



中华人民共和国国家标准

GB/T 18204.5—2025

代替 GB/T 18204.5—2013

公共场所卫生检验方法 第 5 部分：集中空调通风系统

Examination methods for public places—
Part 5: Central air conditioning and ventilation systems

2025-05-30 发布

2025-12-01 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	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 嗜肺军团菌	2
5 细菌总数	9
6 真菌总数	12
7 空调送风中 β -溶血性链球菌	13
8 新风量	15
9 空调送风中可吸入颗粒物 PM_{10}	15
10 空调风管内表面积尘量	17
11 空调系统空气净化消毒装置	18
参考文献	22



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 18204《公共场所卫生检验方法》的第 5 部分。GB/T 18204 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：物理性指标；
- 第 2 部分：化学性指标；
- 第 3 部分：空气微生物指标；
- 第 4 部分：公共用品用具微生物指标；
- 第 5 部分：集中空调通风系统；
- 第 6 部分：卫生监测技术规范。



本文件代替 GB/T 18204.5—2013《公共场所卫生检验方法 第 5 部分：集中空调通风系统》，与 GB/T 18204.5—2013 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了适用范围(见第 1 章,2013 年版的第 1 章)；
- b) 增加了“嗜肺军团菌”“细菌总数”“真菌总数”“ β -溶血性链球菌”的术语和定义(见 3.1~3.4)；
- c) 增加了嗜肺军团菌的定量检测方法和荧光聚合酶链反应(PCR)快速检测法(见 4.1、4.2)；
- d) 更改了空调风管内表面微生物检测方法(见第 5 章、第 6 章,2013 年版的第 11 章)。

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。

本文件由国家疾病预防控制局提出并归口。

本文件起草单位：中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所、内蒙古自治区疾病预防控制中心、中国疾病预防控制中心、江苏省疾病预防控制中心、深圳市疾病预防控制中心。

本文件主要起草人：姚孝元、潘力军、高昇、王哲、丁震、余淑苑、张伟、李韵谱、郑磊、闫旭、石晓路、杨文静、叶丹、张宇晶。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 2013 年首次发布为 GB/T 18204.5—2013；
- 本次为第一次修订。

引 言

GB/T 18204《公共场所卫生检验方法》是国家推荐性标准,与 GB 37488《公共场所卫生指标及限值要求》相配套使用,是开展公共场所卫生监测推荐遵循的标准检验方法。GB/T 18204(所有部分)的发布有利于规范公共场所相关的样品采集、现场和实验室检测,提升检测机构检测结果的精密度、准确度和可比性,为保障公共场所卫生安全和人群健康提供重要支撑。本文件是 GB/T 18204 的第 5 部分,本次修订调整了适用范围和规范性引用文件,增加了嗜肺军团菌的定量检测方法和荧光 PCR 检测方法,整合了空调送风和空调风管内表面积尘微生物的采样和检测方法,以进一步提高标准的科学性、可操作性和适用性。

GB/T 18204 由 6 个部分构成。

- 第 1 部分:物理性指标。目的在于提供公共场所中物理性指标的现场检测的基本原则和要求。
- 第 2 部分:化学性指标。目的在于提供公共场所中化学性指标的样品采集和实验室检测的基本原则和要求。
- 第 3 部分:空气微生物指标。目的在于提供公共场所中空气微生物指标的样品采集和实验室检测的基本原则和要求。
- 第 4 部分:公共用品用具微生物指标。目的在于提供公共场所中公共用品用具微生物指标的样品采集和实验室检测的基本原则和要求。
- 第 5 部分:集中空调通风系统。目的在于提供公共场所中集中空调通风系统指标的样品采集和实验室检测的基本原则和要求。
- 第 6 部分:卫生监测技术规范。目的在于规范公共场所卫生监测的频次与样本量、质量控制等技术要求。



