布。

[GB/T 25915.4—2010,3.6]

3.4.5

送风量　supply airflow rate

单位时间内从末端过滤器或风管送入设施的体积空气量。

3.4.6

总风量　total air flow rate

单位时间内通过设施某断面的体积空气量。

3.4.7

单向流　unidirectional airflow

通过洁净区整个断面、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。

[GB/T 25915.4—2010,3.11]

3.4.8

气流均匀度　uniformity of airflow

各点风速值处于平均风速限定百分率以内的单向流形式。

3.5　静电测量

3.5.1

放电时间　discharge time

绝缘的导电监测板上的电压(正或负)降至初始电压的百分率所需的时间。

3.5.2

补偿电压　offset voltage

将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

以传导等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　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　测量器具和测量条件

3.6.1

气溶胶光度计　aerosol photometer

利用光散射原理、用前散射光腔测量空气悬浮粒子质量浓度的仪器。

3.6.2

非等动力采样　anisokinetic sampling

采样口进气平均风速与该位置单向流的平均风速明显不同的采样条件。

3.6.3

串级撞击采样器　cascade impactor

利用撞击原理在串联的采集表面上采集气溶胶粒子的采样装置。

注：气溶胶气流速度逐级升高，使后一个采集表面采集的粒子比前一个小。

3.6.4

凝聚核计数器　condensation nucleus counter

CNC

以凝聚方式使超微粒子增大，再用光学方法对其计数的仪器。

3.6.5

计数效率　counting efficiency

给定粒径范围内读出的粒子浓度与实际粒子浓度之比。

3.6.6

微分迁移率分析仪　differential mobility analyzer

DMA

按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

多级粒径限制器的专用部件，它利用扩散机理去除气溶胶流中的小粒子。

3.6.8

离散粒子计数器　discrete-particle counter

粒子计数器

DPC

可显示并记录确定体积空气中离散粒子数量和直径(可辨别粒径)的仪器。

3.6.9

伪计数　false count

背景噪声计数　background noise count

空白计数　zero count

不存在粒子时,因仪器内外多余电信号造成的离散粒子计数器的误计。

3.6.10

风量罩　flowhood with flowmeter

可分别将设施的各个末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

采样口进气气流方向与被采样单向流气流方向一致的采样条件。

3.6.12

等动力采样　isokinetic sampling

采样口进气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、能够将小于关注粒径的粒子清除的装置。

3.6.14

阈值粒径　threshold size

选定的最小粒径,以测量大于或等于该粒径的粒子浓度。

3.6.15

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

以粒子飞越两固定平面间距离所需的时间,测定其空气动力学直径。

注:依据粒子被诱导至与其速度不同的流场中产生的速度漂移测量粒径。

3.6.16

虚拟撞击器　virtual impactor

令粒子以惯性力撞击假设(虚拟)表面而分离不同粒径粒子的仪器。

注:大粒子穿越表面进入一个容积空间停滞,小粒子在该表面随主气流偏转。

3.6.17

代测板　witness plate

当特定表面无法接近或对处置太敏感而无法直接进行测量时,作为被测表面替代物的、具有规定表面积的污染敏感材料。

3.7　占用状态

3.7.1

空态　as-built

设施已建成并运行,但没有生产设备、材料和人员的状态。

[GB/T 25915.1—2010,2.4.1]

3.7.2

静态 at-rest

设施已建成,生产设备已安装好并按需方与供方议定的条件运行,但没有人员的状态。

[GB/T 25915.1—2010,2.4.2]

3.7.3

动态 operational

设施按规定方式运行,其内规定数量的人员按议定方式工作的状态。

[GB/T 25915.1—2010,2.4.3]

4 检测规程

4.1 洁净室检测

4.1.1 必测项目

为了依据 GB/T 25915.1—2010 进行分级,应按 GB/T 25915.2—2010 规定的周期,对设施的空气悬浮粒子数量进行测定(见表 1)。

表 1 设施的必测项目

必测项目	GB/T 25915.3—2010 的对应条目			提及处
	原理	规程	仪器	
洁净度分级以及洁净室和空气净化装置的检测	4.2.1	B.1	C.1	GB/T 25915.1 和 GB/T 25915.2

4.1.2 可选检测项目

表 2 列出适用于设施的其他检测项目。这些项目适用于所有 3 种占用状态。所列检测可能并不全面,具体到检验某项工程也可能不需要全测。进行哪些检测、采用什么检测方法,应由供需双方议定。有些检测项目可列入设施的常规监测计划(见 GB/T 25915.2—2010)定期进行。附录 A 给出了检测项目选择指南和一份检测清单。各种检测方法的介绍见附录 B。

附录 B 只是检测方法的概述。使用中,应针对特定用途制定更具体的方法。

表 2 设施可选检测项目

选择性检测项目[a]	GB/T 25915.3—2010 的对应条目			提及处
	原理	方法	仪器	
空气超微粒子计数	4.2.1	B.2	C.2	GB/T 25915.1
空气大粒子计数	4.2.1	B.3	C.3	GB/T 25915.1
气流检测[b]	4.2.2	B.4	C.4	GB/T 25915.1 和 GB/T 25915.2
空气压差检测[b]	4.2.3	B.5	C.5	GB/T 25915.1 和 GB/T 25915.2
已装过滤系统检漏	4.2.4	B.6	C.6	GB/T 25915.2
气流方向检测与显形检查	4.2.5	B.7	C.7	GB/T 25915.2
温度检测	4.2.6	B.8	C.8	ISO 7726

表 2（续）

选择性检测项目[a]	GB/T 25915.3—2010 的对应条目			提及处
	原理	方法	仪器	
湿度检测	4.2.6	B.9	C.9	ISO 7726
静电和离子发生器检测	4.2.7	B.10	C.10	
粒子沉降检测	4.2.8	B.11	C.11	
自净检测	4.2.9	B.12	C.12	GB/T 25915.2
隔离检漏	4.2.10	B.13	C.13	GB/T 25915.1 和 GB/T 25915.2

[a] 这些可选检测项目并非按重要性排序。检测项目的实际实施顺序是根据文件的具体要求，或由供需双方议定。

[b] GB/T 25915.2—2010 规定的必检项目。

4.2 原理

4.2.1 空气悬浮粒子计数

本项检测旨在确定空气的洁净状态，可能包含下述 3 项内容：

a) 洁净度检测(见 B.1)；

b) 超微粒子检测(可选项目)(见 B.2)；

c) 大粒子检测(可选项目)(见 B.3)。

上述 b)项和 c)项检测可起补充说明的作用，或只针对某具体要求，这两项检测不能用于洁净度分级。

4.2.2 气流检测

这项检测用于测定非单向流洁净室的送风量，或单向流洁净室的风速分布。一般情况下只测风速或只测风量，而且只需要报告一种结果：平均风速，或平均风量，或总风量。对于非单向流设施，总风量可决定换气次数。对单向流洁净室要测定风速。风量与风速检测规程见 B.4。

4.2.3 空气压差检测

空气压差检测的目的是验证洁净室系统维持设施与周围环境间规定压差的能力。空气压差检测在下述工作完成之后进行：设施的风速或风量、气流均匀性以及其他适用检测项目已满足验收标准。有关空气压差检测的具体介绍见 B.5。

4.2.4 已装过滤系统检漏

此项检测旨在确认高效过滤系统安装正确。检测中要验证设施不存在旁路渗漏，过滤器无缺陷(滤材和边框密封处的小孔和损伤)，无渗漏(过滤器边框和密封垫的旁路渗漏，过滤器安装架的渗漏)。这项检测不检查系统的过滤效率。检测过程中，在过滤器上风向引入气溶胶尘源胶发尘，在过滤器下风向及支撑架处扫描，或在过滤器下风向的风管中采样。B.6 介绍了 2 种检漏技术。

4.2.5 气流方向检测与显形检查

此项检测旨在确认气流方向、气流形态、或这两者均符合设计要求和性能要求。若有要求，还要确认设施内气流的空间特征。检测方法见 B.7。

4.2.6 温度与湿度均匀性检测

这项检测旨在验证:在需方规定的时间内,所测区域的洁净室空气处理系统具有将空气的温度和湿度(以相对湿度或露点表示)保持在控制限值之内的能力。相关检测规程见 B.8 和 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的静电电压,材料的静电耗散特性,设施静电控制所用离子发生器(即电离器)的性能。静电检测的内容包括:评估工作表面和产品表面的静电电压,评估地面、工作台面等的静电耗散特性。离子发生器检测用于评估离子发生器消除表面静电的性能。检测规程见 B.10。

4.2.8 粒子沉降检测

粒子沉降检测中,测量置于各种方向表面上沉降的粒子量(数量或质量)或效果(光散射或覆盖面积)。这项检测的规程见 B.11。

4.2.9 自净检测

自净检测是测定设施暂时暴露于空气悬浮粒子源后,能否在有限时间内恢复到规定的洁净度。单向流设施不推荐本项检测。检测规程见 B.12。

使用人工气溶胶时,应注意避免其残留物对设施的污染。

4.2.10 隔离检漏

这项活动用于测定:是否有未经过滤的空气通过接合部、缝隙、门缝和加压顶棚,从洁净室或洁净区外侵入密闭的洁净环境。检测规程见 B.13。

5 检测报告

每项检测结果都应记录在检测报告中。检测报告应包含下述信息:

a) 检测机构的名称、地址、检测日期;
b) 本部分的国家标准编号,即 GB/T 25915.3—2010;
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) 为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以及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,以及达到要求的说明;
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
（资料性附录）
检测项目的选择和实施顺序

A.1 概述

本部分给出的检测规程，可用于检查设施是否满足用户规定的性能条件，也可用于定期检测。

根据设施的设计、运行状态、认证要求等因素选择检测项目。

供需双方应事先确定检测项目的实施顺序，规定检测顺序时应考虑，一旦洁净室不符合要求时可避免重复劳动。

A.2 检测清单

表 A.1 是一份检测项目和器具列表。具体检测顺序应由供需双方议定。

表 A.1 推荐设施检测项目和实施顺序

选择检测项目和实施顺序[a]	检测规程	检测规程参照条目	选择检测器具[b]	检测器具	检测器具参照条目	备注
	属于洁净度分级和常规检测的空气悬浮粒子计数	B.1		离散粒子计数器(DPC)	C.1	
	空气超微粒子计数	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	
	空气大粒子计数	B.3			C.3	
	通过采集粒子进行的空气大粒子计数	B.3.3.2		显微镜观测采样滤纸	C.3.1	
				串级撞击采样器	C.3.2	
	无需采集粒子的空气大粒子计数	B.3.3.3		离散粒子计数器(DPC)	C.3.3	
				飞行时间粒径测量仪	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.4.2.3		热风速仪	C.4.1.1	
				3 维或 3 维等效超声波风速仪	C.4.1.2	
				叶轮风速计	C.4.1.3	
				皮托管和压差计	C.4.1.4	
	非单向流设施的送风风速测量	B.4.3.3		热风速仪	C.4.1.1	
				3 维或 3 维等效超声波风速仪	C.4.1.2	
				叶轮风速计	C.4.1.3	
				皮托管和压差计	C.4.1.4	
	已装过滤器下风向总风量测量	B.4.3.2		风量罩	C.4.2.1	
				孔板流量计	C.4.2.2	
				文丘里流量计	C.4.2.3	

表 A.1(续)

选择检测项目和实施顺序[a]	检测规程	检测规程参照条目	选择检测器具[b]	检测器具	检测器具参照条目	备注
	风管风量测量	B.4.2.5		风量罩	C.4.2.1	
				孔板流量计	C.4.2.2	
				文丘里流量计	C.4.2.3	
				皮托管和压差计	C.4.1.4	
	空气压差测量	B.5		电子微压计	C.5.1	
				斜管压差计	C.5.2	
				机械式压差计	C.5.3	
	已装过滤器检漏	B.6			C.6	
	已装过滤系统扫描检漏	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	
				气溶胶物质	C.6.4	
				稀释装置	C.6.5	
				凝聚核计数器	C.2.1	
	风管或空气处理机组内的过滤器检漏	B.6.4		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	
				稀释装置	C.6.5	
				凝聚核计数器	C.2.1	
	气流方向与显形检查	B.7		示踪物或示踪剂	C.7.1	
				热风速仪	C.7.2	
				3 维超声波风速仪	C.7.3	
				气溶胶发生器	C.7.4	
				烟雾发生器	C.7.4	
	温度	B.8			C.8	
	一般温度检测	B.8.2.1		玻璃温度计	C.8.1	
				热电偶	C.8.2	
				热敏电阻	C.8.3	
	严格温度检测	B.8.2.2		玻璃温度计	C.8.1	
				热电偶	C.8.2	
				热敏电阻	C.8.3	

