



ICS 号  
中国标准文献分类号

# 中国制冷空调工业协会标准

T/CRAA XXXX—2020

---

## 风机过滤单元试验方法

Testing Fan Filter Units

（征求意见稿）

2020-XX-XX 发布

2020-XX-XX 实施

---

中国制冷空调工业协会 发布

# 重要声明

## 安全建议

本协会竭力推荐制冷空调产品或系统的设计、制造、安装、维修及保养执行国家认可的安全规范和标准。

作为行业协会，中国制冷空调工业协会力求在制定本协会标准时，采用当前的技术工艺水平和成熟有效的实践经验。但是，中国制冷空调工业协会不保证按照这些标准进行的任何实践无害或没有风险。



# 目 次

前 言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 符号和缩略语 .....	6
5 试验要求和条件 .....	7
6 试验方法和仪器 .....	8
7 报告 .....	13
附录 A（资料性附录） 示例 .....	21
附录 B（资料性附录） 风机过滤单元概述 .....	28
附录 C（资料性附录） 体积风量、外部静压和电参数测试的备选方法 .....	31
附录 D（资料性附录） FFU 噪声性能评价的备选方法 .....	32
附录 E（资料性附录） 声功率级测试的备选方法 .....	34
附录 F（资料性附录） 其他设计考虑：气溶胶发生均匀性 .....	36

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准是首次制定。

本标准参考 IEST 标准 IEST-RP-CC036.1 制定。

本标准由中国制冷空调工业协会提出并归口。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E 和附录 F 为资料性附录。

本标准于 20××年××月××日通过中国制冷空调工业协会技术委员会审查。

本标准于 20××年××月××日经中国制冷空调工业协会秘书长审核批准。

本标准由中国制冷空调工业协会技术与标准法规部负责解释。

本标准负责起草单位：同济大学

本标准主要起草人：林忠平

本 标 准 主 编 单 位：（排名不分先后，按汉语拼音排序）

爱美克空气过滤器（苏州）有限公司

常州祥明智能动力股份有限公司

东莞市利人净化科技有限公司

江森自控楼宇设备科技（无锡）有限公司

江苏扬子净化工程有限公司

康斐尔过滤设备（昆山）有限公司

美埃（中国）环境净化有限公司

南京天加空调设备有限公司

深圳市中建南方环境股份有限公司

苏州市计量测试研究所

苏州新盛超净化系统有限公司

苏州英德尔室内空气技术有限公司

苏州悠远环境科技有限公司

同济大学

烟台宝源净化有限公司

本 标 准 参 编 单 位：（排名不分先后，按汉语拼音排序）

丹东天皓净化材料有限公司

佛山市顺德区金磊环保科技有限公司

佛山市中境净化设备有限公司

杭州电子科技大学

贺氏（苏州）特殊材料有限公司

嘉兴隆曼测控技术有限公司

江苏富泰净化科技股份有限公司

江苏帕珐尼洁净科技有限公司

上海理工大学

深圳市格林润空气净化有限公司  
深圳市海鑫净化设备有限公司  
世源科技工程有限公司  
苏州华泰空气过滤器有限公司  
苏州市华宇净化设备有限公司  
苏州市建筑科学研究院集团股份有限公司  
天津大学  
信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司  
予哲机电工程咨询（上海）有限公司  
浙江朝晖过滤技术股份有限公司

本标准参编人员：（排名不分先后，按汉语拼音排序）

蔡 杰	曹海罡	陈 峰	陈钢进	陈 玲	范绍中	高 正	耿文韬
郭玉斌	黄文才	雷亚平	李 钊	梁党军	林忠平	刘俊杰	刘 强
刘晓彤	龙大海	陆海东	毛华雄	倪 灏	裴晶晶	秦学礼	王 登
王雅湛	吴小泉	肖轶群	谢燕辉	邢春双	严 斌	杨雪璁	杨云涛
余小彪	章登甫	张 敏	赵华伟	朱 兰			



# 风机过滤单元试验方法

## 1 范围

本标准涵盖了风机过滤单元（FFU）性能的实验室试验方法，试验方法规定了试验设备和必要的试验程序。测试参数包括体积风量、外部静压、电参数（电流、电压、功率和功率因数）、面风速均匀性、噪声（声功率级）、振动（振动速度）、电流总谐波畸变率及漏风量等性能参数。

本标准中的试验方法适用于在任何方向上过滤器尺寸不大于 1.5 米（5 英尺）的风机过滤单元（FFU），其他尺寸规格的风机过滤单元（FFU）及设备端风机过滤单元（EFU）可参照采用本标准中的试验方法。本标准中的试验方法对交流电机、直流无刷电机、具有定风量控制以及不具有定风量控制功能的风机过滤单元均适用。

本标准不包括过滤效率或过滤器本身的性能，这些性能参数可参考 IEST-RP-CC001、IEST-RP-CC007、IEST-RP-CC021、EN 1822-1~5、ISO 29463-1~5、CRAA 431.1~5 等相关标准。本标准不推荐风机过滤单元性能参数的接受值或限值。尽管本标准介绍的某些技术可用于现场测试，但本标准不提供现场测试要点。某些规范和标准可能也对风机过滤单元的结构和性能有所规定，这些规范和标准也应该作为顾客与供应商之间协议的一部分。

本标准的目的是为 FFU 的用户及供应商提供必要的协议，用以规范 FFU 性能的测试及报告。本标准中的实验室试验方法能使不同制造商生产的 FFU 产品的性能直接进行比较，即使这些产品的设计及工作特性并不相同。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注明日期的文件，其随后所有修订单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

ANSI/AMCA 210-07 (ANSI/ASHRAE 51-2007) 风机空气动力学性能额定值实验室测试方法

ANSI/AMCA 300-08 风机噪声混响室测试方法

ANSI/ASHRAE 52.2-2017 一般通风用空气净化装置计径效率试验方法

EN 1822-1 高效率空气过滤器（亚高效、高效、超高效）——第 1 部分：分级、性能试验、标识

EN 1822-2 高效率空气过滤器（亚高效、高效、超高效）——第 2 部分：气溶胶的发生、测量装置、粒子计数统计学方法

EN 1822-3 高效率空气过滤器（亚高效、高效、超高效）——第 3 部分：滤纸试验

EN 1822-4 高效率空气过滤器（亚高效、高效、超高效）——第 4 部分：过滤元件渗漏的测定（扫描法）

EN 1822-5 高效率空气过滤器（亚高效、高效、超高效）——第 5 部分：过滤元件效率的测定

GB 3785 声级计的电、声性能及测试方法

GB 9068 采暖通风与空气调节设备噪声声功率级的测定 工程法

IEST-RP-CC001 HEPA 及 ULPA 过滤器

IEST-RP-CC007 ULPA 过滤器测试



IENT-RP-CC034 HEPA 和 ULPA 过滤器检漏测试

IENT-RP-CC036.1 风机过滤单元性能试验

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

ISO 29463-1 高效率空气过滤器及滤材——第 1 部分：分级、性能试验、标识

ISO 29463-2 高效率空气过滤器及滤材——第 2 部分：气溶胶发生、测量装置、粒子计数统计学方法

ISO 29463-3 高效率空气过滤器及滤材——第 3 部分：滤纸试验

ISO 29463-4 高效率空气过滤器及滤材——第 4 部分：过滤器检漏方法——扫描法

ISO 29463-5 高效率空气过滤器及滤材——第 5 部分：过滤器试验方法

ISO 9000 质量管理体系——基础和术语

ISO 9614-1 利用声强测定噪声源的声功率级——第 1 部分：离散点的测量

JJG 176 声压级校准器试行检定规程

JJG 188 声级计试行检定规程

MIL-STD-282 过滤装置，防护服，防毒面具组件和相关产品：性能测试方法

### 3 术语和定义

#### 3.1

**洁净室** cleanroom

对送风、气流组织、送风过滤、建造材料、压力梯度、运行规程等进行控制，以将空气悬浮粒子浓度控制在 ISO 14644-1 定义的洁净度等级的房间。

#### 3.2

**微环境** minienvironment

用围挡将产品生产区域与室内周围环境隔离、对局部颗粒污染物进行控制的一种环境。

#### 3.3

**风机过滤单元/滤扇** fan filter unit (FFU)

由风机与空气过滤器组成的箱体。

#### 3.4

**设备端风机过滤单元** equipment fan filter unit (EFU)

风机过滤单元的一种特殊规格形式，通常箱体较薄，安装于设备端以满足设备所需的空气洁净要求。

#### 3.5

**高效过滤器，HEPA 过滤器** HEPA filter

根据 ISO 29463-1，符合 ISO 35~ISO 45 要求的过滤器。

#### 3.6

**超高效过滤器，ULPA 过滤器** ULPA filter

根据 ISO 29463-1，符合 ISO 55~ISO 75 要求的过滤器。按滤材分类，通常可分为玻纤过滤器和 PTFE 过滤器两种。

## 3.7

**气流**    airflow

在给定方向上，相对于一个指定基准面或其他指定物理参考标准的空气运动。其流量用单位时间通过的体积表示。

## 3.8

**气流速度**    airflow velocity

空气流过给定平面的速率。气流速度以单位时间通过的距离来表示。

## 3.9

**体积风量**    volumetric airflow

单位时间内空气通过给定平面的空气体积。

## 3.10

**面风速**    face velocity

FFU 面风速定义式为：面风速 = 体积风量/过滤器有效空气流通面积。过滤器有效空气流通面积是指空气通过过滤器的净有效面积，不包括过滤器的边框及分隔胶线。单位为 m/s。

## 3.11

**全压**    total pressure

动压和静压之和。

## 3.12

**静压**    static pressure

静止或流动流体产生的压力；若是流动流体，指与流体流动方向垂直的压力。

## 3.13

**外部静压**    external static pressure (ESP)

FFU 气流通道上的外部设备所引起的静压损失，即克服过滤器、箱体结构等自身阻力后，FFU 提供的可供机外通风系统使用的空气静压值。外部设备可以是装在 FFU 上的预过滤器，既包括直接安装在 FFU 上，也包括安装在回风管路上的设备（如干盘管）。外部静压也称为余压。

## 3.14

**可用外部静压**    available external static pressure

在保证 FFU 可以达到额定或指定风量的情况下，FFU 空气入口或出口允许的最大静压损失。

注：当外部或内部静压损失增加时，FFU 通常是通过调整风机的转速以保证其额定风量要求。

## 3.15

**内部静压**    internal static pressure

由 FFU 内部部件造成的压力损失，例如空气过滤器、消声装置和均流装置。内部静压损失仅与 FFU 的内部结构设计及所用的空气过滤器相关，并随风量的变化而变化。

## 3.16

**有功功率** true power

有功功率的定义式为：有功功率 = 电流 × 电压 × 功率因数。功率用瓦特表示，电流用安培表示，电压用伏特表示。功率因数的范围从 0.00 到 1.00，由组合电子元件的电力特性决定。