公共场所卫生检验方法

第5部分：集中空调通风系统

1 范围

本文件描述了公共场所集中空调通风系统中嗜肺军团菌、细菌总数、真菌总数、空调送风中 β -溶血性链球菌、新风量、空调送风中可吸入颗粒物(PM₁₀)、空调风管内表面积尘量和空气净化消毒装置的检测方法。

本文件适用于公共场所集中空调通风系统,其他场所使用的集中空调通风系统参照执行。

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。

GB 4789.28 食品安全国家标准 食品微生物学检验 培养基和试剂的质量要求

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 18204.1 公共场所卫生检验方法 第1部分:物理性指标

GB/T 18204.2 公共场所卫生检验方法 第2部分:化学性指标

GB/T 18883 室内空气质量标准

GB 19489 实验室 生物安全通用要求

GB/T 34012 通风系统用空气净化装置

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

嗜肺军团菌 *Legionella pneumophila*

两端钝圆,有鞭毛,无芽孢和荚膜的革兰氏阴性杆菌,具有在含有L-半胱氨酸和三价铁盐缓冲液的活性炭-酵母提取液培养基上生长的特性,经生化试验和血清学试验鉴定确认的一种具有致病性的军团菌,是引起军团菌病的主要菌型。

[来源:GB/T 40392—2021,3.2,有修改]

3.2

细菌总数 total bacterial count

在营养琼脂培养基上经36℃±1℃培养48h所生长发育的嗜中温性需氧和兼性厌氧菌落的总数。

3.3

真菌总数 total fungal count

在沙氏琼脂培养基上经28℃±1℃、3d~5d培养所形成的菌落数。

3.4

β -溶血性链球菌 *β -hemolytic streptococcus*

能产生溶血素,血平板上在菌落周围形成界限分明、完全透明的溶血环(β -型溶血)的化脓(或 A 群)链球菌和无乳(或 B 群)链球菌。

[来源:GB 4789.11—2014,2.2,有修改]

4 嗜肺军团菌

4.1 培养法

4.1.1 原理

样品经培养在甘氨酸-万古霉素-多黏菌素 B-放线菌酮(Glycine vancomycin polymyxin B cycloheximide,简称 GVPC)琼脂平板上生成典型菌落,并在缓冲活性炭酵母浸膏(Buffered charcoal yeast extract,简称 BCYE)琼脂平板上生长而在 L-半胱氨酸缺失的缓冲活性炭酵母浸膏(Buffered charcoal yeast extract agar without L-cys,简称 BCYE-Cys)琼脂平板上不生长,进一步经生化实验和血清学实验鉴定确认的菌落为嗜肺军团菌。

4.1.2 仪器设备

本方法中使用的仪器设备如下:

- 滤膜过滤器(滤膜孔径 0.22 μm 和 0.45 μm);
- CO₂ 培养箱:36 $^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$;
- 长波紫外灯:波长 360 nm \pm 2 nm;
- 电子天平(精度 0.001 g);
- 水浴箱;
- 涡旋振荡器;
- 真空泵;
- 离心机:不小于 12 000 r/min;
- 微生物气溶胶采样器(采样流量不少于 100 L/min)和液体冲击式微生物气溶胶采样器(采样流量 7 L/min~15 L/min);
- 微量移液器:100 μL 、200 μL ;
- 精密 pH 试纸或电位 pH 计(0~14.00);
- 高压蒸汽灭菌器;
- 冰箱(2 $^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$ 、-20 $^{\circ}\text{C}$);
- II 级生物安全柜。

4.1.3 培养基和试剂

4.1.3.1 BCYE 琼脂培养基

4.1.3.1.1 成分

酵母浸膏 10.0 g,活性炭 2.0 g,琼脂 15.0 g, α -酮戊二酸单钾盐 0.4 g,N-(2-乙酰胺基)-2-氨基乙烷磺酸(ACES)10.0 g,氢氧化钾 2.8 g,焦磷酸铁 0.25 g,L-半胱氨酸盐酸盐 0.4 g,纯水 1 000 mL(水质符合 GB/T 6682 中三级水或以上的要求)。