表 A.1（续）

选择检测项目和实施顺序[a]	检测规程	检测规程参照条目	选择检测器具[b]	检测器具	检测器具参照条目	备注
	湿度	B.9		电容式湿度计	C.9.1	
				毛发式湿度计	C.9.2	
				露点传感器	C.9.3	
				干湿球湿度计	C.9.4	
	静电和离子发生器	B.10			C.10	
	静电	B.10.2.1		静电电压计	C.10.1	
				高阻欧姆计	C.10.2	
				充电监测板	C.10.3	
	离子发生器	B.10.2.2		静电电压计	C.10.1	
				高阻欧姆计	C.10.2	
				充电监测板	C.10.3	
	粒子沉降	B.11		代测板		
				双目复式光学显微镜		
				粒子沉降光度计	C.11.1	
				表面粒子计数器	C.11.2	
				粒子发生器	C.11.3	
	自净	B.12		离散粒子计数器(DPC)	C.12.1	
				气溶胶发生器	C.12.2	
				稀释装置	C.12.3	
	隔离检漏	B.13			C.13	
	计数器法	B.13.2.1		离散粒子计数器(DPC)	C.13.1	
				气溶胶发生器	C.13.2	
				稀释装置	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] 检测的规划人员可在第1栏的空格中填写所选检测项目的顺序编号。

[b] 检测的规划人员可在第4栏的空格中标记针对检测方法所选择的检测器具。

附 录 B
（资料性附录）
检 测 方 法

B.1 属于洁净度分级与常规检测的空气悬浮粒子计数

B.1.1 原理

本检测方法对如何测量阈值粒径 0.1 μm～5 μm 的空气悬浮粒子浓度作出规定。测量可在空态、静态、动态所有 3 种占用状态下进行。本方法用于设施符合 GB/T 25915.1—2010 规定洁净度的认证或验证，或用于 GB/T 25915.2—2010 规定的定期复检。B.1 给出的方法源自 IEST-G-CC1001:1999[11]。

B.1.2 检测规程

B.1.2.1 概述

采样点数量，采样点位置的选择，洁净区级别的判定，所需数据的量，所有这些都要符合 GB/T 25915.1—2010 的规定。B.1 给出的是在每个采样点进行空气采样的基准方法。若供需双方另有协议，也可采用其他具有同样准确度并给出等效数据的方法。若无一致同意的其他方法或出现争议，则应使用本附录给出的基准方法。

注：若要了解用离散粒子计数器检测洁净室的详细信息，或需要了解粒子计数器标准文件，可查阅相关标准[2][3][4][11][23][24]。

B.1.2.2 空气悬浮粒子计数规程

将离散粒子计数器的采样探头放在预定位置，设定计数器的流量，选择符合 GB/T 25915.1—2010 规定的粒径阈值。在单向流区域，所选择的采样探头应接近等动力采样[1]，进入采样探头的风速与被采空气的风速偏差不应超过 20%。若无法做到这一点，将采样口正对气流的主方向。在风速不受控或不可预测（例如非单向流）的采样点，采样口应竖直向上。采样口至粒子计数器传感器的连接管应尽量短。采样粒子大于或等于 1 μm 时，连接管的长度和直径不应超过制造商的建议值。

采样过程中，因扩散造成的小粒子损失、因沉降与撞击造成的大粒子损失所产生的采样误差不应大于 5%。

B.1.3 空气悬浮粒子计数仪器

如 C.1 的介绍，离散粒子计数器（DPC）应能够对空气中的粒子进行计数、计径，其粒径辨别力应满足待测设施的洁净度判定要求。粒子计数器应能对规定粒径范围的粒子进行计数，并显示或记录，所用计数器应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，对于设施洁净度分级或常规检测，第 5 章规定的检测报告及下述信息和数据应记录在案：

a) 离散粒子计数器的伪计数率；
b) 测量类型：洁净度分级还是监测；
c) 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口的采样流量，通过光敏区的流量；

f) 采样点位置；

g) 检测洁净度等级的采样协议，或监测用采样计划；

h) 占用状态；

i) 与测量有关的其他数据。

B.2 空气超微粒子计数

B.2.1 原理

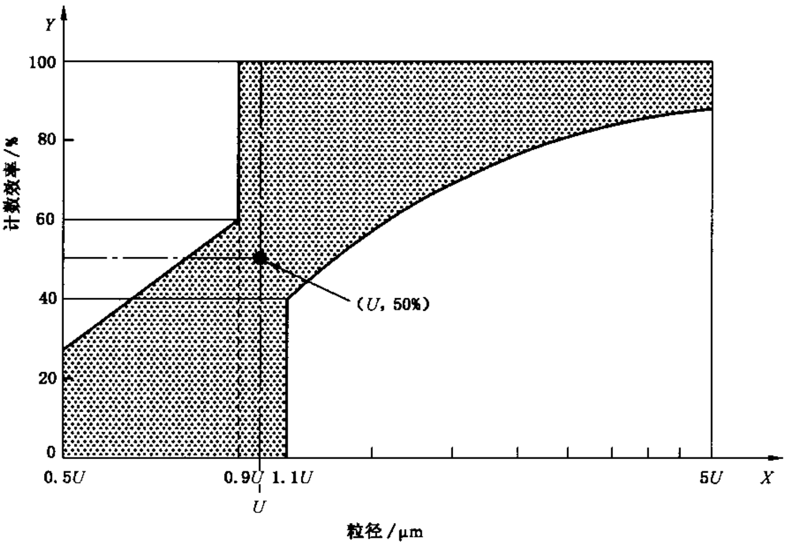
B.2.1.1 概述

本检测方法用于测量粒径小于 0.1 μm 的空气悬浮粒子浓度；该浓度以 U 描述符表示。B.2 给出的方法源自 IEST-G-CC1001:1999[12]。测量可在洁净室或洁净区处于空态、静态、动态中的任何一种状态下进行。此项测量可按 GB/T 25915.1—2010 附录 E 的规定测定超微粒子浓度，或用于 GB/T 25915.2—2010 规定的定期复检。

B.2.1.2 计数效率

测量 U 描述符所用体系的计数效率应落在图 B.1 的阴影之内[12]。该阴影区为性能达标区，其中心对应的选定粒径超微粒子的计数效率为 50%，粒径示为 U。超微粒径 U 的允差为±10%，见图 B.1 中的 1.1U 和 0.9U。这一计数效率允差的规定，是基于对扩散元件透过率的计算，该扩散元件对粒径大于选定超微粒径 10%的粒子的透过率不低于 40%，对粒径小于选定超微粒径 10%的粒子的透过率不高于 60%。

若离散粒子计数器(DPC)或凝聚核计数器(CNC)的计数效率曲线落在图 B.1 阴影区之外的右侧，则不能用其测量或验证 U 描述符。若曲线落在阴影区之外的左侧，则可使用 B.2.1.3 介绍的粒径限制器来降低计数效率。此时，经改进的离散粒子计数器或凝聚核计数器的计数效率就成为原计数器的计数效率与粒径限制器透过率的乘积。



	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 所选仪器计数效率达标区

B.2.1.3 粒径限制器

为获得测量或验证 U 描述符所需的计数效率特性，可在计数效率曲线落在图 B.1 阴影区之外左侧的离散粒子计数器(DPC)或凝聚核计数器的采样管上，安装一个粒径限制器。改动后，计数器、采样口与粒径限制器的综合计数效率曲线落在图 B.1 的阴影区内。

粒径限制器清除小于规定粒径的粒子，以准确且可再现的方式降低透过率。粒径限制器多种多样，其大小和配置各异，只要它们具有所要求的透过率即可接受。合适的粒径限制器包括扩散元件和虚拟撞击器。透过率随粒子的物理特性、限制器构造和体积流量而变化。因此，使用粒径限制器时要小心，它们只能用于规定的流量，安装时要防静电累积。为了减少电荷累积，粒径限制器应有良好的接地。

B.2.2 超微粒子计数规程

架设离散粒子计数器或凝聚核计数器的采样探头(需要时接粒径限制器)。按 GB/T 25915.1—2010 附录 B 或 GB/T 25915.2—2010 的规定，在每个采样点按规定流量采样并重复测量。小流量长采样管线可能造成相当大的超微粒子扩散损失。因扩散造成超微粒子损失所产生的采样误差不应超过 5%。计算供需双方议定的超微粒径范围内 U 描述符的浓度，并报告数据。若需要有关超微粒子浓度稳定性的信息，可按供需双方议定的时间间隔，在选定位置进行不少于 3 次测量。

B.2.3 超微粒子计数仪器

使用 C.3 规定的离散粒子计数器(DPC)或 C.2 规定的凝聚核计数器(CNC)。若使用离散粒子计数器，则其对 GB/T 25915.1—2010 附录 B 规定的超微粒子，应具有 50%的计数效率，至少对粒径 1 μm 的粒子仍具有准确的粒径分辨力。应根据图 B.1 来确定 DPC 计数器和 CNC 计数器阀值粒径的计数效率。若所用 DPC 或 CNC 的可探测粒径小于规定粒径，则应使用 B.2.1.3 规定的粒径透过率已知的粒径限制器。

B.2.4 检测报告

根据供需双方的协议，对洁净区设施 U 描述符检测，第 5 章规定的检测报告及下述信息和数据应记录在案：

a) 离散粒子计数器或凝聚核计数器及粒径限制器(若使用)的具体型号和校准状况；
b) 对 U 描述符超微粒子粒径规定的阀值；
c) 若使用，离散粒子计数器的伪计数率；
d) 若使用，粒径限制器的性能数据；
e) 测量类型：对 U 描述符是测量还是监测；
f) 设施的洁净度级别；
g) 超微粒子测量系统采样口与读出体积流率；
h) 采样点位置；
i) 验证性采样计划，或常规检测采样计划，按要求；
j) 占用状态；
k) 与测量有关的其他数据。

B.3 空气大粒子计数

B.3.1 原理

本检测方法用于测量粒径大于 5 μm 的空气悬浮粒子(大粒子)。B.3 给出的方法源自 IEST-G-

CC1003:1999[13]。测量可在设施3种占用状态的任何一种状态下进行。此项测量可按GB/T 25915.1—2010附录E的规定测定大粒子浓度，或用于GB/T 25915.2—2010规定的定期复检。为减少采样过程中大粒子的损失，应特别注意样本的获取和操作方式。

B.3.2 样本处理要点

当工作对象是大粒子时，样本的采集与处理要格外小心。有参考文献详述了可用于等动力采样和非等动力采样并可将粒子传送至测量点的各种系统的要求。

B.3.3 大粒子测量方法

B.3.3.1 概述

大粒子测量方法一般分为两类。不同方法得到的测量结果可能不具可比性。因此，不同测量方法之间可能无法比较。各种方法得到的粒径信息汇总如下：

a) 用过滤或惯性法采集，然后用显微镜观测计数与计径，或测量所采集的粒子质量：
   1) 用过滤器采集，然后用显微镜观测(B.3.3.2.1)，报告的大粒子是议定粒径的大粒子；
   2) 用串级撞击采样器采集，然后用显微镜观测[B.3.3.2.2a)]，报告的大粒子是显微镜操作者所选粒径的大粒子；
   3) 由串级撞击采样器采集，然后称重测量[B.3.3.2.2b)]，报告的大粒子是空气动力学粒径的大粒子。
b) 使用飞行时间粒子计数器或离散粒子计数器，在位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)，报告的大粒子是光学当量粒径的大粒子；
   2) 粒子飞行时间测量(B.3.3.3.3)，报告的大粒子是空气动力学粒径的大粒子。

B.3.3.2 大粒子测量中的粒子采集

B.3.3.2.1 过滤器采样和显微镜观测

选择一片滤膜和一个滤膜夹，或一套预先组装好的气溶胶采样器；所用滤膜的孔径不大于2 μm。在滤膜夹贴上标签，标明设施和采样点位置。将滤膜夹出风口接通真空源，真空源按要求的流量抽气。若测定大粒子浓度的采样点位于单向流区，采样气流应调整至等动力采样条件，采样口应正对单向流气流。

滤膜夹和气溶胶采样器的进风口应朝上。对等于或优于ISO 6级(见GB/T 25915.1—2010)的洁净室，采样量应不小于0.28 m^3。对劣于ISO 6级的洁净室，采样量应不小于0.028 m^3。

取下滤膜夹或气溶胶采样器上的盖子，将其存放在洁净处。按供需双方的协议，在采样点进行空气采样。若使用便携式真空泵，其排风应排到洁净室外，或在排风中使用合适的过滤器。采样完毕，将滤膜或气溶胶采样器的盖子盖好。运送滤膜夹时应保持滤膜始终处于水平，从采样至分析的整个过程中，保持滤膜夹不受任何振动或冲击。对滤膜表面的粒子进行计数[4]。