## 3.17

**总输入功率** total power

在一定空气流量下，输入 FFU 的总的有功功率，包括电机以及 FFU 内部控制模块的电耗，但不包括外部控制器的电耗。

## 3.18

**空气动力功率** aerodynamic power

一定空气流量下，FFU 总输入功率中用来推动空气流动通过 FFU 的部分，其定义式为：空气动力功率 = 外部静压 × 风量。功率用瓦特表示，外部静压用帕斯卡表示，风量用  $\text{m}^3/\text{s}$  表示。

## 3.19

**空气动力效率** aerodynamic efficiency

FFU 空气动力功率占其总输入功率的百分比，其定义式为：空气动力效率 = 空气动力功率 / 总输入功率。效率用百分比表示，功率用瓦特表示。

## 3.20

**能耗性能指数** energy performance index (EPI)

FFU 送出单位风量所需的电功率，其定义式为：能耗性能指数 = 总输入功率 / 空气流量。功率用瓦特表示，流量用  $\text{m}^3/\text{min}$  表示。

## 3.21

**面风速均匀性** airflow velocity uniformity

表征 FFU 出风口处空气流速变化范围的性能参数。表示为气流速度的相对标准差，即气流速度的标准差与平均风速的百分比。

## 3.22

**相对标准差** relative standard deviation (RSD)

表明数据分散程度的试验数据的均匀性指标，标准差与数据平均值的百分比：

$$\text{RSD} = \frac{\text{标准差}}{\text{数据平均值}} \times 100\%$$

## 3.23

**声功率** sound power

声源在单位时间内向周围空气环境辐射声音的总能量，单位为瓦特，符号为 W。

## 3.24

**声功率级** sound power level

声功率与参考基准声功率的比值的常用对数的值再乘以 10，单位为分贝，符号为 dB，参考基准声功率为  $10^{-12}$  W。

## 3.25

**声强** sound intensity

声波传播方向上单位面积表面上通过的声功率，单位为 W/m<sup>2</sup>。

## 3.26

**声强级** sound intensity level

声强与参考基准声强的比值的常用对数的值再乘以 10，单位为分贝，符号为 dB，参考基准声强为  $10^{-12}$  W/m<sup>2</sup>。

## 3.27

**声压** sound pressure

在垂直于声音传播方向表面上的声音压力，单位帕斯卡，符号为 Pa。

## 3.28

**声压级** sound pressure level

声压与参考基准声压的比值的常用对数的值再乘以 20，单位为分贝，符号为 dB，参考基准声压为  $20 \times 10^{-6}$  Pa。

## 3.29

**振动速度** vibration velocity

表征 FFU 运转时的振动强度，单位 mm/s。

## 3.30

**电流总谐波畸变率** total harmonic distortion of electric current (THD<sub>i</sub>)

表征电流波形相对正弦波畸变程度的性能参数。表示为全部谐波电流含量方和根与基波电流有效值之比，用百分数表示。

## 3.31

**设计工作压力** design working pressure

FFU 全生命运行过程中，FFU 箱体内最大的工作压力。

## 3.32

**漏风量** air leakage rate

FFU 在某一静压下通过机箱本体结构及其接口，单位时间内泄出或渗入的空气体积量，单位为 m<sup>3</sup>/h。

## 3.33

**漏风率** air leakage ratio

在设计工作压力下，FFU 漏风量与其额定风量的百分比。

### 3.34

**标准工况** standard condition

大气压力为 101325 Pa，空气温度为 20 ℃，空气相对湿度为 50 % 的工况。

### 3.35

**国家计量机构** national metrology institute (NMI)

为试验设备提供无间断追溯性的国家或国际基准标样的机构。

注：要求仪器设备的国家计量机构的追溯性，并不意味着非要使用设在该国家 NMI 机构内的标定实验室。

## 4 符号和缩略语

AC/ PSC	固定分相电容式交流异步电机，alternating current/ permanent split capacitor motor
AMCA	空气流动与控制协会，Air Movement and Control Association
ANSI	美国国家标准学会，American National Standards Institute
ASHRAE	美国采暖制冷与空调工程师学会，American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
CRAA	中国制冷空调工业协会，China Refrigeration and Air-Conditioning Industry Association
DC/ECM	直流无刷电机，direct current/electro commutated motor
EFU	设备端风机过滤器单元，equipment fan filter unit
EPI	能耗性能指数，energy performance index
ESP	外部静压，external static pressure
FFU	风机过滤单元，fan filter unit
ft.	英尺，foot
HEPA	高效过滤器，filter, high-efficiency particulate air
IENT	美国环境科学与技术学会，The Institute of Environmental Sciences and Technology
in.	英寸，inch
in. wg.	英寸水柱，inch water gauge
ISO	国际标准化组织，International Organization for Standardization
MIL-STD	美国军用标准，Military Standard
NMI	国家计量研究院，national metrology institute
RSD	相对标准差，relative standard deviation
THD <sub>i</sub>	电流总谐波畸变率，total harmonic distortion of electric current
ULPA	超高效过滤器，filter, ultralow-penetration air

## 5 试验要求和条件

### 5.1 试验项目

需要试验的项目包括风机过滤单元的体积风量、外部静压、电参数（电流、电压、功率和功率因数）、面风速均匀性、噪声（声功率级）、振动（振动速度）、电流总谐波畸变率和漏风量。

受试 FFU 的体积流量应控制在其工作范围内。体积流量的测量可在进风侧进行，也可在出风侧进行。

所有试验参数应包括 FFU 样品附属设备对其性能的影响，可能影响 FFU 性能与能耗的附属设备包括预过滤器、过滤器安装结构、指示灯、过滤器支架或采样口位置及电机转速控制器。

应当记录并报告过滤器的详细特征，如滤材、效率等级、阻力、褶高、每 10cm 或每英尺褶数以及其他任何有关受试 FFU 过滤器的特性。

### 5.2 试验设备

试验装置或每个试验参数的推荐仪器，请参照本标准中的相关章节。

试验装置及 FFU 的安装应保证气密性。

试验装置和仪器的校准应可追溯到国家计量机构（NMI）的基准仪器或其他公认的等效基准。FFU 实验室自身也应对所有的试验装置和仪器进行校准并做记录，以验证和控制试验装置和仪器的准确性。

推荐 FFU 实验室采用 ISO-9000 或其他等效标准所规定的校准程序。

尽管没有强制要求，但是推荐使用同一套试验设备来进行本标准规定的测试。如果所有性能参数的测试数据不是从同一套试验设备得到，则应有相关数据证明不同试验设备之间测量得到的体积流量和压力是一致的。若不同试验设备之间测量得到的数据差异较大，则应采取符合规范的有效措施保证全部试验数据的准确性和复现性达到允许范围内。

### 5.3 试验环境

试验应在当地环境条件下进行。应测试、记录并报告当地环境的空气温度、相对湿度和大气压力。

FFU 的性能试验结果应转换成标准工况下的参数，并包含到最终报告内。

## 6 试验方法和仪器

### 6.1 体积风量

#### 6.1.1 概述

FFU 体积风量的测量应不影响 FFU 风机的空气输送,这样的试验方法在现有的标准中已有充分阐述。应采用 ANSI/AMCA 210-07 (ANSI/ASHRAE 51-07) 标准规定的方法来进行体积风量、外部静压和电参数的测试。这些测试可在依照 AMCA210 标准建造的试验装置中或者 AMCA 设备中进行。该试验方法采用了一台辅助风机来克服风量测量装置本身的阻力。

资料性附录 C 中给出了另一种测量体积风量的备选方法。该方法使用风量罩进行测量。由于未采用辅助风机,风量罩自身的阻力会对 FFU 的体积风量有轻微影响。该方法仅供现场测试使用,不推荐用于实验室或工厂测试。

#### 6.1.2 试验方法

##### 6.1.2.1 试验装置

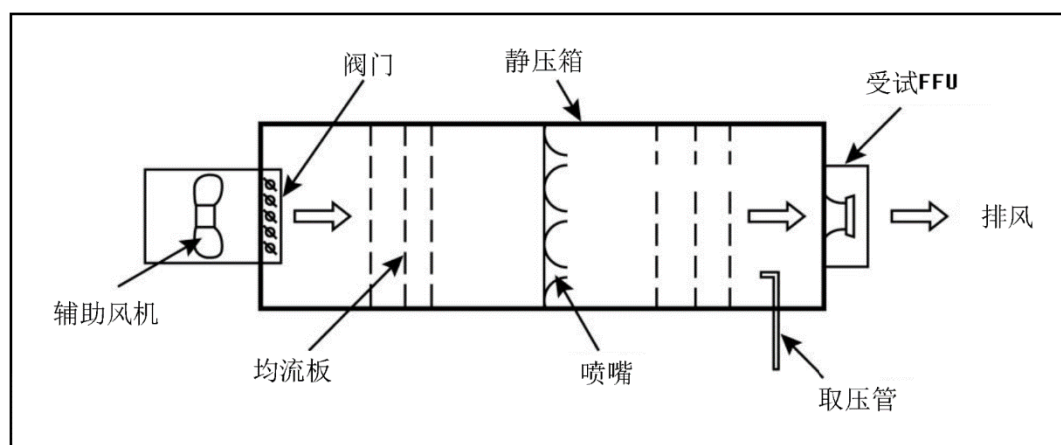


图 1 典型 FFU 性能试验装置

图 1 是实验室测试风量的一种典型试验装置的示意图。该试验装置包括辅助风机、风量测量喷嘴、开孔率和安装位置适当的均流板及调节辅助风机风量的控制装置。其基本原理是,在设定工况条件下通过辅助风机进入静压箱的风量等于从静压箱排出的风量。通过静压箱的风量采用校准过的流量喷嘴来测量。

受试 FFU 排出的空气可以直接排入大气或者与辅助风机进口压力相等的地方。

##### 6.1.2.2 FFU 的安装方向

图 1 所示 FFU 为垂直安装,气流水平通过 FFU。一般来说,在洁净室和大多数微环境应用场合,FFU 为水平安装,通过 FFU 的气流是垂直的。

FFU 应在 FFU 制造商设计的气流方向(即 FFU 的安装方向)下进行测试。FFU 的风量、噪声性能和振动性能受风机叶轮及挡风圈位置的影响,这些位置尺寸的微小改变都会引起 FFU 性能的显著变化。