4.1.3.1.2 制法

4.1.3.1.2.1 L-半胱氨酸和焦磷酸铁的溶解

分别用 10 mL 纯水溶解 0.4 g L-半胱氨酸盐酸盐和 0.25 g 焦磷酸铁,再用孔径为 0.22 μm 的滤膜过滤除菌,储存于无菌容器中,于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存不超过 3 个月。

4.1.3.1.2.2 ACES 缓冲液

将 10.0 g ACES 颗粒加入 500 mL 纯水中,于 $45\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 水浴溶解。另取 480 mL 纯水溶解 2.8 g 氢氧化钾,轻摇溶解,将两种溶液混匀。

4.1.3.1.2.3 最终调节

将溶解好的 980 mL ACES 缓冲液中加入活性炭、酵母浸膏和 α -酮戊二酸单钾盐。用 0.1 mol/L KOH 溶液或 0.1 mol/L H_2SO_4 溶液调节 pH 至 6.8 ± 0.2 。加入琼脂混合均匀后于 $121\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高压蒸汽灭菌 15 min。灭菌后用冷水浴冷却至 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右加入溶解好的 L-半胱氨酸盐酸盐溶液和焦磷酸铁溶液,混匀。

每皿倾注 20 mL 培养基于直径为 90 mm 的平皿中制备平板。在室温为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,培养基最终 pH 为 6.8 ± 0.2 。

让平皿上的多余水分干燥,在 $2\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下于密封容器中避光储存 1 个月。

4.1.3.2 BCYE-Cys 培养基

除不加 L-半胱氨酸盐酸盐外,制备方法同 BCYE 培养基。

4.1.3.3 GVPC 培养基

注:此培养基是在 BCYE 的基础上再加入三种抗生素及甘氨酸。

4.1.3.3.1 GVPC 添加剂成分

甘氨酸 0.3 g/L,硫酸多黏菌素 B 80 000 IU/L,万古霉素 0.001 g/L,放线菌酮 0.08 g/L。

警告:放线菌酮具有肝毒性,在对粉末状化学制品进行操作时佩戴手套和防尘口罩。

4.1.3.3.2 制法

4.1.3.3.2.1 抗生素添加剂的制备

取适量的硫酸多黏菌素 B(一般为 200 mg)溶解于 100 mL 水中,使其浓度为 14 545 IU/mL。混匀后进行膜过滤除菌。用无菌管进行分装,每管 5.5 mL,于 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim -15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存。使用时放至室温后再用。

取 20.0 mg 万古霉素盐酸盐溶解于 20 mL 水中,混匀后进行膜过滤除菌。用无菌管进行分装。每管 1 mL,于 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim -15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存。使用时放至室温后再用。

取 2.0 g 放线菌酮溶解于 100 mL 水中,混匀后进行膜过滤除菌。用无菌管进行分装,每管 4 mL,于 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim -15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存。使用时放至室温后再用。