B.3.3.2.2 用串级撞击采样器采集并测量

在串级撞击采样器中，采样气流喷射穿过一系列口径渐小的孔。最大粒子直接沉降在最大孔径下面的采集板上，小粒子依次沉降在撞击器的各级。采集大粒子的串级撞击采样器有两种。一种是粒子沉降在可拆卸的平板上，平板可移出称重或显微镜观测。这种撞击采样器的采样流量一般不低于0.000 47 m^3/s。另一种是粒子沉降在压电石英微量天平质量传感器上，传感器给出各级所采集的粒子质量。这类串级撞击采样器的采样流量很小。

a) 用第一种串级撞击采样器测量前，先记录每一级的初始质量或测出每一级单位面积的初始粒

子计数。采样器工作 10 min 或更长时间，采样结束后将其封好并送到天平或显微镜处。取下各级采集板，对采集大粒子的各级采样板上所累积的粒子秤重或计数。大粒子浓度的定义为：撞击器中采集大粒子的各级大粒子的总质量或总计数与穿过撞击器的总气流量之比。

b) 第二种串级撞击采样器在采样期间同时获得采集到的粒子质量数据。由于各级上的微天平传感器均可显示质量变化，所以一般无须在采样前测定初始质量。与前一种撞击采样器相同，这种采样器的各级同样可以取出，用光学显微镜对单个粒子逐一测量，或用电子显微镜测量粒子的构成。将采样流量调整为 0.000 39 m^3/s，采样时间按洁净区的等级设为 10 min 至数小时。将撞击器放在预定采样点并启动，采样结束后，可将撞击器移至其他位置进行更多样本测量。大粒子浓度定义为：撞击器中采集大粒子的各级大粒子的总质量或总计数与穿过撞击器的总气流量之比。

B.3.3.3 无需采集粒子的大粒子测量

B.3.3.3.1 概述

不必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。空气样本以规定流量流经离散粒子计数器时，计数器就会报出粒子的光学当量粒径或空气动力学粒径。

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基本相同，不同点只有一处，由于只需要大粒子的计数数据，因此对 1 μm 以下粒子的仪器灵敏度无要求。注意离散粒子计数器的样本需是直接采自采样点的空气；计数器采样管的长度不得超过 1 m；离散粒子计数器的采样流量至少 0.000 47 m^3/s。单向流洁净室中，计数器采样口的尺寸应适应等动力采样。在非单向流区域，离散粒子计数器的采样口应朝上，采样口直径应不小于 30 mm。

设定计数器的粒径范围，使其只测量大粒子。为了保证所测粒子的浓度不大于出现重叠误差的浓度，应保留一个低于 5 μm(见 GB/T 25915.1—2010 中表 1)的粒径档。将这个小于 5 μm 粒径档的浓度数据加到大粒径数据中，浓度之和不应超过所用粒子计数器最大浓度建议值的 50%。

B.3.3.3.3 飞行时间粒径测量

大粒子的尺寸可用飞行时间仪来测量。空气样本抽入仪器，经喷嘴进入一个局部真空区，空气因膨胀而加速，测量在真空区进行。空气样本中的所有粒子均在测量区加速，粒子的加速度与粒子质量成反比。利用测量点的风速与粒子速度两者的关系，可测定粒子的空气动力学直径。知道环境与测量区之间气压的压差，可直接计算出风速。根据粒子在两束激光间的飞行时间测定粒子速度。飞行时间仪可测量大到 20 μm 粒子的空气动力学直径，粒径分辨率好于 10%。获取样本的方法与离散粒子计数器测量相同；确定粒径范围的方法也与离散粒子计数器相同。

B.3.4 大粒子计数规程

架设所选仪器的空气采样探头，每个采样点的采样空气量，至少需要采集到 20 颗大粒子，并按 GB/T 25915.1—2010 或 GB/T 25915.2—2010 的规定进行测量。根据供需双方的协议选择粒径范围，计算 M 描述符的浓度并报告数据。若需要大粒子浓度稳定性的有关信息，可按供需双方议定的时间间隔在选定位置进行不少于 3 次测量。

B.3.5 检测报告

根据供需双方的协议，对设施的洁净度等级验证或常规检测，第 5 章规定的检测报告及下述信息和

数据应记录在案：

a) 检测仪器所测粒子参数的定义；
b) 测量类型:分级,M描述符测量还是常规监测；
c) 所用测量仪器和器具的具体型号及校准状况；
d) 洁净室的洁净度等级；
e) 大粒子粒径范围和每个范围内的计数；
f) 仪器的采样流量和实际进入传感器的体积流量；
g) 采样点位置；
h) 等级验证采样计划,或常规检测的采样协议；
i) 占用状态；
j) 若要求,大粒子浓度的稳定性；
k) 与测量有关的其他数据。

B.4 气流检测

B.4.1 原理

本检测用于测量洁净室和洁净区内的风速,风速均匀性及送风量。单向流洁净室和洁净区需要测量风速分布,而非单向流洁净室和洁净区需要测的是送风量。测量送风量是要确定单位时间内送到设施的空气容积,该值可用来计算单位时间的换气次数。风量的测量,可在末端过滤器的出风面,或在送风管中。两者测量的都是通过已知截面的风速,风速与面积的乘积即为风量。具体测量方法由供需双方协商确定。这种检测可用于所有3种占用状态。

B.4.2 单向流设施检测方法

B.4.2.1 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。检测中,测量面垂直于送风气流并分成等面积网格[15]。

B.4.2.2 送风风速

风速测点距过滤器出风面约150 mm～300 mm。测点数量应足以测定洁净室和洁净区的送风量,测点数量取测量面积(以平方米计)10倍的平方根,且不少于4个测点。每只过滤器或每台风机-过滤单元(FFU)的出风面上至少要有一个测点。可使用软帘阻挡对单向流的干扰。

为了获得可重复的读数,每点的测量时间应足够长。对多个测点而言,应记录风速测量平均时间。

B.4.2.3 洁净室内风速的均匀性

风速均匀性的测点距过滤器出风面约150 mm～300 mm,测量网格由供需双方议定。

当生产装置和工作台安装就位,应特别注意气流的明显改变情况。因此,风速均匀性的测点不应靠近这些障碍物。

所测数据可能无法表明洁净室或洁净区设施本身的特性。用以判定风速均匀性即风速分布的数据,应由双方议定。

为获得可复验的读数,每点的测量时间应足够长。

B.4.2.4 测量过滤器面风速确定送风量

可利用B.4.2.2的风速测量结果按式(B.1)计算总风量：

$$Q=\sum(U_c\times A_c) \qquad \cdots\cdots(B.1)$$

式中：

Q ——总风量；

U_c——各测量网格单元中心点的风速；

A_c——网格单元面积，其定义为设施面积除以测点数量。

B.4.2.5 风管中的送风量

风管中的风量测量可采用孔板流量计、文丘里流量计和风速计等体积流量计，参见GB/T 2624.1—2006～GB/T 2624.4—2006[19][20][21][22]。

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，然后测量每个网格单元中心点的风速。网格单元的数量由供需双方议定，例如9个、16个。使用B.4.2.4规定的方法对风量进行评估。遇到圆形风管，可按照EN 12599介绍的方法使用皮托管测定风量[10]。

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，为了测定总风量，有必要逐一测量每个送风口的风量[15]。

B.4.3.2 送风口处测量的送风量

为了排除送风口局部气流的扰动和气流喷射的影响，建议采用风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，也可用风罩出风的风速乘以有效面积求出送风量。风罩的上开口应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，风罩的上沿应密封靠紧平坦的表面。若采用带流量计的风量罩，则可在风罩的出风端口直接测量各个末端过滤器或送风散流器的风量。

B.4.3.3 按过滤器面风速计算的送风量

如果没有风罩，可用风速计来测量各个末端过滤器出风面的风速，风速与出风面面积的乘积就是送风量。可用软帘隔阻对单向流的干扰。

测点数量和送风量的计算参见B.4.2.3和B.4.2.4。

若无法将测量面划分成等面积网格单元，就要使用面积加权来计算平均风速。

B.4.3.4 风管中的送风量

风管中的风量测定与B.4.2.5介绍的方法相同。

B.4.4 气流检测仪

气流测量仪的介绍和测量技术要求见C.4。风速测量可使用超声波风速仪、热风速仪、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，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，使用热风速仪时，划分的网格要小，测点要多；使用叶轮风速计时，叶轮的灵敏度要高，叶轮要大。

所选用的器具应有有效的校准证书。

B.4.5 检测报告

根据供需双方的协议，第 5 章规定的检测报告及下述信息和数据应记录在案：

a) 检测类型和检测条件；

b) 所用各种仪器的具体型号和校准状况；

c) 测点位置和距过滤器表面的距离；

d) 占用状态；

e) 与测量有关的其他数据。

B.5 压差检测

B.5.1 原理

这项检测的目的是验证设施与周围环境之间、设施内各空间之间保持规定压差的能力[15]。这项检测适用于所有 3 种占用状态。定期进行这项检测，并将其列入 GB/T 25915.2—2010 规定的设施常规监测计划。

B.5.2 压差检测规程

在测量各房间之间以及房间与外部之间的压差前，宜先确认送风量和设施的风量均衡符合规定要求。

所有的门保持关闭，测量并记录洁净室与周围环境之间的压差。

若设施内有多间洁净室，先测量最里层房间与相邻房间之间的压差，然后依次向外层测量，直至测量到最外层密闭区和辅助区之间以及与室外环境之间的压差。

所测的压差一般很小，测量方法不正确很容易造成读数错误。鉴于此，应考虑下列措施：

a) 建议设置永久性测点；

b) 测点设在洁净室中央，远离可能影响测点局部压力的送风口和回风口。

B.5.3 压差检测仪器

压差测量仪器的介绍和测量技术要求见 C.5。压差测量可使用电子微压计、斜管压差计、机械式压差表。

所用仪器应有有效的校准证书。

B.5.4 检测报告

根据供需双方的协议，第 5 章规定的检测报告及下述信息和数据应记录在案：

a) 检测类型和测量条件；

b) 所用各种仪器的具体型号和校准状况；

c) 所测房间的洁净度级别；

d) 测点位置；

e) 占用状态。

B.6 已装过滤系统检漏

警示——气溶胶发尘可能在某些设施内造成过高的粒子污染和分子污染。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部分前，考虑并采取适当安全措施、进行风险分析、遵守相关法规。

B.6.1 原理

B.6.1.1 概述

此项检测的目的是确认过滤系统安装正确，使用过程中无渗漏发生。B.6 给出的检测方法部分源自 IEST-RP-CC034.2[18]。此项检测用于验证过滤系统不存在影响设施洁净状况的渗漏。检测中，在过滤器的上风向注入气溶胶，在下风向紧靠过滤器和安装框架的地方扫描，或在风管中的过滤器下风向采样。这项检漏包括滤材、过滤器边框、密封垫和支撑架在内的整个过滤系统。不要将已装过滤系统的检漏与过滤器出厂时的效率检测混为一谈。已装过滤系统的检漏只在“空态”或“静态”下进行，且该项检漏是在新建洁净室调试时，或现有设施需要再检测时，或更换了末端过滤器之后进行。

B.6.2 和 B.6.3 给出了 2 种方法，用于检测顶棚和墙壁以及设备上的过滤器系统。B.6.4 介绍了安装在风管中过滤器的检测方法。下述各种检测活动中，可使用气溶胶光度计（B.6.2 介绍的方法）或离散粒子计数器（B.6.3 介绍的方法）。这 2 种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

下列情况下可使用气溶胶光度计法（B.6.2）：

a) 洁净室的送风风管配有气溶胶注入口、可使气溶胶发尘达到规定的高浓度；

b) 最易透过粒径（MPPS）整体透过率不小于 0.003%的过滤系统；

c) 沉降在过滤器和风管内的油基挥发性检测气溶胶的释放气体对洁净室内的产品、工艺、人员无害的设施。

注：对同等级过滤器造成的气溶胶污染浓度，光度计法是离散粒子计数器法的 100～1 000 倍。

B.6.1.3 使用离散粒子计数器（DPC）

与光度计法相比，计数器法（B.6.3）更灵敏，对过滤系统的污染也小得多。下列情况下可使用计数器法：

a) 配备任何类型空气处理系统的洁净室；

b) 配有最易透过粒径（MPPS）透过率低至 0.000 005%的过滤器系统；

c) 设施不允许有油基挥发性检测气溶胶沉降在过滤器和风管内并产生释放气体，或推荐使用固体气溶胶的场合。

B.6.2 已装过滤系统气溶胶光度计扫描检漏规程

B.6.2.1 概述

准备步骤见 B.6.2.2～B.6.2.5，具体检测规程见 B.6.2.6，验收限值和修补工作见 B.6.2.7 和 B.6.6[14][15][18]。

B.6.2.2 上风向气溶胶发尘的选择

将人工生成的多分散气溶胶或大气气溶胶注入上风向气流，使上风向气溶胶均匀且达到检测所需的浓度。这种发尘方式产生气溶胶粒子的质量中值粒径一般为 0.5 μm～0.7 μm，几何标准差可高达 1.7。

注：有关气溶胶物质的指南见 C.6.4。

B.6.2.3 上风向气溶胶发尘浓度与浓度验证

过滤器上风向气溶胶发尘的浓度为 10 mg/m³～100 mg/m³。浓度低于 20 mg/m³ 时检漏的灵敏度欠佳;高于 80 mg/m³ 时,长时间检测会过度污染过滤器。

应采取适当手段来验证注入的气溶胶与送风均匀混合。对系统进行第 1 次检测时应验证气溶胶混合充分,验证时应规定并记录所有注入口和采样点。

在紧靠过滤器上风向处测量,上风向气溶胶浓度随时间的变化不应超过平均测量值的±15%。浓度低于平均值,对小渗漏检测的灵敏度降低;较高浓度时对小渗漏的灵敏度提高。供需双方应商定送风与气溶胶混合效果检测的细节。