##### 6.1.2.3 喷嘴的数量和尺寸

风量测量应采用适当数量和喉部尺寸的空气流量喷嘴,以保证喷嘴前后的静压差不小于 100 Pa (0.40

in. wg)。实验装置可以仅包含一个适当喉部直径的喷嘴。

#### 6.1.2.4 受试 FFU 的风量控制

FFU 的风量可以通过辅助风机和阀门来控制。辅助风机和阀门应安装在 FFU 通过气流的上游。辅助风机也可采用变频控制器来调节风量。

#### 6.1.2.5 试验风量的选择

FFU 的试验风量应由客户和供应商协商确定。

具体运用时，洁净室中常采用面风速而不是风量来描述气流。FFU 的试验风量可以通过给定的面风速来确定。体积风量等于面风速乘以过滤器有效空气流通面积。过滤器有效空气流通面积定义为空气通过过滤器的净有效面积，不包括过滤器的边框及分隔胶线。过滤器有效流通净面积应向过滤器制造商咨询。例如，一个名义尺寸为  $1200 \times 600$  mm (4×2) 的 FFU 的额定面风速为 0.45 m/s，这并不意味着该 FFU 的额定风量为  $1166 \text{ m}^3/\text{h}$ ，而是会明显小于这个数值，特别是对于可在洁净室内更换过滤器的 FFU。

如果 FFU 具有多档风速调节，建议对每个风机转速分别进行测试，测试报告中应包含不同风机转速的测量结果。

对于无级调速的 FFU，可将 FFU 风机设定为不同的转速分别进行测试，测试报告中应包含不同风机转速的测试结果。

测量每个风量工况时，应同时测量并记录相应的外部静压和总输入功率。

测量不同转速下 FFU 的风量时，应包含一组不同风量、外部静压与总输入功率的工况。

#### 6.1.2.6 标况风量的转换

为了将 FFU 的性能测试结果应用到其他环境工况条件，应测量并记录环境的空气温度、相对湿度和大气压力。通过这些环境工况测试数据，FFU 的风量测试结果可以转换成标准工况或其他具体应用场合的工况条件。

测试报告应给出相应的转换为标准工况的测试数据。

标况风量 = 实测风量 × (标况温度/环境温度) × (环境大气压力/标况大气压力)。

标况面风速 = 标况风量/过滤器有效空气流通面积。

#### 6.1.3 风量测量仪表

测量风量使用的仪表包括压差测量装置。压差测量装置的测量精度应精确到 2.5 Pa (0.01 in. wg)，且应按 NMI 的规定进行校准与标定。

### 6.2 外部静压

#### 6.2.1 概述

全压是动压和静压之和。FFU 的出风风速通常较低，一般在 0.46~0.51 m/s (90~100 ft/min) 范围内，动压小于 1.25 Pa (0.005 in.wg)，远小于整个系统要求的静压，忽略该动压值基本不影响测试结果。因此，全压可用静压替代。

在测试 FFU 风量的同时应测量并记录 FFU 的外部静压。

#### 6.2.2 测试方法

外部静压对于 FFU 的气流输送能力（风量）的影响，可以通过降低静压箱内部静压来测量（参见图 1）。FFU 的风机转速应保持恒定，当送入静压箱的风量减少时，要求 FFU 提供额外的能量来驱动通过静



压箱的气流，因而减少了 FFU 的风量。该风量采用流量喷嘴来测量，同时也应测量并记录静压。该测试可以建立 FFU 风量或面风速与外部静压之间的关系，可用表格或图形的形式表示。

### 6.2.3 压力计

外部静压测试采用的压力计的要求与本标准第 6.1.3 条相同，其测量精度应精确到 2.5 Pa(0.01 in.wg)，且应按 NMI 的规定进行校准与标定。

## 6.3 电参数

### 6.3.1 概述

对 FFU 的风量、外部静压等空气动力性能测试时，应同时测量并记录 FFU 的电参数。

### 6.3.2 测试方法

电参数测量仪器的安装方式应保证所测结果包括 FFU 风机和 FFU 箱体内部其他耗能设备的电耗，如内部控制模块及指示灯的电耗。电参数测量仪器应连接在 FFU 和外部电源之间。

对于每个测试工况，需要测量并记录的电参数包括：电压、电流、功率和功率因数。这些参数应清晰记录并与相应 FFU 风量、外部静压对应。

应采用适当的电参数测量仪来测量 FFU 的总输入功率。

### 6.3.3 电参数测试仪

测量电参数用的仪器应包含功率分析仪，对于所有需要测量并记录的参数，其精度不低于 5%，并按国家标准规定进行校准。

## 6.4 面风速均匀性

### 6.4.1 概述

在许多洁净室应用中，FFU 的出风面风速均匀性非常重要，应对 FFU 过滤器出风断面的速度分布进行测量并记录。

### 6.4.2 测试方法

面风速测量断面与过滤器滤芯或保护网/可拆除扩散屏的距离为 15 cm (6 in)。FFU 有效出风面的四周应设置围挡，围挡高度 46 cm (18 in.)。

每个测点的风速测量应持续至少 5 秒。风速仪探头必须固定（不能手持）。当读数稳定时记录速度。面风速测点布置原则是：从距离过滤介质边界 5 cm (2 in.) 开始，将过滤器表面的有效流通区域划分成面积相等的网格，网格尺寸最小为 10 cm × 10 cm (4 in. × 4 in.)，最大不超过 15 cm × 15 cm (6 in. × 6 in.)，风速测点布置在每个网格的中心，宜选取较小的网格尺寸进行测点布置。

宜采用风速自动扫描测量装置进行测试。

### 6.4.3 风速仪

面风速均匀性的测试仪器可以使用单点热线风速仪或电子微压计。不应使用多测点平均风速测量仪。仪器的准确度应为测量值的 ±5%，仪器经过校准，可追溯至 NMI 或等效标准。

## 6.5 噪声

### 6.5.1 概述

宜测量并报告 FFU 的声功率级，这样可以根据测量结果及 FFU 的位置和数量来分析预测洁净室的声

环境，在该分析中应考虑实际工作环境的声学特性。

当不具备声功率级的测试条件时，可按照资料性附录 D 给出的备选方法对 FFU 的噪声性能进行简便快速的评价。该方法测量并报告 FFU 的 A 计权声压级。

### 6.5.2 测试方法

声功率级测量应采用声强法，按照最新版本 ISO 9614-1 的规定进行测量和记录。报告的声功率级应采用 1/3 倍频程。

应采用 ISO9614-1 中的误差分析方法验证测试环境和测量条件是否在可接受范围内。

ISO 9614-1 规定了在包络声源的测量表面的垂直方向上测量声强以确定声源声功率级的方法。通过测量数值可计算获得倍频程、1/3 倍频程或指定频率的加权声功率级。该方法适用于现场测试，也可以用于特殊目的测试环境中的任何声源，只要测试环境中具有包络声源的测试表面，且声源产生的噪声在该测试表面不随时间变化。

另外，也可采用 ANSI/AMCA 300-08 规定的方法测量 FFU 噪声，报告的声功率级应采用 1/3 倍频程。

ANSI/AMCA 300-08 规定的方法适用于所有类型 and 尺寸的风机，由于其特殊的装置，仅限于测量风机的空气传声。不包括振动测量，也未考虑振动与噪声直接的影响关系。该标准对实验装置的要求可保证在实验室条件下对噪声源进行噪声测试，但在现场条件下几乎不可能满足这些要求。

资料性附录 E 给出了声功率级测试的备选方法，该方法采用声压法获得声功率级。

### 6.5.3 声功率仪

噪声测试仪与消声室的具体要求参见 ANSI/AMCA 300-08 和 ISO 9614-1 的相关规定。

## 6.6 振动

### 6.6.1 概述

应测量并记录 FFU 的振动速度。FFU 风机的转速在 1500 转/min 以下，且实际使用中一般不会低于 600 转/min，属于中频振动，因此采用速度作为振动标准，表征 FFU 振动的强度。

### 6.6.2 测试方法

FFU 应根据制造商的安装指南按照实际应用情形进行安装。

FFU 运行在指定转速，外部静压为 0Pa。

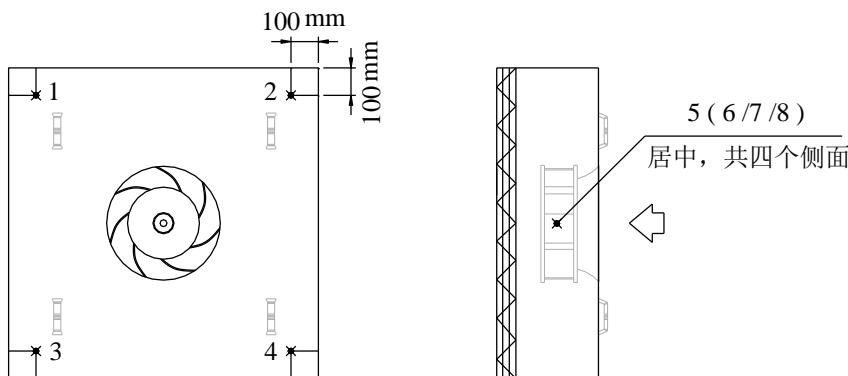


图 2 FFU 振动测点布置示意图

FFU 运行稳定后，在机箱表面对振动速度进行测量，测点布置如图 2 所示。为衡量风机轴向方向上的振动情况，在 FFU 机箱的进风侧表面布置 4 个测点，分别位于表面的四个角上，距离相邻两边的距离

均为 10 cm；为衡量风机径向方向上的振动情况，在 FFU 机箱四个侧面的中心位置各布置 1 个测点。读数稳定后读取振动速度值。最终报告 8 个测点的最大振动速度。

### 6.6.3 振动测试仪

振动测试仪的振动速度准确度应为测量值的 $\pm 5\%$ ，仪器经过校准，可追溯至 NMI 或等效标准。

## 6.7 电流总谐波畸变率

### 6.7.1 概述

应测量并记录 FFU 的电流总谐波畸变率。FFU 设备作为用电设备，在运行时会向公共电网中注入谐波电流，是谐波源之一。谐波畸变可能导致电力变压器和电力线缆发热、低压配电设备工作异常，并对电子设备造成干扰。

### 6.7.2 测试方法

电流总谐波畸变率测量仪器的电压、电流钳型传感器应连接在外部电源通向 FFU 的供电线路上。

FFU 运转在指定工况下。数据稳定之后，记录电流总谐波畸变率。

### 6.7.3 电能质量分析仪

测量电流总谐波畸变率的仪器应包括电能质量分析仪，其电流总谐波畸变率的准确度应为测量值的 $\pm 5\%$ ，并按国家标准规定进行校准。

## 6.8 漏风量

### 6.8.1 概述

应测量并记录 FFU 机箱的漏风量。FFU 的机箱外框由多块材料铆接拼合而成；电源线与电机的连接、信号线与控制模块的连接都会穿透机箱。这些地方都存在密封问题，而在许多 FFU 的应用场合，特别是现代集成电路生产厂房内，密封胶由于可能产生额外污染而不允许使用。机箱密封性不好会导致漏风问题，对 FFU 的空气动力及能耗性能造成不良影响。