以上抗生素添加剂冷冻保存最长时间为 6 个月。

4.1.3.3.2.2 GVPC 培养基的制备

按照 4.1.3.1.2 的制备方法进行配制,加入 α -酮戊二酸单钾盐后,再加入 3.0 g 甘氨酸后调节 pH 为

6.8±0.2。

在加入溶解后的 L-半胱氨酸盐酸盐溶液和焦磷酸铁溶液后,再加入三种抗生素添加剂混匀。

4.1.3.4 马尿酸盐生化反应管

4.1.3.4.1 成分

马尿酸钠 10.0 g,氯化钠 8.5 g,磷酸氢二钠 8.98 g,磷酸二氢钠 2.71 g,纯水 1 000 mL。

4.1.3.4.2 制法

称取 4.1.3.4.1 中成分溶于 1 000 mL 纯水中,过滤除菌。无菌分装,每管 0.4 mL,储存于-20 ℃。

4.1.3.5 硝酸盐生化反应管

4.1.3.5.1 甲液

称取 0.8 g 对氨基苯磺酸溶于 100 mL 乙酸溶液[$c(\text{CH}_3\text{COOH})=2.5 \text{ mol/L}$]中。

4.1.3.5.2 乙液

称取 0.5 g 甲萘酸溶于 100 mL 乙酸溶液[$c(\text{CH}_3\text{COOH})=2.5 \text{ mol/L}$]中。

4.1.3.6 尿素生化反应管

4.1.3.6.1 成分

蛋白胨 1.0 g,葡萄糖 1.0 g,氯化钠 5.0 g,磷酸氢二钾 2.0 g,酚红(0.4%)3 mL,琼脂 20.0 g,尿素溶液(20%)200 mL,纯水 1 000 mL。

4.1.3.6.2 制法

将除尿素和琼脂以外的成分配好,并校正 pH,加入琼脂,加热溶化并分装烧瓶,于 121 ℃±1 ℃ 高压灭菌 15 min。冷却至 50 ℃~55 ℃,加入经除菌过滤的尿素溶液。尿素的最终浓度应为 2%,最终 pH 应为 7.2±0.1。经过滤除菌分装于灭菌试管内放成斜面备用。

4.1.3.7 明胶生化反应管

4.1.3.7.1 成分

牛肉膏粉 3.0 g,明胶 120.0 g,纯水 1 000 mL。

4.1.3.7.2 制法

将牛肉膏粉 3.0 g、明胶 120.0 g 加入 1 000 mL 纯水,搅拌加热煮沸至完全溶解,分装试管,于 121 ℃ 高压灭菌 15 min,取出后迅速冷却,使其凝固,最终 pH 应为 6.9±0.1。

4.1.3.8 采样吸收液

称取 12.0 g 酵母浸膏加纯水至 1 000 mL,121 ℃ 下高压灭菌 15 min,分装于灭菌后的离心管中备用。

4.1.3.9 氧化酶试剂

称取 1.0 g 四甲基对苯二胺盐酸盐溶于 100 mL 纯水中,备用。

4.1.3.10 酸缓冲液

4.1.3.10.1 盐酸溶液 [$c(\text{HCl}) = 0.2 \text{ mol/L}$]

将 17.4 mL 浓盐酸加入 1 000 mL 纯水中。

4.1.3.10.2 氯化钾溶液 [$c(\text{KCl}) = 0.2 \text{ mol/L}$]

将 14.9 g 氯化钾溶解于 1 000 mL 纯水中。

4.1.3.10.3 酸缓冲液

取 3.9 mL 盐酸溶液 [$c(\text{HCl}) = 0.2 \text{ mol/L}$] 和 25 mL 氯化钾溶液 [$c(\text{KCl}) = 0.2 \text{ mol/L}$]，混匀后，用 1 mol/L 氢氧化钾调节并用精密 pH 试纸或者电位 pH 计测量最终 pH 2.2 ± 0.2 ，置于加塞的玻璃瓶中，该溶液在室温下避光放置不超过 1 个月。

4.1.3.11 硫代硫酸钠溶液 [$c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0.1 \text{ mol/L}$]

称取 16.0 g 无水硫代硫酸钠或 25.0 g 五水合硫代硫酸钠 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 和 0.2 g 无水碳酸钠，溶于 1 000 mL 纯水中，缓缓煮沸 10 min，冷却。

4.1.3.12 嗜肺军团菌诊断血清

可选用商品化嗜肺军团菌诊断血清。

4.1.4 采样

4.1.4.1 冷却水和冷凝水样品

采集冷却水和冷凝水样品按以下要求进行。

- 将采样广口瓶 (500 mL) 使用前灭菌。
- 每瓶中加入硫代硫酸钠溶液 [$c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0.1 \text{ mol/L}$] (4.1.3.11) 0.3 mL ~ 0.5 mL，中和样品中的氧化剂。
- 水样采集位置：冷却水采样点设置在距塔壁 20 cm、液面下 10 cm 处，冷凝水采样点设置在排水管或冷凝水盘处。
- 每个采样点依无菌操作取水样 500 mL。
- 采集的样品立即送实验室检验，不应冷冻，运输时应避光和防止受热，如当天不能进行检测，室温下避光贮存不应超过 15 d。