ASME N510-1989[1]和 IEST-RP-CC034.2:1999[18]可能对此有所帮助。

B.6.2.4 确定采样头尺寸

按式(B.2)计算采样头开口尺寸时应考虑仪器采样流量和过滤器出风面风速,以使采样口的风速接近过滤器出风面的风速。采样口为正方形或矩形。此外,还应认真考虑采样口的入口风速分布[18]。

$$D_p = \frac{q_{V_a}}{U \times W_p} \qquad \cdots\cdots (B.2)$$

式中:

D_p ——沿扫描方向的采样口宽度,单位为厘米(cm);

q_{V_a} ——测量仪器的实际采样流量,单位为立方厘米每秒(cm³/s);

U ——过滤器出风面风速,单位为厘米每秒(cm/s);

W_p ——垂直于扫描方向的采样口宽度,单位为厘米(cm)。

注:风速应为:

$$U(1+20\%) \geqslant U_s \geqslant U(1-20\%)$$

上述关系也可表示为:

$$1.2U \geqslant U_s \geqslant 0.8U$$

式中:

U ——过滤器出风面风速;

U_s ——采样探头入口风速。

$$U_s = \frac{q_{V_a}}{D_p \times W_p}$$

B.6.2.5 确定扫描速度

采样头的往复扫描速度 S_r 应约为 $15/W_p$ cm/s[18]。例如,当使用 3 cm×3 cm 正方形采样头扫描时,S_r=5 cm/s。

B.6.2.6 已装过滤系统扫描检漏规程

本项检测中,在过滤器上风向注入气溶胶,用光度计的采样探头在下风向查找过滤器和安装架上的漏点,具体做法如下:

a) 进行此项检测前,应已完成风速合格性检测(B.4)。

b) 应先按 B.6.2.3 的规定测量过滤器上风向的气溶胶,验证气溶胶浓度和分布的均匀性符合要求。

c) 然后,应以不超过 B.6.2.5 中规定的扫描速度 S_r 移动采样探头往复扫描,扫描的覆盖面之间略有重叠。采样探头距过滤器出风面和框架结构约 3 cm。

d) 扫描应遍及过滤器的整个出风面、过滤器的周边、过滤器边框与安装架构之间的密封处及安

装架构的结合点。

e) 扫描检漏过程中，为了确认上风向气溶胶浓度稳定(见 B.6.2.3)，应以适当时间间隔并在扫描完成后对上风向气溶胶进行复测。

B.6.2.7 验收限值

扫描时有任何显示大于或等于渗漏限值处，都应将采样头停在渗漏处持续测量一段时间。光度计获得最大读数时采样头的位置应判定为渗漏位置。

当读数大于上风向气溶胶浓度的 10^{-4}(0.01%)时，就认为存在渗漏。供需双方也可商定其他验收限值。

消除渗漏点的措施见 B.6.6。

注：若过滤器的效率不同，或光度计的响应时间不同，可能需要考虑设定不同的渗漏限值，参见 IEST-RP-CC034.2[18]。

B.6.3 已装过滤系统粒子计数器扫描检漏规程

B.6.3.1 概述

这种过滤器在位检漏方法分 2 步，兼顾了准确性和检测速度：

1) 在过滤器的洁净侧扫描，看其是否可能存在漏点。粒子计数器扫描过程中，发现计数多于采样时间 T_s 内的可接受观测计数 C_a 时，表明可能存在渗漏，于是执行第 2 步检测。若未发现可疑渗漏，则不必做进一步检查。确定参数 C_a 和 T_s 的方法见 B.6.3.6。

2) 将采样探头返回至每个可疑渗漏处粒子计数最大的地方，停在该处进行复测。若计数器探头静止不动时，复测的计数多于静止时间 T_r 内的合格观测计数 C_a，表明存在渗漏。确定参数 C_a 和 T_r 的方法见 B.6.3.6。

B.6.3.2 气溶胶条件

将人工生成的多分散气溶胶或大气气溶胶引入上风向气流，使上风向气溶胶均匀且达到检测所需的浓度。

注：气溶胶物质的指南见 C.6.4。

气溶胶应符合下列条件：

a) 数量中值粒径(CMD)在 0.1 μm～0.5 μm 之间；

b) 计数器的小粒径阀值小于气溶胶的平均粒径；

c) 若计数器在小阀值至 0.5 μm 的粒径范围内的粒径通道不只一个，应选择下风向计数中读数最高的那个通道；

d) 将气溶胶当量平均粒径的总平均数调到接近于所用计数器最合适通道的中点粒径。

B.6.3.3 上风向气溶胶的浓度与验证

为了达到 B.6.3.5 规定的扫描速度，过滤器上风向气溶胶的浓度应足够高。大多数情况下，为了达到如此高的浓度，有必要向上风向加入人工气溶胶。而为了测定这种高浓度气溶胶，可能要为计数器增设一个稀释装置，以便使气溶胶浓度不至高出计数器的浓度限值(重叠误差)。每期使用前和使用后，都要验证稀释装置的性能[16]。

上风向气溶胶浓度随时波动的话，下风向扫描应不间断地进行，以便获得计算所需的连续的粒子计数数据。浓度低时探测小渗漏的灵敏度低，浓度高时探测小渗漏的灵敏度高。因此，扫描期间最好同时监测上风向浓度。供需双方应协商确定气溶胶混合检验的具体细节，包括上风向采样点的位置和采样点数量[18]。

B.6.3.4 确定采样探头尺寸

参见 B.6.2.4。

B.6.3.5 已装过滤系统扫描检漏规程

参见 B.6.2.6,实施时用 B.6.3.3 和 B.6.3.6.4 替代 B.6.2.3 和 B.6.2.5。

B.6.3.6 预备性计算与评估

B.6.3.6.1 预备性计算与评估中使用的符号和流程图

本条款所用符号如下:

C_c ——过滤器上风向气溶胶发尘浓度(个/cm^3);

P_s ——被试过滤器 MPPS(最易透过粒径)处最大允许整体透过率;

P_L ——被试过滤器标准渗漏透过率;

K ——表示 P_L 可能大于 P_s 多少的系数;

q_{Vs} ——标准采样流量,$q_{Vs}=472\ cm^3/s(28.3\ L/min)$;

q_{Va} ——离散粒子计数器实际采样流量(cm^3/s);

S_r ——探头扫描速度(cm/s);

D_p ——沿扫描方向的探头口宽度(cm);

N_p ——有渗漏时的预期粒子计数(个);

N_{pa}——有渗漏时的实际粒子计数(个);

C_a ——合格的观测计数(个);

T_s ——采样时间(s);

T_r ——探头静止时间(s)。

事先估算的流程见图 B.2。

B.6.3.6.2 被试过滤器标准渗漏透过率,P_L

标准渗漏透过率 P_L 的定义为:采样探头停在渗漏上方静止不动时,计数器以标准采样流量检测出的透过率。此处规定标准采样流量 $q_{Vs}=472\ cm^3/s(28.3\ L/min)$。

P_L 由供需双方协商确定,或根据表 B.1 和式(B.3)来确定,式中,P_L 是 K 和 P_s 的函数。

$$P_L=K\times P_s \qquad \cdots\cdots(B.3)$$

表 B.1 K 与 P_s 的函数关系

最大允许透过率 P_s	$\leqslant 5\times10^{-4}$	$\leqslant 5\times10^{-5}$	$\leqslant 5\times10^{-6}$	$\leqslant 5\times10^{-7}$	$\leqslant 5\times10^{-8}$
系数 K	10	10	30	100	300

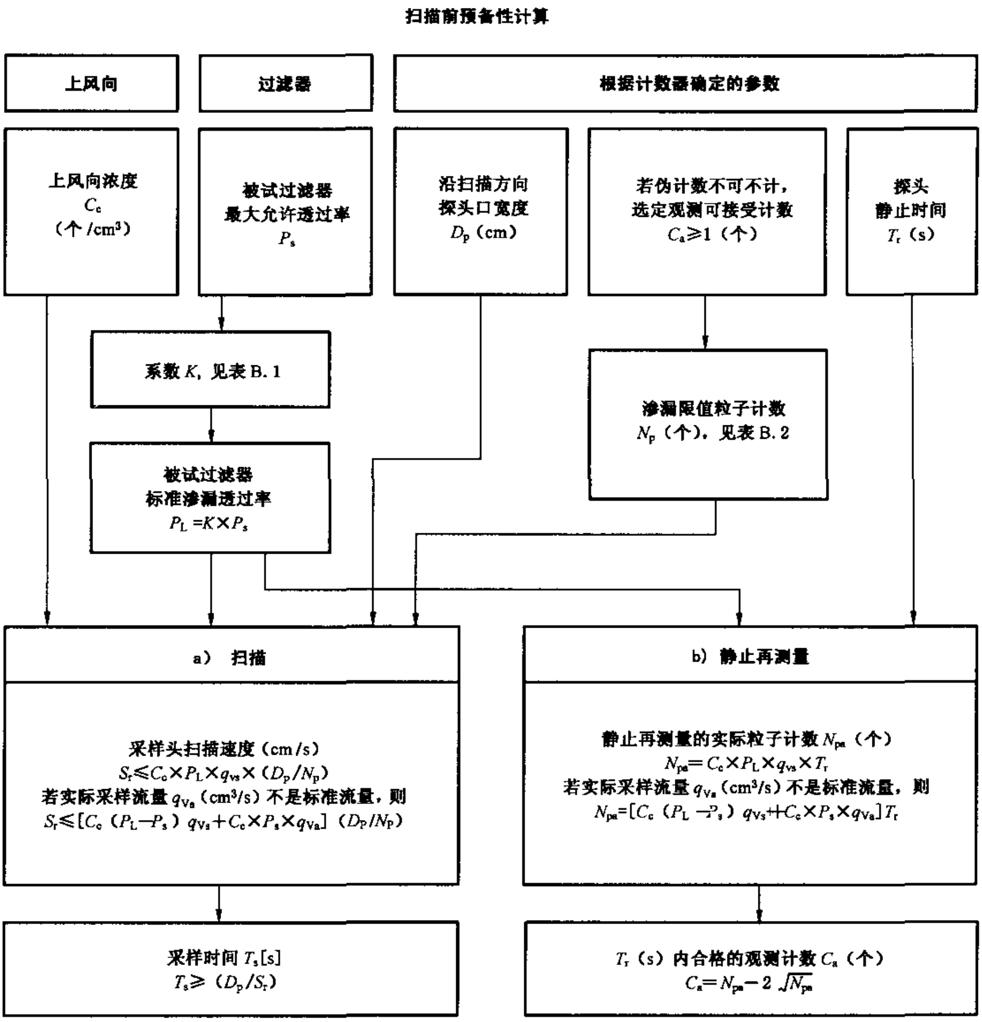
P_s 应定义为制造商规定的被试过滤器最大允许整体 MPPS(最易透过粒径)透过率。如果没有这个 MPPS 透过率数据,可使用规定粒径的额定透过率。

注:P_L 中考虑了滤材的正常透过率和正常渗漏。

某些场合,局部透过率可能大于整体透过率。

手动扫描时,可用 N_p 取代 C_a。建议取 $N_p\geqslant 2$,同时不考虑 B.6.3.6.3。

若想与光度计法验收限值(见 B.6.2)相关,可设定气溶胶的平均粒径应为 0.8(±0.2)μm,对整体透过率 0.05%和 0.005%的过滤器,最大允许透过率取 0.01%。



检测与评估步骤

a) 扫描探测可疑漏点

当选 $C_a = 1$（个）时，在一段短时间（$<T_s$）内计数增加≥2，应将采样探头置于渗漏位置，以静止方式复测。若计数不增加，则认为无渗漏。

b) 静止测量渗漏

若探头静止时间 T_r 内观测计数小于 C_a（个），则认为该点无渗漏。

若探头静止时间 T_r 内观测计数总是大于 C_a（个），则认为该点有渗漏。

图 B.2 预备性计算与评估流程图

B.6.3.6.3 期望粒子计数 N_p 和验收限值 C_a

统计计算中，观测计数 C_a 对应置信上限 N_p。表 B.2 中给出部分 C_a 和 N_p 的成对值。N_p 值较小，可使用较快的扫描速度，或较低的上风向浓度。

a) 若伪计数可忽略不计，应选择 $C_a=0$，$N_p=3.7$ 这组值。

b) 若伪计数不可不计，应选择 $C_a\geqslant 1$。

表 B.2 泊松分布的 95%置信上限[8][17]

观测计数 C_a	上限 N_p	观测计数 C_a	上限 N_p	
0	3.7	6	13.1	N_p 大于 19.7 时，取：$C_a=N_p-2\sqrt{N_p}$ ……… (B.4)
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	

B.6.3.6.4 扫描速度 S_r

探头的往复扫描速度 S_r 由式(B.5)确定：

$$S_r \leqslant C_c \times P_L \times q_{Vs} \times \frac{D_p}{N_p} = C_c \times P_L \times 472 \times \frac{D_p}{N_p} \quad \cdots\cdots (B.5)$$