### 6.8.2 测试方法

拆除 FFU 的过滤器，完全封闭 FFU 机箱进风口，将漏风量测试仪连接到 FFU 机箱进口，调节机箱内静压达到设计工作压力并保持，稳定后记录漏风量，计算漏风率。

图 3 给出了一种漏风量测试仪与 FFU 机箱的连接方式，将静压箱与 FFU 机箱进风口紧密连接，再将漏风量测试仪连接到静压箱上，这种连接方式有利于保证 FFU 机箱进风口连接处的密封性。

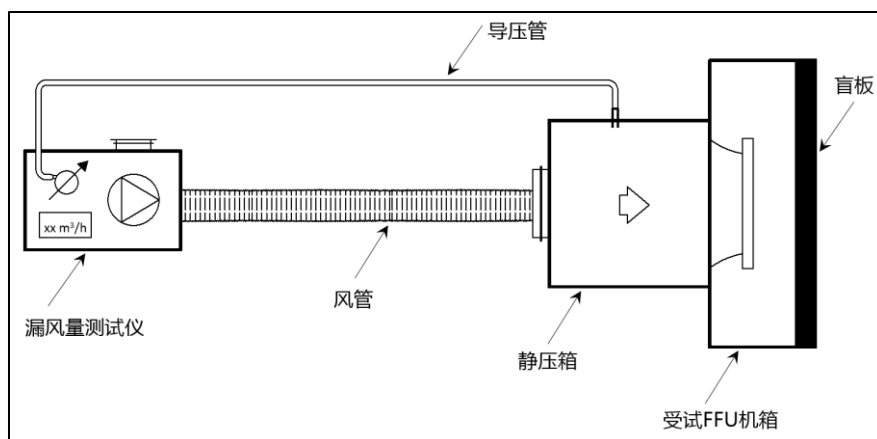


图 3 FFU 漏风量测试示意图

改变机箱内静压,可以建立 FFU 漏风量或漏风率与试验静压之间的关系,用表格或图形的形式表示。

设计工作压力可按如下原则确定: FFU 运行时, 机箱内最大正压出现在风机后, 可估计为“洁净环境设计压力+设计风量下过滤器终阻力”; 最大负压出现在风机前, 可估计为“洁净环境设计压力-设计外部静压-设计风量下 FFU 进风口压力损失”。设计工作压力取以上两者绝对值中的较大者。另一方面, 为安全起见, 设计工作压力也可取设计风量下过滤器终阻力与 FFU 设计最大余压之和。

### 6.8.3 漏风量测试仪

测量漏风量的仪器应包括漏风量测试仪, 其压力测量精度应精确到 2.5 Pa (0.01 in.wg), 其风量准确度应为测量值的 $\pm 5\%$ , 并按国家标准规定进行校准。

## 7 报告

### 7.1 概述

图 4 和图 5 给出了一份完整的测试报告格式。可参照本标准给出的报告格式给出测试结果。没必要与本标准所列格式完全一致, 但报告中应包含第 7.2 条中所规定的全部要素, 要素不完整的报告视为无效。

### 7.2 报告要素

#### 7.2.1 数值修约

各测量项目的结果数值应按表 1 进行修约。

表 1 各测量项目结果数值的修约规则

项目	单位	修约规则
尺寸	mm	整数
温度	℃	保留 1 位小数
相对湿度	%	保留 1 位小数
大气压力	kPa	保留 1 位小数
转速	rpm	整数
风速	m/s 或 Nm/s	保留 2 位小数
风量	m <sup>3</sup> /h 或 Nm <sup>3</sup> /h	整数
静压	Pa	整数
功率	W	保留 1 位小数
功率因数	——	保留 2 位小数
空气动力效率	%	保留 1 位小数
能耗性能指数 EPI	W/(Nm <sup>3</sup> /min)	保留 1 位小数
面风速 RSD	%	保留 1 位小数
声功率级	dB 或 dB(A)	保留 1 位小数
声压级	dB 或 dB(A)	保留 1 位小数
振动速度	mm/s	保留 1 位小数
电流总谐波畸变率	%	保留 1 位小数
漏风率	%	保留 1 位小数

### 7.2.2 报告汇总

最终性能测试报告的汇总部分应包含以下内容：

1. 指明本标准；
2. 测试机构信息：
  - a) 实验室名称；
  - b) 实验室地址；
  - c) 实验室联系方式。
3. 一般信息：
  - a) 唯一的试验报告编号；
  - b) 测试日期；
  - c) 测试人员；
  - d) 报告编写日期；
  - e) 报告编写人员；
  - f) 报告审核人员；
  - g) 委托测试单位。
4. 受试 FFU 信息：
  - a) 制造商名称（也可以是销售供应商的名称）；
  - b) 受试 FFU 上标注的品牌和型号；
  - c) FFU 电机及机箱信息：
    - i. 机箱外形尺寸（长、宽、深）；
    - ii. 电机型号；
    - iii. 电机类型（交流/直流等）；
    - iv. 电机调速方式。
  - d) FFU 过滤器信息：
    - i. 过滤器外形尺寸（长、宽、深）；
    - ii. 过滤器有效出风面尺寸（长、宽）；
    - iii. 过滤器滤纸材料；
    - iv. 过滤器上标注的过滤效率等级；
    - v. 过滤器上标注的阻力。
  - e) 其他相关信息。
5. 测试条件：
  - a) 环境空气温度；
  - b) 环境空气相对湿度；
  - c) 当地大气大气压力。
6. 测试结果：
  - a) 空气动力及能耗性能：
    - i. 指定工况点的 FFU 空气动力及能耗性能数据（包括工况点、风机转速、标况面风速、标况风量、功率、功率因数、空气动力效率、能耗性能指数 EPI）；

- ii. 指定转速的 FFU 空气动力及能耗性能曲线图(包括外部静压与标况面风速关系的曲线、空气动力效率与标况面风速关系的曲线、能耗性能指数 EPI 与标况面风速关系的曲线,不同转速对应的不同曲线)。
- b) 面风速均匀性: 指定工况点下的 FFU 出风面风速相对标准差 RSD;
- c) 噪声性能:
  - i. 参照的噪声测试标准及方法;
  - ii. 指定工况点下的 A 加权噪声性能参数(A 加权声功率级或 A 加权声压级, 根据所参照的测试标准及方法, 若有噪声修正, 则应给出修正后的值)。
- d) 振动性能: 指定工况点的 FFU 最大振动速度;
- e) 电流总谐波畸变率: 指定工况点下的 FFU 电流总谐波畸变率;
- f) 风机箱体漏风情况(包括设计工作压力、漏风量、额定风量及漏风率)。

### 7.2.3 报告详情

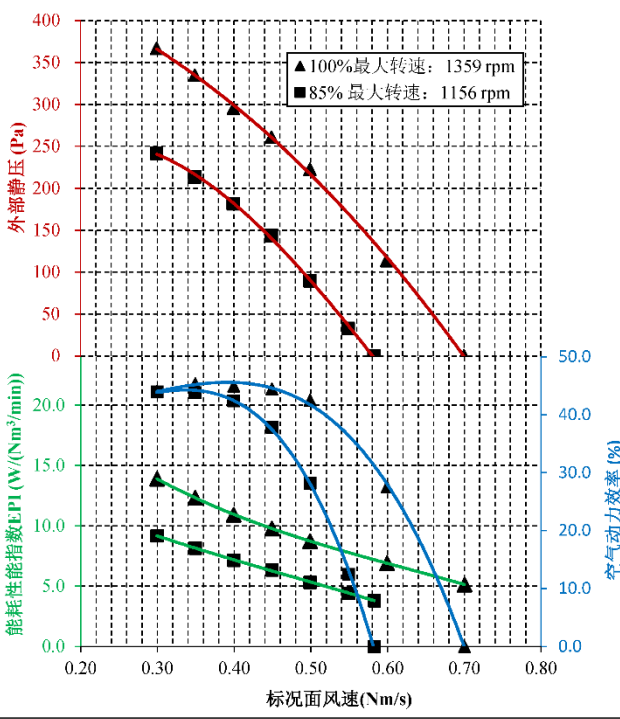
最终性能测试报告的详情部分应包含但不限于以下内容:

#### 1. 详细测试结果:

- a) 详细的空气动力及能耗性能数据:
  - i. 以表格形式给出指定工况点的 FFU 空气动力及能耗性能数据(包括工况点、风机转速、标况面风速、标况风量、功率、功率因数、空气动力效率、能耗性能指数 EPI);
  - ii. 以表格形式给出指定转速的 FFU 空气动力及能耗性能数据(包括风机转速、标况面风速、标况风量、外部静压、功率、功率因数、空气动力效率、能耗性能指数 EPI);
  - iii. 以单独的曲线图给出的外部静压与标况面风速的关系、空气动力效率与标况面风速的关系、能耗性能指数 EPI 与标况面风速的关系, 不同转速对应的不同曲线。
- b) 详细的面风速均匀性数据:
  - i. 受试工况点
  - ii. 测点间距;
  - iii. 以表格形式给出 FFU 出风面各测点的风速值;
  - iv. 以图形给出 FFU 出风面的风速分布。
- c) 详细的噪声性能数据:
  - i. 受试工况点;
  - ii. 参照的噪声测试标准及方法;
  - iii. 1/3 倍频程的声功率级(若所参照的噪声测试标准及方法有规定);
  - iv. A 加权声功率级或 A 加权声压级(根据所参照的测试标准及方法);
  - v. 背景噪声

注: 若有噪声修正, 则上述噪声性能参数修正前、后的值均应给出, 同时给出各项修正值。
- d) 详细的振动性能数据:
  - i. 受试工况点;
  - ii. 各测点的振动速度测量值;
  - iii. 各测点的平均振动速度(可选);
  - iv. 各测点的最大振动速度。

- e) 详细的电流总谐波畸变率数据：
    - i. 受试工况点；
    - ii. 电流总谐波畸变率数值；
    - iii. 电流总谐波畸变率测试界面的截图或照片。
  - f) 详细的风机箱体漏风情况
    - i. 以表格形式给出不同设计工作压力下的漏风量、漏风率，以及漏风率计算所采用的额定风量；
    - ii. 当不同压力下的测试数据较多时，宜以曲线图形式给出漏风量与设计工作压力的关系。
2. 备注：“计算结果均已经折算为标准工况参数，即标准大气压、空气温度为 20℃”；
  3. 照片有助于说明试验装置和受试 FFU。