4.1.4.2 送风样品

采集送风样品按以下要求进行。

- 采样点：每套空调系统选择 3 个 ~ 5 个送风口进行检测，每个送风口设置 1 个检测点，一般设在送风口下方 15 cm ~ 20 cm、水平方向向外 50 cm ~ 100 cm 处。
- 将采样吸收液 (4.1.3.8) 20 mL 倒入微生物气溶胶采样器中，然后用无菌吸管加入矿物油 1 滴 ~ 2 滴。
- 每个测点采集气溶胶样品的空气体积为 2 m^3 。
- 重复使用同一微生物气溶胶采样器采集不同集中空调系统样品时，避免交叉污染。
- 采集的样品不应冷冻，但应避光和防止受热，4 h 内送实验室检验。

4.1.5 检验步骤

4.1.5.1 冷却水和冷凝水样品

冷却水和冷凝水样品检测步骤按以下操作进行。

- a) 样品的沉淀或离心:如有杂质可静置沉淀或 1 000 r/min 离心 1 min 去除。
- b) 样品的过滤:将经沉淀或离心的样品通过滤膜孔径为 0.45 μm 的滤膜过滤器进行过滤,无菌操作取下滤膜剪碎置于 15 mL 灭菌水中,在涡旋振荡器充分振荡洗脱,备用。
- c) 样品洗脱液的热处理:取 1 mL 洗脱液,置于 50 $^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 恒温水浴箱中加热 30 min。
- d) 样品洗脱液的酸处理:取 1 mL 洗脱液,加入 1 mL 酸缓冲液(4.1.3.10),轻轻摇匀,室温放置 5 min。
- e) 样品洗脱液的接种:取洗脱液、热处理洗脱液及酸处理洗脱液各 0.2 mL,分别接种 GVPC 琼脂平板各一个,用无菌 L 型涂布棒均匀涂布。琼脂平板静置于生物安全柜或洁净工作台气流中,待表面水分完全吸收后,再盖上平皿盖。
- f) 培养:将接种平板倒置在温度为 36 $^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, CO_2 浓度(体积分数)为 5% 培养箱中,培养 10 d。无 CO_2 培养箱可采用烛缸培养法。培养期间注意保湿(在培养箱里放置一盆水或湿纸巾)。
- g) 菌落观察:嗜肺军团菌生长缓慢,易被其他杂菌掩盖,从孵育开始 2 d 后每天观察,在 GVPC 琼脂平板上 2 d 内出现的菌落均不是嗜肺军团菌,可进行标记,以免日后混淆。嗜肺军团菌的菌落颜色多样,通常呈白色、灰色、蓝色或紫色,也能显深褐色、灰绿色、深红色;菌落整齐,表面光滑,呈典型毛玻璃状,在紫外灯下,部分菌落有荧光。为了避免嗜肺军团菌的死亡,不应将平板长时间暴露在紫外灯下,宜在 10 s 内完成。如出现 GVPC 平板上菌落数大于 300 CFU 时,宜将洗脱液稀释 10 倍后重复 f) 的操作。
- h) 菌落初筛:从 GVPC 培养基上选择 3 d~10 d 内生长的可疑菌落分别划线接种于 BCYE 和 BCYE-Cys 两种平板上,倒置于 CO_2 浓度(体积分数)为 5% 的 CO_2 培养箱中,36 $^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 培养 2 d。对在 BCYE 上生长而在 BCYE-Cys 平板上不生长的疑似菌落进行鉴定。
注:嗜肺军团菌的鉴定:进行生化培养与血清学实验确定嗜肺军团菌血清型。生化培养:氧化酶(-/弱+),硝酸盐还原(-),尿素酶(-),明胶液化(+),水解马尿酸(+),参考 GB/T 18204.3 中嗜肺军团菌的生化实验鉴定方法。
- i) 血清型鉴定:先挑取经生化实验判定为嗜肺军团菌的菌株用多价血清做玻片凝集试验,同时用生理盐水做对照,在生理盐水中自凝者为粗糙型菌株,不能分型。如阳性反应,再与相应的单价血清做玻片凝集试验,作出判断。