S_r 不应大于 8 cm/s。

首先选择 S_r 和 C_a，然后按式(B.5)计算上风向检测气溶胶浓度 C_c。

B.6.3.6.5 静止时间 T_r 和对应 T_r 的 N_{pa} 和 C_a

a) 选择探头静止时间 T_r(s)

观测到有大于 C_a 的计数时，应按探头静止时间 T_r 进行静止复检。若使用的是市售常规计数器，应将 T_r 设为 1 倍或数倍于计数器的固定间隔时间。

b) 计算 T_r(s)和 C_a(个)的实际计数 N_{pa}(个)

在 T_r 内达到渗漏限值的实际粒子计数 N_{pa} 可由式(B.6)得出。对于值大的 N_{pa}，可按式(B.7)计算 C_a。

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

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

B.6.3.6.6 用扫描法检测渗漏

a) 观测计数(个)小于 C_a 时

在大于等于采样时间 T_s 内，若观测计数不大于 C_a，则认为无渗漏。如式(B.8)给出的关系，采

样时间 T_s 应不小于探头移过渗漏点所需时间[18]：

$$T_s \geqslant \frac{D_p}{S_r} \qquad \cdots\cdots (B.8)$$

b) 观测计数大于 C_a(个)时

遇到任何观测计数大于 C_a(个)的情况，都应将采样头静止在渗漏位置一段时间以检查渗漏情况。

手工扫描时，通过计数器的显示或报警音就能检测出疑似渗漏。为了区分合格与不合格计数，应调整过滤器上风向的气溶胶浓度，使粒子计数允许偏差不超过 10 颗。

为了避免两次采样读数之间复位时间的影响，计数器的采样间隔应足够长。

B.6.3.6.7 用静止法再测疑似渗漏

a) 观测计数小于 C_a(个)时

若 T_s 内观测到的计数不大于 C_a，则确认无渗漏。

b) 观测计数大于 C_a(个)时

若观测计数大于 C_a，应考虑以静止方式再测量。若静止观测的计数仍大于 C_a，则认为存在渗漏。

B.6.3.7 非标准流量的修正

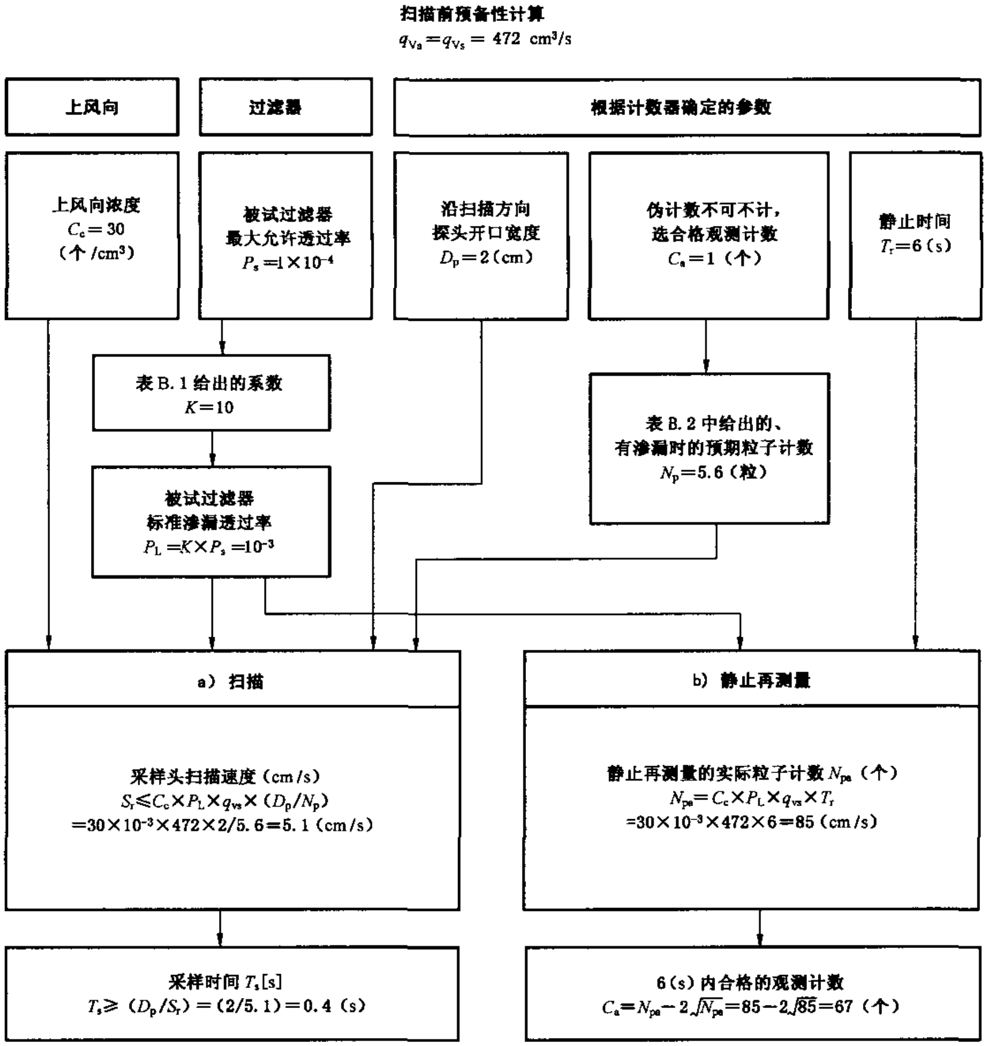
标准渗漏透过率 P_L 是按 $q_{V_s}=472\ \mathrm{cm^3/s}(28.3\ \mathrm{L/min})$ 这个标准采样流量定义的。此时，渗漏的粒子计数与实际采样流量 $q_{V_a}(\mathrm{cm^3/s})$ 无关。若采样流量并非这个标准流量，计算公式应修正为式(B.9)和式(B.10)：

$$S_r \leqslant [C_c(P_L - P_s)q_{V_s} + C_c \times P_s \times q_{V_a}]\frac{D_p}{N_p} \qquad \cdots\cdots (B.9)$$

$$N_{pa} = [C_c(P_L - P_s)q_{V_s} + C_c \times P_s \times q_{V_a}]T_r \qquad \cdots\cdots (B.10)$$

B.6.3.8 评估应用的实例

图 B.3 给出一项评估步骤实例。



检测与评估步骤

a）扫描探测可疑漏点
若短时间内（<0.4 s）计数增加≥2，应将采样探头置于渗漏位置，以静止方式复测。
若计数不增加，则认为无渗漏。

b）静止测量渗漏
若静止时间 $T_r=6$ s 内观测计数 $C_a<67$ 个，则认为该点无渗漏。
若静止时间内观测计数大于 C_a，则认为该点出现渗漏。

图 B.3 评估流程图

B.6.4 风管内与空气处理器(AHU)内过滤器的整体检漏规程

此方法可用来评估安装在风管内过滤器的整体渗漏。此方法也可用来评估多级过滤器的整体渗漏，而无需逐级检测。位于设施中非单向流区的末端过滤器也可采用这种方法。此方法的灵敏度比

B.6.2 和 B.6.3 介绍的检漏法低得多[1][6][9]。

检测时，向远离洁净室的过滤器上风向注入气溶胶，然后测量风管或空气处理器内过滤后的空气粒子浓度，并将其与上风向浓度比较，计算出过滤器设备的总效率或总透过率[18]。

进行此项检测前，应已完成风速合格检测(B.4)。

先按 B.6.2.3(光度计法)或 B.6.3.3(计数器法)测量上风向气溶胶，验证其浓度与均匀性。

若过滤器下风向的气溶胶混合均匀，则每只过滤器下风向的气溶胶浓度测点不少于一个。若混合不均匀，就应改变测量方法，在风管内过滤器下风向截面上设置若干等距离测点，测点间隔 30 cm～100 cm，距管壁约 3 cm。

为确认气溶胶尘源的稳定性，应以适当的时间间隔重复测量过滤器上风向的粒子浓度(见 B.6.2.3)。

通过浓度测量，计算出下风向各测点、对应测量器具所调整到的粒径的粒子总透过率。

所有点的透过率均不应大于过滤器最易透过粒径额定透过率的 5 倍。然而，若使用光度计，透过率不应大于 10^{-4}(0.01%)。供需双方可协商确定过滤效率检测的其他验收限值。

可根据 B.6.6 或供需双方协议，对渗漏进行修补或纠正。

注：若需要对风管内的过滤器进行扫描检漏，就应采用 B.6.2 和 B.6.3 介绍的方法。

B.6.5 已装过滤系统检漏所需仪器和材料

B.6.5.1～B.6.5.4 中规定的仪器应配有有效校准证书。

B.6.5.1 对数或线性气溶胶光度计

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，能够探测到检漏相关的粒径。粒子计数器和气溶胶光度计限于在伪计数或背景浓度小于 10%渗漏限值的情况下使用。

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所需浓度的气溶胶(见 C.6.3)。

B.6.5.4 合适的气溶胶稀释装置

B.6.5.5 合适的气溶胶物质

见 C.6.4。

B.6.6 修补与修补规程

只有在供需双方协议允许的情况下才可进行渗漏修补。确定修补方法时应遵守设备制造商和需方的要求。

选择修补用料时，应考虑释放气体及分子沉降对产品和工艺的污染。

修补部位包括：过滤器、密封剂和安装架上探测到的渗漏。

过滤器和支撑结构的修补方法，可由供需双方议定。

修理完毕后，等待适当的固化时间，再使用规定的方法对渗漏点重新扫描检漏。

B.6.7 检测报告

根据供需双方的协议，第 5 章规定的检测报告及下述信息和数据应记录在案：

a) 检测方法:光度计法还是计数器法;
b) 所用每台仪器的型号及校准状况;
c) 特定检测条件,与本检测方法偏离之处,供需双方议定的特定规程;
d) 上风向气溶胶浓度,浓度测点位置,对应的测量时间;
e) 采样流量;使用粒子计数器时的粒径范围;
f) 计算出的上风向平均气溶胶浓度和浓度分布;
g) 下风向测量合格计算限值;
h) 对应每台过滤器、每个区域或测点的测量结果;
i) 每个规定测点的最终检测结果;
j) 无渗漏则通过检测。若有渗漏,报告渗漏位置、修补情况及该位置的复测结果。

B.7 气流方向检测和显形检查

B.7.1 原理

气流方向检测和显形检查的目的,是确认气流方向和气流均匀性与设计要求和性能要求相符;若有要求,还要与气流的空间和时间特性相符。

注:本部分未考虑使用计算机流体动力学(CFD)进行预测和分析。

B.7.2 方法

下述4种方法可用于气流方向检测和显形检查:

a) 示踪线法;
b) 示踪剂法;
c) 采用图像处理技术的气流显形检查;
d) 借助速度分布测量的气流显形检查。

方法a)和方法b),实际上是利用丝线和微粒等示踪物质的运动,凭肉眼观察设施中的气流,并使用摄像机、胶片、磁盘或磁带记录流场。丝线和示踪微粒物不应成为污染源,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)定量演示设施内的风速分布。这种方法使用了计算机示踪粒子图像处理技术。

注意不要让操作者干扰观测中的气流。

注:气流会受到压差、风速、温度等参数的影响。

B.7.3 气流方向检测和显形检查规程

B.7.3.1 示踪线法

这种方法是直接观察丝线、尼龙单丝、布条或薄磁带等纤细物。将上述物品系在置于气流中的支撑杆顶端或系在金属丝网格的交汇处,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。通过测量两点(例如2 m～0.5 m)之间的气流偏移来计算偏移角。

B.7.3.2 示踪剂法

对高强度光源照亮的示踪粒子的特性进行观察或成像,这项检测给出设施内气流的方向和均匀性信息。产生示踪粒子的物质可选去离子水、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,应慎重选择示踪剂。

使用液滴生成法时应考虑液滴的粒径。液滴要大到图像处理技术可探测到,但又不大到会因重力

等效应而偏离被观测的气流。

B.7.3.3 采用图像处理技术的气流显形检查

利用B.7.3.2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.7.3.4 借助测量速度分布的气流显形检查

可在被观测设施内的几个规定点上放置热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.7.4 气流方向检测和显形检查用仪器

各种检测方法使用的仪器不同。C.7给出了各种检测方法的适用仪器。

B.7.5 检测报告

根据供需双方的协议,第5章规定的检测报告及下述信息和数据应记录在案:

a) 检测类型、显形检查方法、检测条件;
b) 所用测量仪器和器具的型号以及校准状况;
c) 显形检查点的位置;
d) 若规定使用图像处理技术或测量速度分布,照片或录像带上记录的图像,或每项测量的原始数据;
e) 气流显形检查报告中应附有平面图,标出所有仪器的确切位置;
f) 占用状态。