CRAA xxx-201x——风机过滤单元试验结果汇总				测试机构: 名称: 地址: 电话:				
一般信息								
报告编号:		测试日期:		报告日期:		报告人员:		
委托单位:		测试人员:				审核人员:		
受试 FFU								
型号:				制造商:				
机 箱	外形尺寸 (长×宽×深)(mm):			过 滤 器	外形尺寸 (长×宽×深) (mm):			
	电机型号:				有效尺寸 (长×宽) (mm):			
	电机类型 (直流/交流等):				滤纸材料 (效率等级):			
	电机调速方式:				过滤器阻力 (面风速):			
其他描述性信息:								
测试条件								
空气温度 (℃):		空气相对湿度 (%):		绝对大气压力 (kPa):				
测试结果								
空气动力及能耗性能-指定工况点								
工况点 (面风速@外部静压)		风机转速 (rpm)	标况面风速 (Nm/s)	标况风量 (Nm³/h)	功率 (W)	功率 因数	空气动力效率 (%)	能耗性能指数 EPI (W/(Nm³/min))
m/s@ Pa								
m/s@ Pa								
空气动力及能耗性能-指定转速				面风速均匀性				
				工况点: 风机转速 (面风速@外部静压)				RSD (%)
				rpm( m/s@ Pa)				
				rpm( m/s@ Pa)				
				噪声性能(标准/方法: )				
				工况点: (风机转速@外部静压)			声功率级(dB(A))	
				rpm @ Pa				
				rpm @ Pa				
				振动性能				
				工况点: (风机转速@外部静压)			最大振动速度(mm/s)	
				rpm @ Pa				
rpm @ Pa								
电流总谐波畸变率								
工况点: 风机转速 (面风速@外部静压)			THDi (%)					
rpm( m/s@ Pa)								
rpm( m/s@ Pa)								
风机箱体漏风情况								
设计工作压力 (Pa)	漏风量 (m³/h)	额定风量 (m³/h)	漏风率 (%)					

备注: 计算结果均已经折算为标准工况参数, 即: 标准大气压、空气温度为 20℃。

图 4 报告汇总格式





面风速均匀性										
工况点：风机转速（面风速@外部静压）				rpm(      m/s@      Pa)			测点间距（mm）			
编号	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
平均值(m/s)							RSD(%)			
面风速分布图形										
噪声性能										
工况点：（风机转速@外部静压）				rpm @      Pa		噪声标准/方法				
中心频率 (HZ)	声功率级 (dB)	中心频率 (HZ)	声功率级 (dB)	中心频率 (HZ)	声功率级 (dB)	中心频率 (HZ)	声功率级 (dB)	中心频率 (HZ)	声功率级 (dB)	
16		80		400		1600		6300		
20		100		500		2000		8000		
25		125		630		2500		10000		
31.5		160		800		3150		12500		
40		200		1000		4000		16000		
50		250		1250		5000		20000		
63		315		A 计权声功率级(dB(A))						

电流总谐波畸变率		振动性能						
工况点: 风机转速 (面风速@外部静压)		THDi (%)		工况点: (风机转速@外部静压)		rpm @ Pa		
rpm(      m/s@      Pa)				测点	振动速度(mm/s)	测点	振动速度(mm/s)	
<div><div>VIEW</div><div>DMM</div><div>USB 2018/10/12 16:53:55</div><div>设定 1P2W 5A 220V 50.03Hz</div><div>U rms [V] peak+[V] peak-[V] THD [%]</div><div>ch1 220.6 305.5 -305.7 5.7</div><div>I rms [A] peak+[A] peak-[A] ITHD [%]</div><div>ch1 0.945 1.37 -1.38 5.9</div><div>P [W] S [VA] Q [var] PF</div><div>ch1 0.207k 0.209k -0.028k -0.991</div><div>KF ITHD 保持</div></div>				1#		5#		
				2#		6#		
				3#		7#		
				4#		8#		
				平均振动速度(mm/s)				
				最大振动速度(mm/s)				
				<div><div><div><div>100 mm</div><div>100 mm</div></div><div><div>1</div><div>2</div><div>3</div><div>4</div></div><div><div></div></div></div><div><div>5(6/7/8)</div><div>居中, 共四个侧面</div></div></div>				
				风机箱体漏风情况				
				设计工作压力(Pa)	漏风量(m³/h)	额定风量(m³/h)	漏风率(%)	
备注: 计算结果均已经折算为标准工况参数, 即: 标准大气压、空气温度为 20℃。								

3 / 3

图 5 报告详情格式

## 附录A

### （资料性附录）

### 示例

本附录给出按照本标准进行 FFU 综合性能测试的测试要求示例、数据记录示例和最终报告示例。

#### A.1 样品参数

示例 FFU 样品相关信息如下：

1. FFU 型号：FFU01-1175×1175×(320+35)-1PCSC
2. 机箱：
  - a) 外形尺寸：1175×1175×320 mm
  - b) 电机型号：EBM-R3G400-RP45-61
  - c) 电机类型：直流无刷电机，无级调速电机。
3. 过滤器：
  - a) 外形尺寸：1170×1170×50 mm
  - b) 有效尺寸：1140×1140 mm
  - c) 滤纸材料（效率等级）：PTFE（H14）
  - d) 过滤器阻力（面风速）：55Pa（0.45m/s）。
4. 制造商：×××净化设备有限公司
5. 委托单位：×××光电技术有限公司

#### A.2 测试要求

1. 空气动力及能耗性能：
  - a) 指定工况点：0.35m/s@130Pa、0.40m/s@130Pa、0.45m/s@130Pa、0.45m/s@210Pa 工况下 FFU 的空气动力及能耗性能；  
注：“0.35m/s@130Pa”表示 FFU 运转在面风速 0.35m/s、外部静压 130Pa 的工况下，其余同。
  - b) 指定转速：最大转速、85%最大转速下 FFU 的空气动力及能耗性能。
2. 面风速均匀性：0.45m/s@130Pa 工况下 FFU 的面风速均匀性；
3. 噪声性能：0.45m/s@130Pa 对应转速、外部静压为 0Pa 的工况下 FFU 的噪声性能；
4. 振动性能：0.45m/s@130Pa 对应转速、外部静压为 0Pa 的工况下 FFU 的振动性能；
5. 电流总谐波畸变率：0.45m/s@130Pa 工况下 FFU 的电流总谐波畸变率；
6. 风机箱体漏风情况：设计工作压力为 300Pa 时，FFU 机箱箱体的漏风量和漏风率，漏风率计算所采用的额定风量取 0.45m/s 面风速对应的风量。

#### A.3 数据记录

参照本标准的规定，根据第 A.2 条中的测试要求，对第 A.1 条中的 FFU 样品的各项性能进行测试。原始数据记录如图 A.1 所示。

CRAA xxx-201x——风机过滤单元试验数据记录							
测试日期: 2018/05/08			机箱外形尺寸 (mm): 1175×1175×320 mm				
测试人员: 张三、李四、王五			电机型号: EBM-R3G400-RP45-61				
到场人员: 赵六			电机类型: <input checked="" type="checkbox"/> 直流无刷电机 <input type="checkbox"/> 交流异步电机 <input type="checkbox"/> 其他_____				
环境空气温度 (°C): 22.6			电机调速方式: <input type="checkbox"/> 单速电机 <input type="checkbox"/> 多速电机 <input checked="" type="checkbox"/> 无级调速电机				
环境相对湿度 (%): 59.2			过滤器外形尺寸 (mm): 1170×1170×50				
绝对大气压力 (kPa): 101.5			过滤器有效尺寸 (mm): 1140×1140				
FFU 型号: FFU01-1175×1175×(320+35)-1PCSC			过滤器滤纸材料 (效率等级): PTFE (H14)				
制 造 商: ×××净化设备有限公司			过滤器阻力 (面风速): 55Pa (0.45m/s)				
委托单位: ×××光电技术有限公司			其他描述信息: 无				
空气动力及能耗性能测试-指定工况点							
编号	工况点 (面风速@外部静压)	风量 (m³/h)	风机转速 (rpm)	电压 (V)	电流 (A)	功率 (W)	功率 因数
1	0.35 m/s@ 130 Pa	1637	1008	210.7	0.725	149.7	0.98
2	0.40 m/s@ 130 Pa	1871	1063	213.7	0.826	176.5	1.00
3	0.45 m/s@ 130 Pa	2105	1134	210.4	0.990	208.3	1.00
4	0.45 m/s@ 210 Pa	2105	1254	212.1	1.351	286.6	1.00
空气动力及能耗性能测试-指定转速							
风机转速 (rpm)	编号	风量 (m³/h)	外部静压 Pa	电压 (V)	电流 (A)	功率 (W)	功率 因数
1359 (最大转速)	1	3280	0	214.8	1.307	280.7	1.00
	2	2807	114	213.0	1.513	322.2	1.00
	3	2339	223	214.3	1.588	340.2	1.00
	4	2105	261	219.3	1.563	342.8	1.00
	5	1871	295	216.1	1.576	340.6	1.00
	6	1637	335	215.2	1.560	335.7	1.00
	7	1404	367	218.9	1.483	324.6	1.00
	8						
	9						
	10						

1156 (85%最大转速)	1			2730	0	220.1	0.787	173.2	1.00	
	2			2573	33	215.4	0.880	189.5	1.00	
	3			2339	90	212.5	0.973	206.8	1.00	
	4			2105	144	216.4	1.027	222.2	1.00	
	5			1871	182	211.1	1.056	222.8	1.00	
	6			1637	214	220.2	1.008	222.0	1.00	
	7			1404	242	213.7	1.003	214.4	1.00	
	8									
	9									
	10									
面风速均匀性测试（单位：m/s）										
工况点：风机转速（面风速@外部静压）				1134 rpm( 0.45 m/s@ 130 Pa)			测点间距（mm）		100	
编号	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	V
1	0.58	0.53	0.49	0.49	0.48	0.46	0.47	0.44	0.46	0.46
2	0.53	0.50	0.49	0.47	0.46	0.44	0.48	0.49	0.45	0.47
3	0.40	0.42	0.42	0.43	0.42	0.45	0.43	0.41	0.44	0.42
4	0.47	0.46	0.42	0.42	0.42	0.45	0.45	0.46	0.50	0.44
5	0.46	0.48	0.45	0.43	0.44	0.44	0.45	0.46	0.47	0.46
6	0.41	0.42	0.43	0.42	0.42	0.41	0.39	0.43	0.45	0.46
7	0.44	0.45	0.44	0.45	0.42	0.42	0.39	0.42	0.43	0.42
8	0.42	0.46	0.44	0.45	0.45	0.40	0.43	0.41	0.42	0.41
9	0.54	0.51	0.49	0.44	0.51	0.46	0.45	0.40	0.45	0.42
10	0.46	0.52	0.46	0.50	0.49	0.42	0.42	0.43	0.48	0.48
噪声性能测试 （标准/方法：CRAA xxx-201x 附录 D 备选方法）						振动性能测试				
工况点 (风机转速@外部静压)		A 计权声压级(dB(A))		工况点(风机转速@外部静压)				1134 rpm @ 0 Pa		
		样品噪声	背景噪声	测点	振动速度(mm/s)		测点	振动速度(mm/s)		
1134 rpm @ 0 Pa		59.4	33.0	1#	0.7		5#	0.5		
电流总谐波畸变率测试				2#	0.6		6#	0.4		
工况点 风机转速（面风速@外部静压）		THDi (%)	测试界面 截图	3#	0.6		7#	0.5		
				4#	0.5		8#	0.6		
1134 rpm( 0.45 m/s@ 130 Pa)		5.9	√							
风机箱体漏风情况测试										
设计工作压力(Pa)		漏风量(m³/h)								
300		50								