4.1.5.2 送风样品

送风样品检测步骤按以下操作进行。

- a) 吸收液的热处理:取 1 mL 吸收液,置 50 $^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 恒温水浴箱中加热 30 min。
- b) 吸收液的酸处理:取 1 mL 吸收液,加入 1 mL 酸缓冲液(4.1.3.10),轻轻摇匀,室温放置 5 min。
- c) 吸收液的接种:取吸收液、热处理吸收液及酸处理吸收液各 0.2 mL,分别接种 GVPC 琼脂平板各一个,用无菌 L 型涂布棒均匀涂布。琼脂平板静置于生物安全柜气流中,待表面水分完全吸收后,再盖上平皿盖。其余检测步骤同 4.1.5.1 f)~i)。

4.1.6 嗜肺军团菌的计数

4.1.6.1 冷却水和冷凝水样品

冷却水和冷凝水样品中嗜肺军团菌的计数以每毫升的菌落数 C 计,单位为菌落形成单位每毫升

(CFU/mL),按公式(1)计算:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^k a_i \cdot \frac{n_i}{N_i} \cdot V_c}{V \cdot V_{\text{tot}}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- C ——嗜肺军团菌浓度,单位为菌落形成单位每毫升(CFU/mL);
- a_i ——GVPC平板上某一血清型疑似嗜肺军团菌的菌落数,单位为菌落形成单位(CFU);
- n_i ——该血清型确认的嗜肺军团菌菌落数,单位为菌落形成单位(CFU);
- N_i ——平板上挑取的该血清型疑似嗜肺军团菌菌落数,单位为菌落形成单位(CFU);
- V_c ——洗脱液的体积的数值,单位为毫升(mL);
- V ——接种原液的体积的数值,单位为毫升(mL);
- V_{tot} ——过滤水样的体积的数值,单位为毫升(mL);
- k ——疑似嗜肺军团菌的血清型数($i=1,2,3,\dots,k$)。

4.1.6.2 送风样品

送风样品中嗜肺军团菌的计数以每立方米样品中的菌落数 C 计,单位为菌落形成单位每立方米(CFU/m³),按公式(2)计算:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^k a_i \cdot \frac{n_i}{N_i} \cdot v}{v_a \cdot V} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- C ——嗜肺军团菌浓度,单位为菌落形成单位每立方米(CFU/m³);
- a_i ——GVPC平板上某一血清型疑似嗜肺军团菌的菌落数,单位为菌落形成单位(CFU);
- n_i ——该血清型确认的嗜肺军团菌菌落数,单位为菌落形成单位(CFU);
- N_i ——平板上挑取的该血清型疑似嗜肺军团菌菌落数,单位为菌落形成单位(CFU);
- v ——采样结束后剩余的采样液体积的数值,单位为毫升(mL);
- v_a ——接种的吸收液的体积的数值,单位为毫升(mL);
- V ——采集的空气体积,单位为立方米(m³);
- k ——疑似嗜肺军团菌的血清型数($i=1,2,3,\dots,k$)。