B.8 温度检测

B.8.1 原理

本检测的目的是,证明设施的空气处理系统,按供需双方议定的时间和控制限值,保持被测区域内空气温度的能力。B.8给出的检测方法部分取自IEST-RP-CC006.3[15]。此处给出两个档次的检测方法。第一种方法是B.8.2.1给出的一般检测,适用于空态设施的初步检测;第二种方法是B.8.2.2给出的严格检测,适用于静态或动态下的检测。第二种检测适用于温度性能要求更为严格的区域。

B.8.2 温度检测规程

B.8.2.1 一般温度检测

本检测在气流均匀性检测之后和空调系统调整之后进行。进行这项检测时,空调系统已经运转,各项状况已经稳定。

每个温控区至少设置一个温度测点。

传感器设在指定位置的工作高度。

让传感器有充分的时间稳定后,记录各测点的温度读数。

所做测量应适合实际使用的目的,测量时间不少于5 min,每分钟至少记录1个读数。

B.8.2.2 严格温度检测

具有严格环境控制要求的区域建议进行这项检测。

进行这项检测时，空调系统已经至少运转 1 h，各项状况已经稳定。

将工作区划分成等面积网格。具体检测网格由供需双方议定。

检测点不少于 2 个。

温度探测器应设在工作高度，距设施的顶棚、墙和地面不少于 300 mm。

选择探测器的位置时，应充分考虑热源的影响。

所做测量应适合实际使用的目的，测量时间不少于 5 min，每分钟至少记录 1 个读数。

B.8.3 温度检测仪器

温度检测中使用准确度符合 ISO 7726:1998 规定的传感器，例如：

a) 玻璃温度计；

b) 热电偶；

c) 热敏电阻。

仪器的最小测量分辨率为：设定温度点与该点允许的波动范围之差的 1/5。

仪器应有有效校准证书。

B.8.4 检测报告

根据供需双方的协议，第 5 章规定的检测报告及下述信息和数据应记录在案：

a) 检测和测量的类型，检测条件；

b) 所用测量仪器的型号和校准状况；

c) 测点位置；

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设施的空气处理系统，按供需双方议定的时间和控制限值、保持被测区域内空气湿度（用相对湿度或露点表示）的能力。B.9 给出的检测方法取自 IEST-RP-CC006.3[15]。

B.9.2 湿度检测方法

本检测在气流均匀性检测之后和空调系统调整之后进行。

进行这项检测时，空调系统已经充分运转，各项状况已经稳定。

每个湿度控制区至少设置一个湿度传感器，并且给传感器充分的稳定时间。

所做测量应适合实际使用的目的，待传感器稳定之后，测量时间不少于 5 min。

检测点、频度、间隔和数据的记录时间应由供需双方议定。

湿度检测应与温度检测一起进行。

B.9.3 湿度检测仪器

湿度检测中使用准确度符合 ISO 7726:1998 规定的传感器。

常见传感器有：

a) 介质膜电容湿度传感器；

b) 露点传感器；

c) 干湿球温度计。

仪器的最小测量分辨率应为：设定湿度点和允许的该点波动范围之差的 1/5。

仪器应有有效的校准证书。

B.9.4 检测报告

根据供需双方的协议，第5章规定的检测报告及下述信息和数据应记录在案：

a) 检测和测量的类型，检测条件；
b) 所用测量仪器的型号和校准状况；
c) 温度；
d) 测点位置；
e) 占用状态。

B.10 静电和离子发生器检测

B.10.1 原理

本检测由两部分组成，一个是静电检测，另一个是离子发生器（电离器）检测。静电检测的目的是评估工作面和产品表面上的静电电压，以及地面、工作台面和设施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补偿电压。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.10.2 静电检测和离子发生器检测规程

B.10.2.1 静电检测规程

B.10.2.1.1 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或正或负的静电荷。

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。使探头的感应口与金属板平行，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，被测体应有足够大的表面积。

记录静电电压计的读数。

供需双方协商确定测点和待测体。

B.10.2.1.2 静电耗散特性的测量

评估静电耗散特性需使用高阻欧姆计测量表面电阻（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，这些电极应与表面保持正确的距离。

供需双方协商确定检测条件的具体细节。

B.10.2.2 离子发生器检测规程

B.10.2.2.1 概述

为评估双极离子发生器的性能进行的此项检测，需测量放电时间和补偿电压：测量放电时间是为了

计算离子发生器消除静电荷的效率;测量补偿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。

这些测量要使用导电监测板、静电电压计、计时器和电源(上述部分构成的仪器有时可称为充电监测板)。

B.10.2.2.2 放电时间的测量

使用具有已知电容(例如 20 pF)的监测板(绝缘了的导电板)进行测量。首先用电源向监测板充电,使其达到或正或负的规定电压。

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 10%初始电压所需的时间。

监测板上正电和负电的放电时间都应进行测量。

供需双方议定检测点的位置和检测验收限值。

B.10.2.2.3 补偿电压的测量

用安装在绝缘体上的充电监测板测量补偿电压。

用静电电压计监测绝缘板上的电荷。

首先令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,此时的电压就是补偿电压。

离子发生器的合格补偿电压依工作区内物体对静电荷的敏感性而定。供需双方应协议确定合格的补偿电压。

B.10.3 静电和离子发生器检测用仪器

a) 静电检测用、测量表面电压的静电电压计或静电场强计;

b) 静电检测用、测量静电耗散特性的高阻欧姆计;

c) 检测离子发生器用的静电电压计或静电场强计,导电监测板或充电监测板。

有关上述仪器的介绍见 C.11。所有仪器都应具有有效的校准证书。

B.10.4 检测报告

根据供需双方的协议,第 5 章规定的检测报告及下述信息和数据应记录在案:

a) 检测和测量的类型,检测条件;

b) 所用测量仪器的型号和校准状况;

c) 温度、湿度、其他相关环境数据;

d) 测点位置;

e) 占用状态;

f) 与测量有关的其他数据。

B.11 粒子沉降检测

B.11.1 原理

这里说明的规程与仪器用于设施内的空气中沉降在或可能沉降在产品和工作表面的粒子的计径和计数。使用表面特性与所关注风险表面类似的代测板来采集沉降粒子,然后使用光学显微镜、电子显微镜或表面扫描仪器测定粒径并计数。可用沉降粒子光度计测定粒子沉降率。粒子沉降数据应表示为单

位时间、单位表面积粒子的质量或计数。

B.11.2 粒子沉降检测规程

B.11.2.1 代测板采集粒子

将代测板放在风险表面所在的同一平面。代测板的电势应与检测表面相同。使用代测板时应遵守下述规程和方法：

a) 验证洁净室的各个系统功能正常，符合运行要求。

b) 在每块代测板上作唯一标识，按要求清洁代测板，将表面粒子浓度减少到最低程度。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现场。运送时应避免空气悬浮粒子污染板的表面。

e) 令代测板暴露，时间最长可达48 h，具体暴露时间依洁净室的类型、运行方式和使用的粒子计数仪器而定。为了给出可满足需方要求的、具有统计意义的有效数据，必要时可调整暴露时间，以便在代测板上得到足够多的沉降粒子。

f) 盖好并取回暴露过的代测板，将其存放在密封的容器中以防再受污染。

B.11.2.2 对采集的粒子进行计数和计径

对代测板采集的粒子进行计数和计径，以得到可再现的数据，依此可对被测区域的洁净程度归类。

使用光学显微镜时，可利用经过校准的线性或圆形测微尺测量粒径。使用电子显微镜时，可利用经校准的已知线距光栅，用图像尺寸与实际尺寸相关的办法来测量粒径。使用表面扫描仪时，可利用制造商提供的粒径校准信息。可将代测板上局部面积的计数数据外推到代测板的整个表面(统计学计数)。外推方法可参照参考文献[4]。

a) 对所有代测板上及对照板上的粒子进行计数和计径。对所有代测板总面积上的粒子计数，并对粒子按适当的粒径范围分类。

b) 确定每块代测板表面沉降粒子的浓度，见式(B.11)：

$$D=\left(\frac{N_t-N_b}{A_w}\right) \qquad \cdots\cdots(B.11)$$

式中：

D ——沉降在表面的粒子浓度；

N_t——表面粒子的总浓度；

N_b——表面清洁后、暴露于洁净室环境之前，代测板表面大于或等于规定的最小粒径的粒子浓度；

A_w——代测板面积，单位为平方厘米(cm^2)。

c) 计算对照代测板的D平均值。

d) 用每块代测板的浓度减去对照代测板浓度的平均值，确定每块代测板表面浓度的净增量。用浓度的净增长除以暴露时间，得到单位时间内每平方厘米的粒子沉降率(PDR)。

e) 记录PDR的均值和标准差。

B.11.3 粒子沉降检测器具

B.11.3.1 代测板材料

依据需待测的粒径、测量手段来确定代测板的用材：

a) 微孔滤膜；

b) 双面胶带;
c) 培养皿;
d) 含对比色(黑色)聚合物(如聚酯树脂)的培养皿;
e) 摄影胶片(薄片);
f) 显微镜片(普通片或带金属镀膜);
g) 玻璃或金属镜片;
h) 半导体晶圆坯料;
i) 玻璃光掩膜基片。

为了易于看到粒子,代测板表面的光洁度应与待测粒子的粒径相适。所用测量手段应能分辨并测量所关注的最小粒径。

B.11.3.2 仪器

可利用各种仪器对沉降在代测板表面的粒子进行计数和计径测量。按所关注的粒径,测量仪器分为4类[25][28]:

a) 光学显微镜(粒径不小于2 μm);
b) 电子显微镜(粒径不小于0.02 μm);
c) 表面分析扫描仪(粒径不小于0.1 μm);
d) 粒子沉降光度计(粒子最大覆盖面积1%)。

按关注粒径范围内粒子的探测需要选择仪器。其他需要考虑的因素有,采集样本和分析样本需要的时间,评估检测方法需要的时间。所用仪器应具有有效校准证书。

B.11.4 检测报告

根据供需双方的协议,第5章规定的检测报告及下述信息和数据应记录在案:

a) 检测和测量的类型,检测条件;
b) 所用测量仪器的型号和校准状态;
c) 测点位置;
d) 占用状态。

B.12 自净检测

B.12.1 原理

本项检测是测定设施清除空气悬浮粒子的能力。产生粒子的事件发生后,洁净度的恢复性能是设施最重要的能力之一。自净检测仅对非单向流系统重要并推荐采用,因为自净性能与受控区内循环风比例、送风与出风的几何位置、热条件和空气分布特性因素。而单向流系统中,污染被受控气流置换,自净时间只受位置和距离的影响。本项检测应在设施处于空态或静态时进行。

ISO 8级和ISO 9级不推荐此项检测。

若使用人工气溶胶,应防止气溶胶对设施的残留污染。

B.12.2 自净性能

自净性能由100∶1自净时间或洁净度恢复率来表示。100∶1自净时间的定义是:粒子浓度降低至0.01倍初始浓度所需时间;洁净度恢复率的定义是:粒子浓度随时间的变化速率。从上述两个参数可从同一粒子浓度衰减曲线得到。

测量应在粒子浓度以单指数衰减的时间段内进行,此时,在半对数坐标图上(浓度在纵坐标为对数

刻度，时间值在横坐标为线性刻度）浓度与时间呈直线关系。此外，检测浓度不应过高，以免造成计数器的重叠误差；也不应过低，以免产生计数偏差。

注：100：1 自净时间检测是首选方法。

B.12.3 自净检测规程

B.12.3.1 用 100：1 自净时间进行评估

若能将初始粒子浓度提高到目标洁净程度的 100 倍或更高时，可直接测量 100：1 自净时间。

应小心避免计数器的重叠误差和污染计数器光学器件的风险。检测前，需要计算检测 100：1 自净时间所需浓度。若计算出的浓度超出计数器的最大可测浓度，可使用稀释装置来降低浓度以避免重叠误差，或以恢复率检测(B.12.3.2)来取代 100：1 自净时间检测。

a) 按制造商的说明和校准证书设置计数器。
b) 将粒子计数器的采样探头置于检测点，测点位置和测量次数由供需双方议定。计数器的采样探头不应直接位于送风口下。
c) 将单次采样体积量调整到测定洁净度级别时用的同一量值。计数器每次开始计数到输出计数结果的延时应调整到不超过 10 s。
d) 本检测中使用的粒径应小于 1 μm。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。
e) 检测时，空气处理设备正常运行，洁净室被测区域充斥气溶胶污染物。
f) 将气溶胶初始浓度提高到目标洁净程度的 100 倍或更高。
g) 每隔 1 min 进行一次测量，直到粒子浓度达到 100×目标浓度阈值，记录当时的时间(t_{100n})。
h) 记录粒子浓度降至目标洁净程度的时间(t_n)。
i) 100：1 自净时间为 $t_{0.01}=(t_n-t_{100n})$。