2 / 2

图 A.1 数据记录示例

A.4 最终报告

根据第 A.3 条中的原始数据，计算出其他需要报告的性能参数。最终形成的试验报告如图 A.2 和图 A.3 所示。

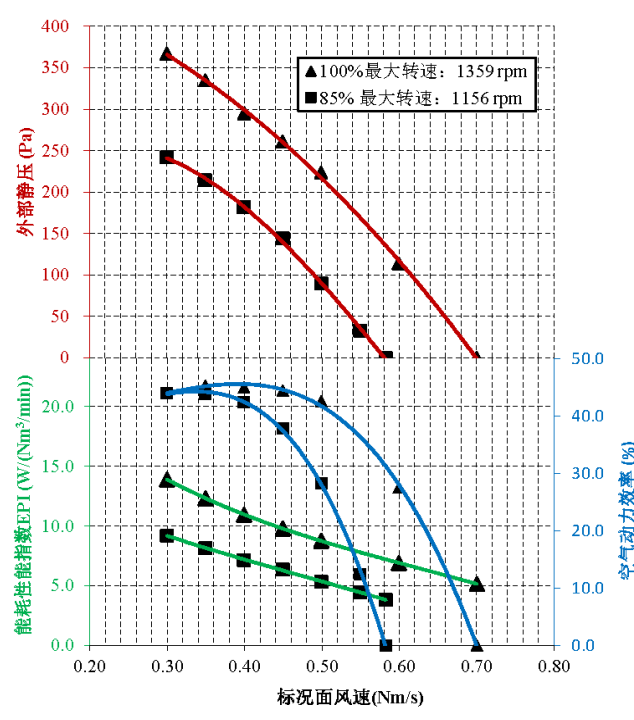
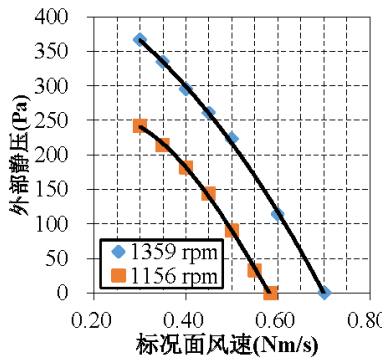
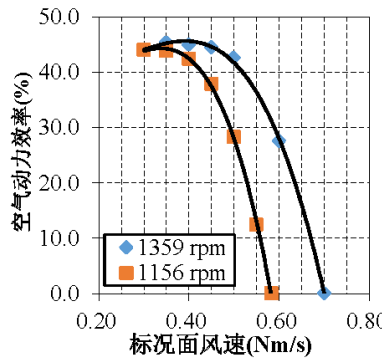
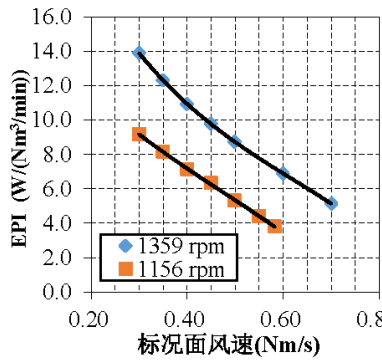
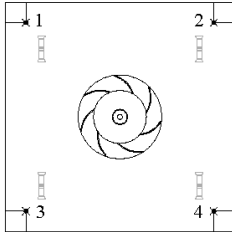
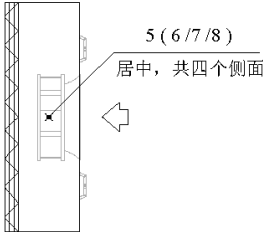
CRAA xxx-201x——风机过滤单元试验结果汇总				测试机构： 名称：××××××××××实验室 地址：×××市×××路×××号，×××楼×××室 电话：×××-××××-××××			
一般信息							
报告编号：××-××××××××		测试日期：2018/05/08		报告日期：2018/05/09		报告人员：张三	
委托单位：×××光电技术有限公司		测试人员：张三、李四、王五				审核人员：赵六	
受试 FFU							
型号：FFU01-1175×1175×(320+35)-1PCSC				制造商：×××净化设备有限公司			
机 箱	外形尺寸 (长×宽×深)(mm)：1175×1175×320			过 滤 器	外形尺寸 (长×宽×深)(mm)：1170×1170×50		
	电机型号：EBM-R3G400-RP45-61				有效尺寸 (长×宽)(mm)：1140×1140		
	电机类型(直流/交流等)：直流无刷电机				滤纸材料 (效率等级)：PTFE (H14)		
	电机调速方式：无级调速				过滤器阻力 (面风速)：55Pa (0.45m/s)		
其他描述性信息：无							
测试条件							
空气温度 (℃)：22.6		空气相对湿度 (%)：59.2		绝对大气压力 (kPa)：101.5			
测试结果							
空气动力及能耗性能-指定工况点							
工况点 (面风速@外部静压)	风机转速 (rpm)	标况面风速 (Nm/s)	标况风量 (Nm³/h)	功率 (W)	功率 因数	空气动力效率 (%)	能耗性能指数 EPI (W/(Nm³/min))
0.35 m/s@ 130 Pa	1008	0.35	1626	149.7	0.98	39.5	5.5
0.40 m/s@ 130 Pa	1063	0.40	1858	176.5	1.00	38.3	5.7
0.45 m/s@ 130 Pa	1134	0.45	2091	208.3	1.00	36.5	6.0
0.45 m/s@ 210 Pa	1254	0.45	2091	286.6	1.00	42.8	8.2
空气动力及能耗性能-指定转速				面风速均匀性			
				工况点：风机转速 (面风速@外部静压)		RSD (%)	
				1134 rpm( 0.45 m/s@ 130 Pa)		7.7	
				噪声性能 (标准/方法：CRAA xxx-201x 附录 D 备选方法)			
				工况点：(风机转速@外部静压)		A 加权声压级(dB(A))	
				1134 rpm @ 0 Pa		59.4	
				振动性能			
				工况点：(风机转速@外部静压)		最大振动速度(mm/s)	
				1134 rpm @ 0 Pa		0.7	
				电流总谐波畸变率			
				工况点：风机转速 (面风速@外部静压)		THDi (%)	
				1134 rpm( 0.45 m/s@ 130 Pa)		5.9	
				风机箱体漏风情况			
设计工作压力 (Pa)		漏风量 (m³/h)	额定风量 (m³/h)	漏风率 (%)			
300		50	2105	2.4			
备注：计算结果均已经折算为标准工况参数，即：标准大气压、空气温度为 20℃。							

图 A.2 报告汇总示例

CRAA xxx-201x——风机过滤单元试验结果详情				测试机构： 名称：××××××××××实验室 地址：×××市×××路×××号，×××楼×××室 电话：×××-××××-××××			
一般信息							
报告编号：××-××××××××		测试日期：2018/05/08		报告日期：2018/05/09		报告人员：张三	
委托单位：×××光电技术有限公司		测试人员：张三、李四、王五				审核人员：赵六	
测试条件							
空气温度（℃）：22.6		空气相对湿度（%）：59.2			绝对大气压力（kPa）：101.5		
详细测试结果							
空气动力及能耗性能-指定工况点							
工况点 (面风速@外部静压)	风机转速 (rpm)	标况面风速 (Nm/s)	标况风量 (Nm³/h)	功率 (W)	功率 因数	空气动力效率 (%)	能耗性能指数 EPI (W/(Nm³/min))
0.35 m/s@ 130 Pa	1008	0.35	1626	149.7	0.98	39.5	5.5
0.40 m/s@ 130 Pa	1063	0.40	1858	176.5	1.00	38.3	5.7
0.45 m/s@ 130 Pa	1134	0.45	2091	208.3	1.00	36.5	6.0
0.45 m/s@ 210 Pa	1254	0.45	2091	286.6	1.00	42.8	8.2
空气动力及能耗性能-指定转速							
风机转速 (rpm)	标况面风速 (Nm/s)	标况风量 (Nm³/h)	外部静压 (Pa)	功率 (W)	功率 因数	空气动力效率 (%)	能耗性能指数 EPI (W/(Nm³/min))
1359 (最大转速)	0.70	3258	0	280.7	1.00	0.0	5.2
	0.60	2788	114	322.2	1.00	27.6	6.9
	0.50	2323	223	340.2	1.00	42.6	8.8
	0.45	2091	261	342.8	1.00	44.5	9.8
	0.40	1858	295	340.6	1.00	45.0	11.0
	0.35	1626	335	335.7	1.00	45.4	12.4
	0.30	1394	367	324.6	1.00	44.1	14.0
1156 (85%最大转速)	0.58	2711	0	173.2	1.00	0.0	3.8
	0.55	2555	33	189.5	1.00	12.4	4.4
	0.50	2323	90	206.8	1.00	28.3	5.3
	0.45	2091	144	222.2	1.00	37.9	6.4
	0.40	1858	182	222.8	1.00	42.5	7.2
	0.35	1626	214	222.0	1.00	43.8	8.2
	0.30	1394	242	214.4	1.00	44.0	9.2
<div><div></div><div></div><div></div></div>							



面风速均匀性										
工况点：风机转速（面风速@外部静压）				1134 rpm( 0.45 m/s@ 130 Pa)			测点间距（mm）		100	
编号	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	0.58	0.53	0.49	0.49	0.48	0.46	0.47	0.44	0.46	0.46
2	0.53	0.50	0.49	0.47	0.46	0.44	0.48	0.49	0.45	0.47
3	0.40	0.42	0.42	0.43	0.42	0.45	0.43	0.41	0.44	0.42
4	0.47	0.46	0.42	0.42	0.42	0.45	0.45	0.46	0.50	0.44
5	0.46	0.48	0.45	0.43	0.44	0.44	0.45	0.46	0.47	0.46
6	0.41	0.42	0.43	0.42	0.42	0.41	0.39	0.43	0.45	0.46
7	0.44	0.45	0.44	0.45	0.42	0.42	0.39	0.42	0.43	0.42
8	0.42	0.46	0.44	0.45	0.45	0.40	0.43	0.41	0.42	0.41
9	0.54	0.51	0.49	0.44	0.51	0.46	0.45	0.40	0.45	0.42
10	0.46	0.52	0.46	0.50	0.49	0.42	0.42	0.43	0.48	0.48
平均值(m/s)				0.45			RSD(%)		7.7	
面风速分布图形										

噪声性能			振动性能			
(标准/方法: CAA xxx-201x 附录 D 备选方法)						
工况点 (风机转速@外部静压)	A 计权声功压级(dB(A))		工况点: (风机转速@外部静压)		1134 rpm @ 0 Pa	
	样品噪声	背景噪声	测点	振动速度(mm/s)	测点	振动速度(mm/s)
1134 rpm @ 0 Pa	59.4	33.0	1#	0.7	5#	0.5
电流总谐波畸变率			2#	0.6	6#	0.4
工况点: 风机转速 (面风速@外部静压)		THDi (%)	3#	0.6	7#	0.5
1134 rpm( 0.45 m/s@ 130 Pa)		5.9	4#	0.5	8#	0.6
<div><div><div>VIEW</div><div>DMM</div><div>U88</div><div>2018/10/11</div><div>16:53:55</div></div><div><div>设定</div><div>1P2W</div><div>5A</div><div>220V</div><div>50.03Hz</div></div><div><div>U rms [V] peak+[V] peak-[V] THD [%]</div><div>ch1 220.6 305.5 -305.7 5.7</div></div><div><div>I rms [A] peak+[A] peak-[A] ITHD [%]</div><div>ch1 0.945 1.37 -1.38 5.9</div></div><div><div>P [W] S [VA] Q [var] PF</div><div>ch1 0.207k 0.209k -0.028k -0.991</div></div><div><div>KF</div><div>ITHD</div><div>保持</div></div></div>			平均振动速度(mm/s)		0.6	
			最大振动速度(mm/s)		0.7	
			<div><div><div><div><div>1</div><div>2</div><div>3</div><div>4</div></div><div></div></div><div><div><div>5 ( 6 / 7 / 8 )</div><div>居中, 共四个侧面</div></div><div></div></div></div></div>			
风机箱体漏风情况						
设计工作压力(Pa)	漏风量(m³/h)		额定风量(m³/h)		漏风率(%)	
300	50		2105		2.4	
备注: 计算结果均已经折算为标准工况参数, 即: 标准大气压、空气温度为 20℃。						

3 / 3

图 A.3 报告详情示例

附录B  
(资料性附录)  
风机过滤单元概述

B.1 组成和结构

风机过滤单元 (FFU) 是由风机与空气过滤器组成的箱体。空气过滤器通常是高效 (HEPA) 或超高效 (ULPA) 过滤器, 但也可以是满足 ASHRAE 52.2 或 ISO 16890 标准定义的效率较低的一般通风用空气过滤器。典型的 FFU 如图 B.1 所示。

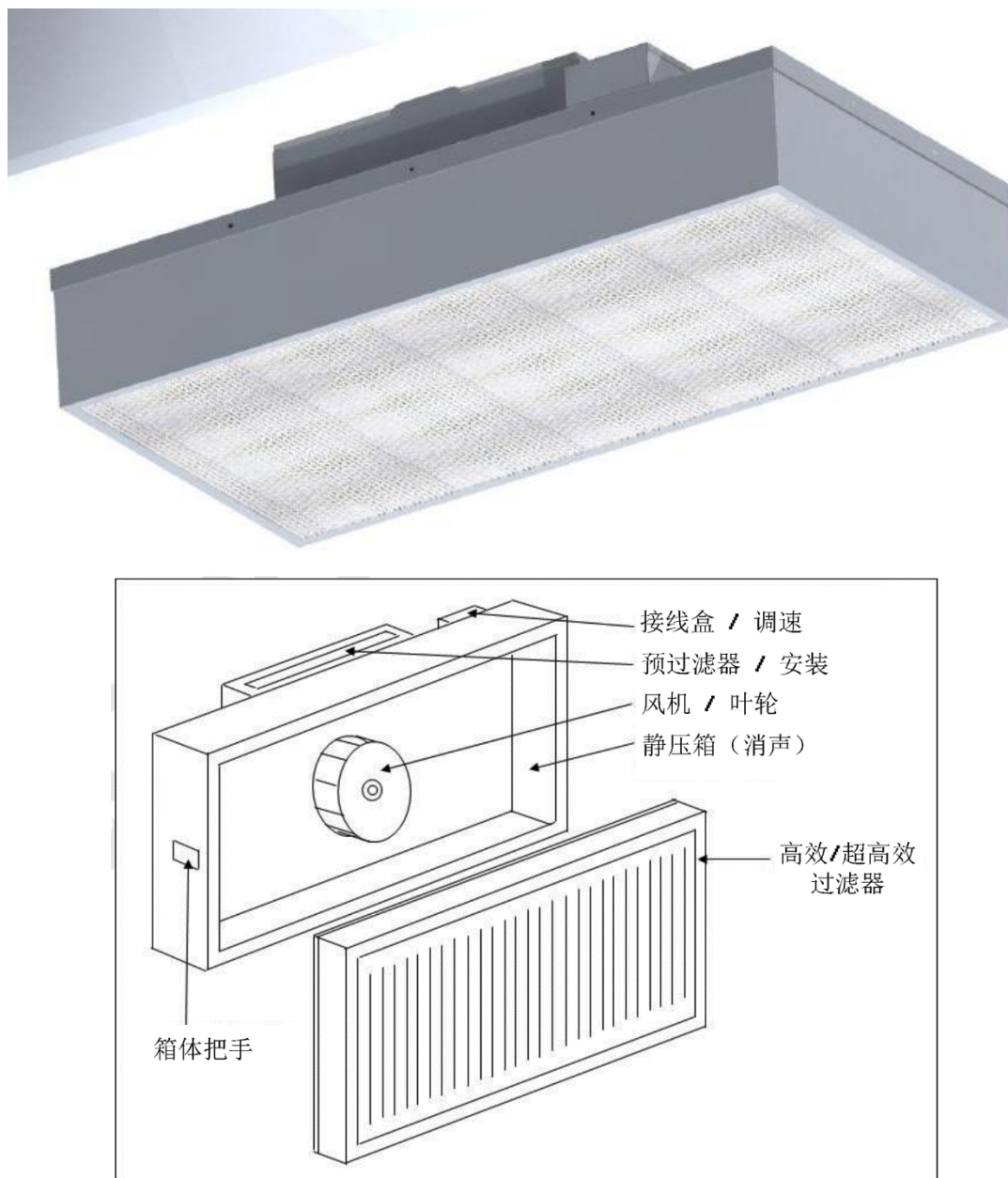


图 B.1 典型风机过滤单元示意图

风机过滤单元的物理尺寸通常与吊顶的模块尺寸相适应, 不过只要用户与供应商协商, 可以是任意尺寸。

除了风机和过滤器，典型的风机过滤单元也包含一些启动和控制风机运行的设备。风机控制设备可置于风机过滤单元上也可远程控制。如果置于风机过滤单元上，控制设备既可置于 FFU 的空气出口侧也可置于 FFU 的空气入口侧。

为便于 FFU 的安装、运行和维护，风机过滤单元还可包括其他附属设备，如工作指示灯、气溶胶注入口、静压测试口、静压表/静压传感器等。

风机过滤单元可从室内侧更换过滤器，而不影响 FFU 箱体和吊顶模块密封面之间的密封。在移除过滤器之后，FFU 也可以在室内更换或维修风机和电机。需要整体从吊顶模块上移除来更换过滤器的 FFU，则称为“顶部维护机组”。

## B.2 应用的场合

风机过滤单元可以应用于任何需要洁净空气的场合。

风机过滤单元可应用于洁净室以提供空气进入工作区域之前的末级过滤，可水平安装在洁净室吊顶来获得垂直气流，或安装在洁净室侧墙获得水平气流。风机过滤单元也可用于洁净要求高的微环境或隔离工作区域。

## B.3 风机供电方式

FFU 的风机可以采用 DC/ECM 电机（直流无刷电机），相对于采用 AC/PSC 电机（固定分相电容式交流异步电机）的 FFU，使用 DC/ECM 电机在提供相同风量/外部静压的情况下耗电量显著减少。某些采用 DC/ECM 电机的 FFU 设有控制系统，可在非正常工作时间降低风机转速以减少风量，从而进一步降低能耗。

采用直流电机、前向型叶轮并带有自动补偿功能的 FFU，可以实现定风量控制。采用后向型叶轮的 FFU，能耗更少且风量更大。

相关具体信息可以咨询 FFU 供应商、电机制造商或者有资质的建筑和机电工程咨询公司。

## B.4 风机转速控制方式

有很多种设置或控制 FFU 风量的方法。FFU 可设置单一固定速度控制器、多档速度控制器或无级调速控制器。电机/风机叶轮的转速由控制器设定，风机转速决定了 FFU 在给定工作状态下的送风量。

### B.4.1 单速控制

单速电机不提供任何风机转速的调节。风机转速由固定转速的电机保证不变，机组只能开启或关闭。

单速控制的 FFU 工作时，风量和外部静压受系统内部（如 HEPA 过滤器）和外部管道阻力的影响，整个系统的总阻力发生变化时，FFU 的风量和外部静压也相应发生变化。

### B.4.2 多速控制

多速电机提供了几个速度档位进行风机转速控制，转速控制器有两个或两个以上的档位控制风机转速。

FFU 的风量和外部静压取决于转速控制器的设定档位和外部系统阻力。

### B.4.3 无级调速控制

采用无级调速电机的 FFU，在控制器的设定工作范围内风机可以实现速度的无级调节。这与多速电机的 FFU 相似，但是在工作范围内，风机转速的选择具有更大的灵活性。

无级调速风机可使用户在内部和外部阻力变化的情况下维持所需风量或面风速。采用这种电机的

FFU 可以手动调节，也可采用智能控制模块，当内部或外部阻力变化时，自动调节风机转速以保证风量恒定。

#### B.4.4 单个 FFU 或群组 FFU 的网络控制

可通过群控系统对洁净室内的某一台、某一组或所有 FFU 的转速进行控制。在给定工作区域内的所有 FFU 都相互关联并且分配了单独的标识地址。中央控制端可以通过网络监控每台 FFU 的工作状态。