B.12.3.2 使用恢复率的评估

使用粒子浓度向所需洁净度(见 GB/T 25915.1—2010)衰减的曲线斜率来确定自净性能，如下：

a) 在坐标图上绘出呈现下降的粒子浓度数据，横坐标为时间，纵座标为对数浓度；
b) 曲线的斜率值就是洁净恢复率。

两次相继测量值之间的洁净恢复率由式(B.12)计算：

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

式中：

n ——洁净恢复率；

t_1 ——第 1 次和第 2 次测量的间隔时间；

C_0 ——初始浓度；

C_1 ——时间 t_1 过后的浓度：

$$C_1=C_0\exp(-nt_1)$$

一次检测中，获取 5～10 个恢复率值，求其平均值。

恢复率与 100：1 自净时间两者的关系如下：

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

B.12.4 恢复率检测仪器和测点

下列检测仪器应具有有效校准证书。

供需双方可议定测点的数量。

B.12.4.1 气溶胶发生器和人工生成气溶胶

符合 B.6 中规定的特性。

B.12.4.2 离散粒子计数器

计数效率符合 C.1 和 C.6 的规定。

B.12.4.3 稀释装置

若必需，见 C.12.3 的规定。

B.12.5 检测报告

根据供需双方的协议，第 5 章规定的检测报告及下述信息和数据应记录在案：

a) 所用测量仪器的型号和校准状况；

b) 测点数量和位置；

c) 占用状态。

B.13 隔离检漏

B.13.1 原理

本项检测是用来测定有无污染空气从周围具有相同或不同静压的非受控区侵入洁净区，并检查承压顶棚系统有无渗漏。

B.13.2 隔离检漏规程

B.13.2.1 离散粒子计数器法

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应至少比洁净室内的浓度高 3 个数量级，且不低于 3.5×10^6个/m^3。若浓度小于此值，应人工生成气溶胶来提高浓度。

在洁净室内部，以约 5 cm/s 的速度扫描建筑接缝、缝隙和管线套管，扫描探头距接缝、密封处、接合部的距离不大于 5 cm。

若检查敞开门道处的渗漏情况，建议采用气流显形检查法。

记录并报告所有对应粒径的气溶胶浓度高于外部环境 0.01 倍的读数。

注：本项测量的测点数目和位置由供需双方议定。

B.13.2.2 光度计法

按照 B.6.2.2 的规定在洁净室或洁净装置外发生足够高浓度的气溶胶，这样，光度计设在 0.1%档时，气溶胶浓度将超过满量程。

在光度计的 0.1%档测量，读数超过 0.01%即表明存在渗漏。

在洁净室内部，以约 5 cm/s 的速度扫描建筑接缝和缝隙，扫描探头距缝隙的距离不大于 5 cm。

检查敞开门口处的渗漏情况时，在洁净室内侧、距敞开的门 0.3 m～1 m 处测量浓度。

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

下列检测仪器应具有有效校准证书。

B.13.3.1 人工气溶胶发生源

见B.6.5。

B.13.3.2 离散粒子计数器和光度计

粒子计数器见C.1,光度计见C.6.1。计数器和光度计都应具有识别0.5 μm或更小粒子的能力。

B.13.4 检测报告

根据供需双方的协议,第5章规定的检测报告及下述信息和数据应记录在案:

a) 所用测量仪器的型号和校准状况;

b) 数据采集方法;

c) 测点位置;

d) 占用状态。

附　录　C
（资料性附录）
检测仪器

本附录介绍本部分推荐的检测应使用的仪器。

表C.1～表C.29中给出的参数是每件仪器的最低要求。本附录的条目编号和附录B的条目相对应，例如，C.1的仪器对应B.1介绍的检测方法。负责制定检测计划的人可参照选择以下检测仪器，参照附录A列出检测项目清单和检测顺序。测量仪器的选择应遵守供需双方的协议。

本附录仅供参考。若仪器有改进，不妨碍用户使用那些更好的仪器。可依照供需双方的协议，使用适用的其他仪器。

C.1　空气悬浮粒子计数

C.1.1　光散射离散粒子计数器(DPC)

可对空气中粒子进行逐个计数和计径的仪器，给出的粒径为光学当量直径。

表C.1给出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技术要求

项　目	技　术　要　求
灵敏度(分辨率)[a]	0.1 μm～5 μm范围内粒径分辨率≤10%
测量不确定度	在粒径设定档，浓度误差±20%
校准周期	不超过12个月，或规定的性能验证时
计数效率	最小粒径阈值时(50±20)%，大于或等于最小粒径阈值的1.5倍时(100±10)%
低浓度范围	与实际预期的最低计数相比，伪计数不显著。自净阶段计数在一段时间内等于零(例如，5 min内无计数)
高浓度范围	在使用点，大于设施洁净度上限浓度2倍，且不超过制造商建议最大浓度的75%

[a] 粒径分辨率大于10%的仪器，给出的粒子计数结果可能有高达1个数量级的波动。

C.2　超微粒子计数

C.2.1　凝聚核粒子计数器(CNC)

对被采粒子凝聚过饱和蒸气而形成的全部液滴进行计数的仪器。它对大于或等于CNC最小可测粒径的所有粒子进行累加计数。

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/量程	粒子浓度可高达$3.5\times10^{9}/m^{3}$
灵敏度	依具体应用情况而定，例如0.02 μm

表 C.2（续）

项　　目	技　术　要　求
测量不确定度	最小粒径阈值的±20%
稳定性	可受环境气体类型的影响
校准周期	不超过 12 个月
低浓度范围	与实际预期的最低计数量相比，伪计数不显著
注：计数效率见图 B.1。	

C.2.2　离散粒子计数器(DPC)

可对空气中包括超微粒子在内的粒子进行逐个计数和计径的仪器。

离散粒子计数器的技术要求见表 C.3。

表 C.3　离散粒子计数器技术要求

项　　目	技　术　要　求
测量限值/量程	粒子浓度可高达 $3.5\times10^7/m^3$
灵敏度/分辨率	小于 0.1 μm，粒径分辨率≤10%
测量不确定度	在粒径设定档，浓度误差±20%
校准周期	不超过 12 个月
计数效率	小阈值粒径时(50±20)%，大于或等于小阈值粒径的 1.5 倍时(100±10)%
注：计数效率见图 B.1。	

C.2.3　粒径限制器

安装在超微粒子计数装置采样口的一种空气采样传输元件。可清除小于规定粒径的粒子。这类装置的实例有：扩散元件、虚拟撞击器。

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
测量不确定度	清除(50±10%)规定粒径的粒子
校准周期	因装置类型而异，一般 12 个月
采样流量	经过粒径限制器的流量应恒定(±10%)，不小于计数装置要求的流量

C.3　大粒子计数

C.3.1　用显微镜观测滤纸采集的粒子

见 ASTM F312[4]。

C.3.2 串级撞击采样器

即采样气体以恒定流量穿过一系列孔径渐小的孔板来采集粒子的系统，孔板面即采集面。每级孔板采集面的流体流速都比前一层高一级，其采集的粒子就比前一级小一号。再对各级采集的粒子进行称重或计数。

串级撞击采样器的技术要求见表 C.5。

表 C.5 串级撞击采样器技术要求

项　　目	技 术 要 求
测量限值/量程	规定的采样流量
灵敏度/分辨率	低压时可采集亚微米粒子
准确度	各级"截留点"的准确度≥90%
线性度	某粒径范围内粒子沉降的数量显著
稳定性	50%的截留粒径，取决于采样流量
响应时间	几分钟到几天，依样本测量方法而定
校准周期	不超过 12 个月

C.3.3 离散大粒子计数器

可对空气中大粒子进行逐个计数和计径(若需要)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/量程	粒子浓度可高达 $1.0\times10^{6}/m^{3}$
灵敏度/分辨率	5 μm～80 μm 时分辨率 20%
测量不确定度	粒径误差为校准设定值的±5%
线性度	随粒子的成份或形状而异
校准周期	不超过 12 个月
计数效率	最小粒径阈值处(50±20)%，大于或等于最小粒径阈值的 1.5 倍时(100±10)%

C.3.4 飞行时间粒子测量仪

对离散粒子进行计数和计径的仪器，它通过测量粒子适应气流速度变化的时间来确定粒子的空气动力学直径。一般是利用光学手段测量气流速度改变后粒子的通行时间进行计径。

飞行时间粒子测量仪的技术要求见表 C.7。

表 C.7　飞行时间粒子测量仪技术要求

项　　目	技　术　要　求
测量限值/量程	粒子浓度可高达 $1.0\times10^7/m^3$
灵敏度/分辨率	0.5 μm～20 μm 范围分辨率 10%
测量不确定度	粒径校准设定值的±5%
校准周期	不超过 12 个月
计数效率	最小粒径阈值时(50±20)%，大于或等于最小粒径阈值的 1.5 倍时(100±10)%

C.3.5　压电天平撞击器

即采样气体以恒定流量穿过一系列孔径渐小的孔板来采集粒子的系统，孔板面即带有压电石英微天平质量传感器的采集面。各级传感器在采样的同时对所采粒子进行称重。

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	低压差时可采集 5 μm～50 μm 的粒子
线性度	某粒径范围内粒子沉降的数量显著
稳定性	各级的截留点随流量变化
校准周期	不超过 12 个月
最小采集灵敏度	对于比重为 2 的粒子 10 $\mu g/m^3$

C.4　气流检测

C.4.1　风速仪

C.4.1.1　热风速仪

测量由电加热的微型传感器上热传导的变化来测量风速的仪器。

热风速仪的技术要求见表 C.9。

表 C.9　热风速仪技术要求

项　　目	技　术　要　求
测量限值/量程	设施检测为 0.1 m/s～1.0 m/s，风管检测为 0.5 m/s～20 m/s
灵敏度/分辨率	0.05 m/s(或满刻度的 1%)[a]
测量不确定度	读数+0.1 m/s 的±(5%)[a]
响应时间	满刻度的 90%时小于 1 s
校准周期	不超过 12 个月

[a] 测量灵敏度和不确定度参见 ISO 7726:1998。仪器需要按空气温差和大气压的变化进行修正。

C.4.1.2 3维或等效3维超声波风速仪

探测所测气流中各点声频(或称“声速”)的漂移来测量风速。

3维或等效3维超声波风速仪的技术要求见表C.10。

表 C.10 3维或等效3维超声波风速计技术要求

项　目	技 术 要 求
测量限值/量程	设施检测为 0 m/s～1 m/s
灵敏度/分辨率	0.01 m/s
测量不确定度	读数的±5%
响应时间	小于 1 s
校准周期	不超过 12 个月

C.4.1.3 叶轮风速计

计算叶轮在气流中的转速来测量风速。

叶轮风速计的技术要求见表C.11。

表 C.11 叶轮风速计技术要求

项　目	技 术 要 求
测量限值/量程	0.2 m/s～10 m/s
灵敏度/分辨率	0.1 m/s
测量不确定度	±0.2 m/s 或读数的±5%,取大者
响应时间	满刻度的 90%时小于 10 s
校准周期	不超过 12 个月

C.4.1.4 皮托管和(数字式)压差计

用数字式压差计检测气流中某点上全压和静压之差来确定风速。

皮托管和压差计的技术要求见表C.12。

表 C.12 皮托管和压差计技术要求

项　目	技 术 要 求
测量限值/量程	>1.5 m/s
灵敏度/分辨率	0.5 m/s
测量不确定度	读数的±5%
响应时间	满标度的 90%时小于 10 s
校准周期	不超过 12 个月

C.4.2 风量计

C.4.2.1 风量罩

测量局部区域的风量，其风速可能不均匀，风量罩给出该区域的总风量。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。

风量罩的技术要求见表 C.13。

表 C.13 风量罩技术要求

项　目	技　术　要　求
测量限值/量程	风量 50 m^3/h^a～1 700 m^3/h^a
测量不确定度	读数的±5%
响应时间	满刻度的 90%时小于 10 s
校准周期	不超过 12 个月
[a] 常见风量罩的尺寸为 600 mm×600 mm。所用风量罩的尺寸决定了测量限值和分辨率。	

C.4.2.2 孔板流量计

参见 GB/T 2624.2—2006[20]。

C.4.2.3 文丘里流量计

参见 GB/T 2624.4—2006[22]。

C.5 空气压差检测

C.5.1 电子微压计

以膜片位移所产生的静电电容或电阻的变化，测定一个空间与其周围环境间的压差值，并显示或输出该值。

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/量程	一般小量程为 0 Pa～100 Pa；一般大量程为 0 kPa～100 kPa
灵敏度/分辨率	量程 0 Pa～100 Pa 时 1 Pa/0.1 Pa
测量不确定度	0 Pa～100 Pa 量程时满刻度的±1.5%，0 kPa～100 kPa 量程时满刻度的±1%

C.5.2 斜管压差计

肉眼测定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)，来测量两测点间的空气压差。

斜管压差计的技术要求见表 C.15。

表 C.15 斜管压差计技术要求

项 目	技 术 要 求
测量限值/量程	0 kPa～0.3 kPa 或 0 kPa～1.5 kPa
灵敏度/分辨率	量程 0 kPa～0.3 kPa 时 1 Pa
测量不确定度	量程 0 kPa～0.3 kPa 时±3%
刻度放大系数	量程 0 kPa～0.3 kPa 时 2(最小)～10