## 附录C

## (资料性附录)

## 体积风量、外部静压和电参数测试的备选方法

## C.1 概述

现场测试中广泛采用风量罩来测量风量。可以使用风量罩来测量 FFU 的风量。采用该测试方法可以简便快速地评价 FFU 因组件变化或结构优化而提高的性能。

使用风量罩会因其存在一定的压力损失而影响 FFU 的风量。用户应咨询风量罩的制造商以了解该仪器设备的局限性。

## C.2 测试装置

图 C.1 描述了用风量罩测量 FFU 风量的测试装置。该测试装置也可以用来测量 FFU 的预过滤器的阻力以及各项电参数（电压、电流、功率及功率因数）。

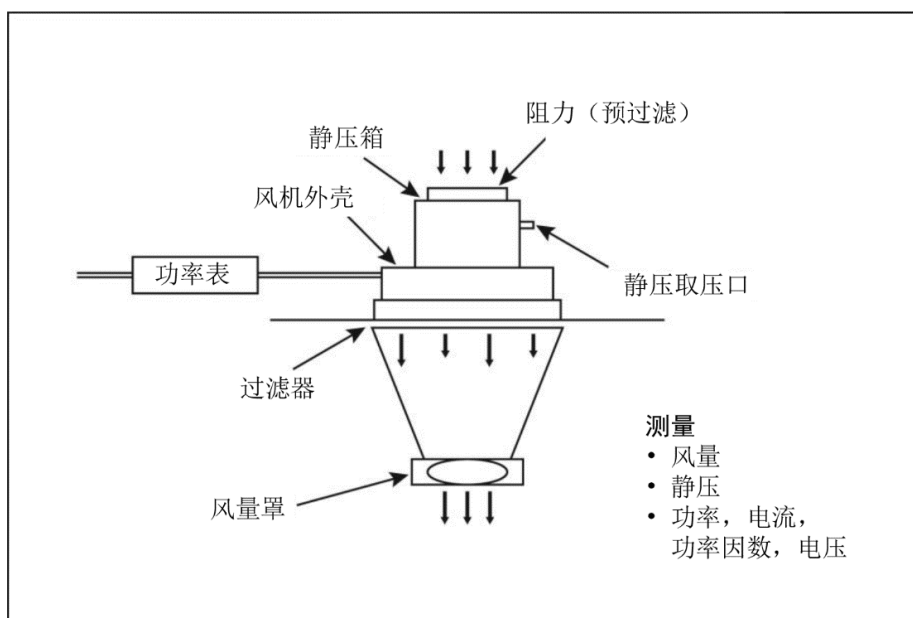


图 C.1 用风量罩测量 FFU 风量的测试装置

## C.3 风量的调整

风量罩可测量 FFU 风量，FFU 的风量可通过改变预过滤器的阻力进行调整，当 FFU 风量调整到要求的风量时，测量外部静压以及各项电参数（电压、电流、功率及功率因数）。

## 附录D

## (资料性附录)

## FFU 噪声性能评价的备选方法

## D.1 概述

当不具备声功率级的测试条件时,可以采用测试 A 加权声压级的方法来对 FFU 的噪声性能进行评价。采用该方法可以简便快速地评价 FFU 的噪声性能。

## D.2 测试方法

FFU 运行在指定转速,外部静压为 0Pa。

噪声测点正对 FFU 过滤器出风面中心,距离过滤器滤芯或保护网/可拆除扩散屏 1.5 m,如图 D.1 所示。

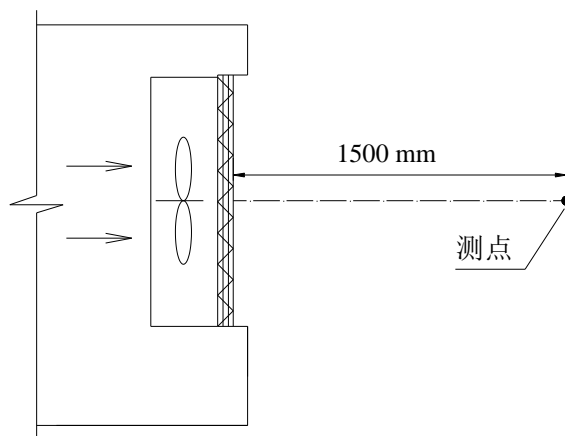


图 D.1 FFU 噪声测点布置示意图

测量时,声级计应采用“慢”时间计权特性测量,观测时间至少 10s,当声级计示值波动不大于  $\pm 3\text{dB}$  时,用目测法读取 A 加权声压级的平均值。若声级计示值波动大于  $\pm 3\text{dB}$ ,则应使用具有较长时间常数的模拟仪器或数字积分式声级计进行测量。

## D.3 声级计

测试仪器应使用 GB3785 中规定的 1 型或 1 型以上的声级计,或精度相当的其他测试仪器。

每次测量前后,应用精度高于  $\pm 0.5\text{dB}$  的声级校准器,对测试仪器进行校准。若测量前后两次校准值相差超过 1dB,则测量无效。

声级校准器应按 JJG176、声级计及其他测试仪器应按 JJG188 定期检查,以保证测试仪器的准确度。

## D.4 测试环境

合适的测试环境应分别规定为一个反射平面上的半空间或两个反射平面上的四分之一空间。反射平面应是由混凝土、沥青或其他类似的坚实材料构成的平整表面,其尺寸应大于测量表面在其上的投影。理想的测试环境是除了规定的反射平面外,没有其他反射物。

下列情况可不考虑测试环境的影响:

1. 距离测点位置 10m 之内没有反射物的室外场地;
2. 按有关标准鉴定合格的半消声室。

注:声反射物主要指建筑物和一些较大的设备。对于靠近声源的障碍物的宽度(如桩、柱子的直径)大于它距声源距

离的十分之一时，则认为是反射物。

当测试环境中有不必要的反射物存在而不能满足上述对测试环境的规定时，应将相关情况记录下来。

#### D.5 背景噪声修正

除了测量 FFU 机组运行时的 A 加权声压级外，还应测量 FFU 机组关闭后环境背景噪声的 A 加权声压级。FFU 噪声与背景噪声的 A 加权声压级之差不应小于 5dB，否则测量无效；当差值在 5~7dB 时，应按对测得的 FFU 机组 A 加权声压级进行修正；当差值不低于 8dB 时，可忽略背景噪声对 FFU 声压级测量值的影响。

表 D.1 背景噪声修正值

测得的 FFU 噪声与背景噪声的 A 加权声压级之差	从测得的 FFU 噪声的 A 加权声压级中减去的修正量
<5	测量无效
5	2
6, 7	1
≥8	0



## 附录E

## (资料性附录)

## 声功率级测试的备选方法

## E.1 概述

通过测量声压级然后转化成声功率级，是一种公认的获得声功率级的方法。在背景声压级很低且 FFU 远离反射表面的条件下，这种方法得到的测试结果与声强法差别不大。

通过这种方法测得的声压级和声功率级，可以用于比较不同 FFU 产品的声学特性，也可用于对 FFU 产品研发过程中设计变更前后的噪声性能进行评价。

## E.2 测试装置

图 E.1 描述了通过测量声压级转化获得 FFU 声功率级的测试装置。

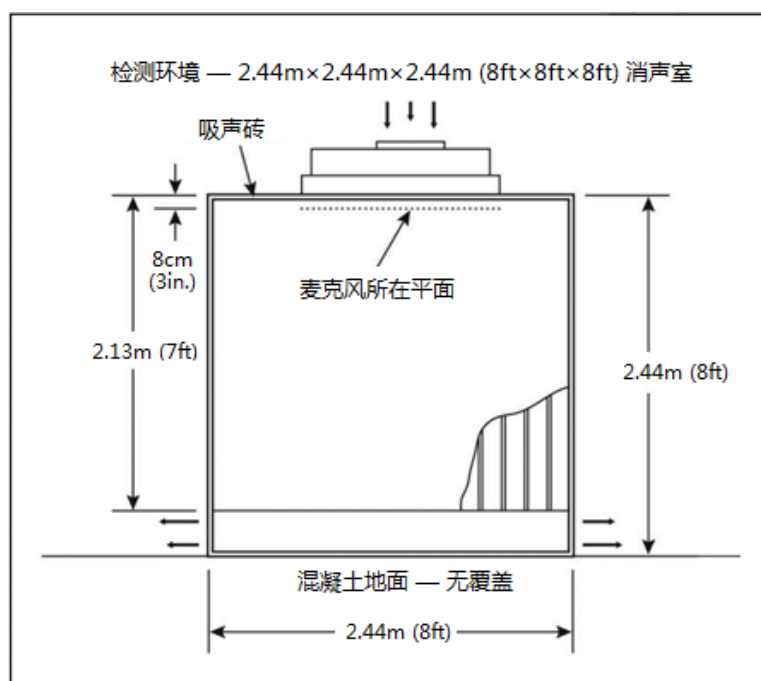


图 E.1 声压级测试装置

## E.3 测点布置

将 FFU 过滤器有效出风面划分成面积相等的正方形网格，网格尺寸最大为 30.5 cm × 30.5 cm (12 in × 12 in)，至少包括 4 个网格区域，在每个网格的中心点测量声压级。

声压级应当在距离 FFU 过滤器表面 5~8 cm (2~3 in.) 处测量。

同时需要测量 FFU 关闭时的环境背景噪声，背景噪声值应比 FFU 工作时测得的噪声值低至少 10dB。

## E.4 声压级转换成声功率级

通过计算得到全部网格中心点的平均声压级 $L_p$ ，最后利用下式转换得到声功率级：

$$L_w = L_p + 10 \log(S_1/S_0) \quad \text{..... (E.1)}$$

式中

$L_w$  = 声功率级，dB

$L_p$  = 声压级, dB

$S_1$  = 测量平面总面积,  $m^2$

$S_0$  =  $1.0 m^2$

## 附录F

### （资料性附录）

#### 其他设计考虑：气溶胶发生均匀性

##### F.1 概述

IEST-RP-CC034 规定了 HEPA 或 ULPA 过滤器扫描检漏测试方法，该方法的先决条件是保证过滤器上游加载的气溶胶的均匀性。

HEPA 或 ULPA 过滤器上游加载的气溶胶均匀性需要验证。IEST-RP-CC034 同时也规定了过滤器上游加载的气溶胶均匀性的验证测试方法。

##### F.2 气溶胶的引入与采样

FFU 的设计和制造应提供可选的方法来引入气溶胶，使得气溶胶能够均匀加载到过滤器上游进行检漏。

FFU 制造商应提供相应方法来获得过滤器上游具有代表性的气溶胶采样点。这样该单一采样点的气溶胶浓度就代表了整个过滤器上游的气溶胶浓度，该采样点的位置就是“上游采样口”。上游采样口的外部接口的位置设计应充分考虑，以保证在 FFU 最终安装后采样接口能与采样仪器设备相连接。

##### F.3 气溶胶均匀性的验证

FFU 制造商应当提供过滤器上游加载的气溶胶均匀性的证明文件，该证明文件应采用 IEST-RP-CC034 规定的测试方法获得：

1. 若 FFU 没有设计变更并且气溶胶的加载按照 FFU 制造商提供的指南进行，则用户就无需重复上游气溶胶均匀性的验证测试；
2. FFU 制造商无需按照 IEST-RP-CC034 的要求提供多个采样口对上游气溶胶浓度进行多点网格采样。

对于一系列几何相似的 FFU 产品，FFU 制造商可以仅对该系列中最小和最大的产品进行验证。

如果 FFU 制造商没有提供过滤器上游加载的气溶胶均匀性的证明文件，那么：

1. FFU 制造商应当提供多个采样口，使得用户可以按照 IEST-RP-CC034 的规定对过滤器上游气溶胶浓度进行多点网格采样；
2. 用户应当对过滤器上游加载的气溶胶均匀性进行过验证测试。