C.5.3 机械压差计

测定与齿轮或磁链相连的指针因隔膜位移而偏转的距离，来测量两个区域的空气压差。

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/量程	小量程为 0 Pa～50 Pa;大量程为 0 kPa～50 kPa
灵敏度/分辨率	量程 0 Pa～50 Pa 时 0.5 Pa
测量不确定度	量程 0 Pa～50 Pa 时满刻度的±5%，量程 0 kPa～50 kPa 时满刻度的±2.5%

C.6 已装过滤系统的检漏

C.6.1 气溶胶光度计

C.6.1.1 线性气溶胶光度计

光度计采用前散射光腔、以 μg/L 为单位测量气溶胶质量浓度。该仪器可用来直接测量过滤器的渗漏穿透率。

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/量程	0.001 μg/L～100 μg/L:5 级线性 10 进制刻度
灵敏度/分辨率	0.001 μg/L
测量不确定度	±5%
线性度	±0.5%
稳定性	±0.002 μg/(L·min)
响应时间	0%～90%，≤30 s;100 μg/L～10 g/L，≤60 s
校准周期	12 个月或 400 个工作小时，以快者为准
采样管长度	最大长度 4 m
粒径	在测量范围 0.1 μm～0.6 μm
采样流量	额定流量±15%
采样口	见 B.6.2.4

C.6.1.2 对数气溶胶光度计

以 μg/L 为单位测量气溶胶质量浓度。光度计测量用的是前散射光腔。该仪器不能直接测量过滤器的渗漏透过率。

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/量程	0.01 μg/L～100 μg/L 1 个范围
灵敏度/分辨率	0.001 μg/L
测量不确定度	±5%
稳定性	±0.002 μg/(L·min)
响应时间	0%～90%,≤60 s;100 μg/L～10 g/L,≤90 s
校准周期	12 个月或 400 工作小时,以快者为准
采样管长度	最大长度为 4 m
粒径	测量范围 0.1 μm～0.6 μm
采样流量	额定流量±15%
采样口	见 B.6.2.4

C.6.2 离散粒子计数器

见 C.1.1。

C.6.3 气溶胶发生器

能够利用加热、液压、气动、超声波、静电等方式,生成适当粒径范围(如 0.05 μm～2 μm),浓度恒定的微粒物质。

C.6.4 检测气溶胶物质

下面列举的是生成检测气溶胶的常见物质。这些物质通过雾化喷射到环境中,生成液态或固态气溶胶:

a) 聚 α 烯油[1](poly-alpha olefin,PAO),黏度 4 厘斯(cSt)(例如 CAS[2] 68649-12-7);
b) 癸二酸二辛酯(dioctyl sebacate,DOS);
c) 癸二酸二酯(di-2-ethyl hexyl sebacate,DEHS);
d) 邻苯二甲酸二辛酯[3](dioctyl(2-ethyl hexyl) phthalate,DOP)(例如 CAS 117-81-7);
e) 壳牌安定来矿物油(Shell Ondina,EL),食品级(例如 CAS 8042-47-5);
f) 石蜡油(例如 CAS 64742-46-7);
g) 聚苯乙烯乳胶球(PSL)。

如能达到要求的浓度,也可用大气气溶胶。

---

1) 美国专利 5 059 349[26] 和 5 059 352[27] 中介绍并限制 PAO 在过滤器检测中的应用。

2) CAS:美国化学文摘注册号,该物质已在美国化学会[7] 的化学文摘注册。

3) 出于安全原因,有些国家不提倡使用 DOP 进行过滤器检测。

C.6.5　稀释装置

按已知容积比(10～100)将气溶胶与洁净空气混合以降低其浓度的装置。

C.7　气流方向检测和显形检查

C.7.1　气流方向检测和显形检查用仪器、材料和附件

见表 C.19 和表 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
示踪线法所用材料	丝线、布条等
示踪剂所用粒子	直径为 0.5 μm～50 μm 的去离子水雾或其他液体烟雾。 测点处空气中的中性气泡。 有机或无机试验烟雾
记录可视图像和示踪粒子图像的记录装置	流场显形检查中可使用多种设备,例如,具有高速或频闪同步功能的照相机、摄像机,其他图像记录设备

注:气流显形检查后,一般要重新清洁设施。

表 C.20　气流显形检查用照明光源

项　　目	说　　明
气流高对比度观测和成像使用的各种光源	钨光灯、日光灯、卤素灯、水银灯、激光光源(He-Ne、氩气离子、YAG 激光等),带或不带记录图像用闪光灯或同步装置
对气流图像进行量化测量的图像处理技术	激光片光源法,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,可处理 2 维气流图像

C.7.2　热风速仪

见 C.4.1.1。

C.7.3　3 维超声波风速仪

见 C.4.1.2。

C.7.4　气溶胶发生器

气流显形检查时生成示踪剂的气溶胶发生器,亦可参见 C.6.3。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.7.4.1　超声波喷雾器

利用聚焦的声波使液体(例如,去离子水)雾化而生成气溶胶(雾)。

超声波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	例如:6 μm～9 μm,或 30 μm～70 μm[a](MMD)
空气悬浮浓度	溶液量 1 mL/min～6 mL/min 时 70 g/cm³～150 g/cm³
[a] 粒径范围因超声波的频率而异,例如,1 MHz 产生粒子的粒径范围为 6 μm～9 μm。	

C.7.4.2 雾化器

沸腾的去离子水蒸汽冷却至液体,通过气液相变生成气溶胶(雾)。

雾化器的技术要求见表 C.22。

表 C.22 雾化器技术要求

项　目	技 术 要 求
液滴粒径范围	1 μm～0 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 7726:1998。

C.8.2 热电偶温度计

见 ISO 7726:1998。

C.8.3 电阻温度计

见 ISO 7726:1998。

C.9 湿度检测

C.9.1 电容式湿度计

见 ISO 7726:1998。

C.9.2 发丝式湿度计

见 ISO 7726:1998。

C.9.3 露点传感器

见 ISO 7726:1998。

C.9.4 干湿球湿度计

见 ISO 7726:1998。

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)。

静电电压计的技术要求见表C.23和C.24。

表C.23 精密静电电压计技术要求

项　目	技术要求
测量限值/量程	−3 kV～+3 kV
灵敏度/分辨率	0.8 mm直径点(区)0.3 V(rms)或2 V(p-p)
测量不确定度	0.1%
响应时间	小于4 ms(10%～90%)
校准周期	不超过12个月

表C.24 手动式静电电压计与静电场强计技术要求

项　目	技术要求
测量限值/量程	±10 kV/cm
测量不确定度	读数的±5%或±0.01 kV
响应时间	0 kV～±5 kV小于2 s
校准周期	不超过12个月

C.10.2 高阻欧姆计

通过探测被测装置高电压下的漏电，测量绝缘材料和绝缘部件的电阻。

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/量程	10^3 Ω～3×10^9 Ω
测量不确定度	满量程的±5%
响应时间	10 ms～390 ms
校准周期	不超过12个月
检测电压	DC 0.1 V～1 000 V
最大电流输入	<10 mA
最大电流输出	<100 V时10 mA,<250 V时5 mA,<500 V时2 mA,<1 000 V时1 mA

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。

充电监测板的技术要求见表C.26。

表C.26 充电监测板技术要求

项　目	技　术　要　求
测量限值/量程	−5 kV～+5 kV
测量不确定度	满刻度的±5%
响应时间	0.1 s
校准周期	不超过12个月
绝缘	当相对湿度40%、离子浓度少于200 cm^{-3}时,5分钟内自放电小于10%
板的电容	(20±2)pF
板的尺寸	150 mm×150 mm
充电	每个极性不低于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,以沉降系数报告测量数据。沉降系数间接地表示可能沉降在关键表面的粒子浓度。

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/量程	粒子覆盖面可高达面积的0.5%
校准间隔时间	不超过12个月
校准材料	4 μm与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计数(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
测量限值	0.1 μm～5 μm时分辨率≤10%

C.11.3 PSL粒子发生器

利用压缩空气喷雾器,使单散射球体PSL(聚苯乙烯乳胶)悬浮液气化生成PSL粒子。PSL粒子可用于校准粒子计数器和串级撞击采样器等具有粒径选择功能的采样器。

PSL粒子发生器的技术要求见表C.29。

表 C.29 PSL 粒子发生器技术要求

项　　目	技　术　要　求
粒径范围	一般为 0.1 μm～2 μm
悬浮浓度	可高达 10^7 cm^{-3}
输出浓度	约 300 个/L～30 000 个/L
雾化空气压力	如 177 kPa;120 L/h

C.12 自净检测

C.12.1 离散粒子计数器

见 C.1.1。

C.12.2 气溶胶发生器

见 C.6.3。

C.12.3 稀释装置

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 稀释装置

见 C.6.5。

C.13.4 光度计

见 C.6.1。

参 考 文 献

[1] ASME N510-1989, *Testing of Nuclear Air-Treatment Systems*. Fairfield, New Jersey, US: American Society of Mechanical Engineers

[2] ASTM F24-00, *Standard Method for Measuring and Counting Particulate Contamination on Surfaces*. Philadelphia, Pennsylvania, US: American Society for Testing and Materials

[3] ASTM F50-92 (2001) e1, *Standard Practice for Continuous Sizing and Counting of Airborne Particles in Dust-Controlled Areas and Clean Rooms Using Instrument Capable of Detecting Single Sub-Micrometre and Larger Particles*. Philadelphia, Pennsylvania, US: American Society for Testing and Materials

[4] ASTM F312-97(2003), *Standard Test Methods for Microscopical Sizing and Counting Particles from Aerospace Fluids on Membrane Filters. Philadelphia, Pennsylvania*, US: American Society for Testing and Materials

[5] ASTM F328-98 (2003), *Standard Practice for Calibration of an Airborne Particle Counter Using Monodisperse Spherical Particles. Philadelphia, Pennsylvania*, US: American Society for Testing and Materials

[6] ASTM F1471-93(2001), *Standard Test Method for Air Cleaning Performance of a High-Efficiency Particulate Air-Filter System. Philadelphia, Pennsylvania*, US: American Society for Testing and Materials

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

[8] EN 1822-2:1998, *High efficiency air filters (HEPA and ULPA)—Part 2: Aerosol production, measuring equipment, particle counting statistics*

[9] EN 1822-4:2000, *High efficiency air filters (HEPA and ULPA)—Part 4: Determining leakage of filter element (scan method)*

[10] EN 12599:2000, *Ventilation for buildings-Test procedures and measuring methods for handing over installed ventilation and air conditioning systems*

[11] IEST-G-CC1001:1999, *Counting Airborne Particles for Classification and Monitoring of Cleanrooms and Clean Zones*. Rolling Meadows, Illinois, US: Institute of Environmental Sciences and Technology

[12] IEST-G-CC1002:1999, *Determination of the Concentration of Airborne Ultrafine Particles*. Rolling Meadows, Illinois, US: Institute of Environmental Sciences and Technology

[13] IEST-G-CC1003:1999, *Measurements of Airborne Macroparticles*. Rolling Meadows, Illinois, US: Institute of Environmental Sciences and Technology

[14] IEST-RP-CC001. 3: 1993, HEPA and ULPA Filters. Rolling Meadows, Illinois, US: Institute of Environmental Sciences and Technology

[15] IEST-RP-CC006. 3:2004, *Testing Cleanrooms*. Rolling Meadows, Illinois, US: Institute of Environmental Sciences and Technology

[16] IEST-RP-CC007. 1:1992, *Testing ULPA Filters. Rolling Meadows*, Illinois, US: Institute of Environmental Sciences and Technology

[17] IEST-RP-CC021. 1:1993, *Testing HEPA and ULPA Filter Media*. Rolling Meadows, Illinois, US: Institute of Environmental Science and technology

[18] IEST-RP-CC034. 2:1999, *HEPA and ULPA Filter Media*. Rolling Meadows, Illinois, US:

Institute of Environmental Sciences and Technology

[19] GB/T 2624.1—2006 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 第1部分:一般原理和要求(ISO 5167-1:2003,IDT),*Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full—Part 1:General principles and requirements*

[20] GB/T 2624.2—2006 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 第2部分:孔板(ISO 5167-2:2003,IDT),*Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full—Part 2:Orifice plates*

[21] GB/T 2624.3—2006 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 第3部分:喷嘴和文丘里喷嘴(ISO 5167-3:2003,IDT),*Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full—Part 3: Nozzles and Venturi nozzles*

[22] GB/T 2624.4—2006 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 第4部分:文丘里管(ISO 5167-4:2003,IDT),*Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full—Part 4:Venturi tubes*

[23] JACA No. 24:1989,*Standardization and Evaluation of Clean Room Facilities*. Japan Air Cleaning Association

[24] JIS B 9921: 1997, *Light scattering automatic particle counter*. Japanese Industrial Standards Committee

[25] SEMI E14-93,*Measurement of particle contamination contributed to the product from the process or support tool*. San Jose,California,US:SEMI (1997)

[26] US Patent 5 059 349,Method of measuring the efficiency of gas mask filters using monodispersed aerosols

[27] US Patent 5 059 352,Method for the generation of monodispersed aerosols for filter testing

[28] VDI 2083 Part 4: 1996, *Cleanroom technology-Surface cleanliness*. Berlin: Beuth Verlag GmbH