4.1.6.3 结果计算

分别对未经处理、热处理和酸处理样品接种后培养出的嗜肺军团菌的数量按照公式(1)或公式(2)进行计算,取结果的最大值作为该样品中嗜肺军团菌的最大可能数。

4.1.7 结果报告

经检测,冷却水、冷凝水或空气样品中未见嗜肺军团菌可疑菌落生长时,在检测报告中注明“未检出嗜肺军团菌”,并注明检测水样或空气样品体积。

经检测并确认存在嗜肺军团菌时,在检测报告中注明“检出嗜肺军团菌”,如果是定量试验需给出嗜肺军团菌的数量(CFU/mL或CFU/m³)。

4.1.8 质量控制

4.1.8.1 培养基和试剂应符合 GB 4789.28 的质量要求。对于购买的成品培养基,应注意培养基有效期。

4.1.8.2 应设置阳性对照(嗜肺军团菌标准菌株 ATCC 33152 或其他等效标准菌株)。

4.1.8.3 现场采样人员采样时戴一次性使用医用口罩和一次性乳胶手套。实验人员个体防护和检测废弃物的处理应按照 GB 19489 执行。因嗜肺军团菌是致病菌,实验操作人员应有二级生物安全防护实验室工作的实践经验,实验人员在处理或检测可疑致病菌时应采取适当的防护措施,减少职业暴露,并保证符合国家有关法规规定的要求。

4.2 荧光聚合酶链反应(PCR)快速检测法

4.2.1 原理

针对嗜肺军团菌 *mip* 基因高度保守区域设计特异性引物和探针,在反应体系中含嗜肺军团菌基因组模板的情况下,PCR 反应得以进行并释放荧光信号。利用仪器对 PCR 过程中相应通道的信号强度进行实时监测和输出,实现检测结果的定性分析。适用于环境样品中嗜肺军团菌的初筛和可疑的嗜肺军团菌菌落的快速鉴定。

4.2.2 仪器设备

本方法中使用的仪器设备如下:

- 荧光 PCR 仪;
- 离心机:12 000 r/min;
- 移液器:10 μL ~100 μL 。

4.2.3 引物和探针

上游引物:5'-GAAAATAAAGTAAAAGGGGAAGCC-3'。

下游引物:5'-ATCAATCAGACGACCAGTGTATTC-3'。

探针:5'-FAM-AGGCGTTGTTGTATTGCCAAGTGGTT-TAMRA-3'。

4.2.4 检验步骤

4.2.4.1 核酸提取

4.2.4.1.1 冷却水、冷凝水或送风样品

冷却水和冷凝水样品采集方法见 4.1.4.1;送风样品采集方法见 4.1.4.2。

吸取 4.1.5.1 b) 洗脱液或吸收液 1 mL 加入 1.5 mL 无菌离心管,12 000 r/min 离心 5 min 后弃上清液,保留沉淀,加入 DNA 提取液 50 μL 将沉淀悬浮后,100 $^{\circ}\text{C}$ 水浴煮沸 5 min,12 000 r/min 离心 2 min,取上清液转移至新的离心管中进行 PCR 检测。

4.2.4.1.2 可疑菌落

用接种环挑取单个可疑菌落于 DNA 提取液 50 μL 中振荡混匀,100 $^{\circ}\text{C}$ 水浴煮沸 5 min,12 000 r/min 离心 2 min,取上清液转移至新的离心管中进行 PCR 检测。

4.2.4.2 荧光定量 PCR 反应体系制备

荧光 PCR 扩增体系(25 μL):其中 PCR 反应体系 10 μL ,上、下游引物(10 $\mu\text{mol/L}$)各 1.25 μL ,探针(10 $\mu\text{mol/L}$)0.625 μL ,模板 5 μL ,无核酸酶的去离子水补足体积至 25 μL 。

4.2.4.3 扩增

扩增条件:50 $^{\circ}\text{C}$ 尿嘧啶-N-糖基化酶(UNG 酶)处理 2 min,95 $^{\circ}\text{C}$ 预变性 3 min;然后 95 $^{\circ}\text{C}$ 变性

5 s, 55 °C退火延伸 60 s,检测荧光信号,进行 40 个循环。

4.2.5 结果判定

阳性:样本检测结果 Ct 值 \leq 36,有明显指数增长。

可疑:样本检测结果 Ct 值在 36~39。此时应对样本进行重复检测,如重复实验结果 Ct 值仍在 36~39,有明显指数增长,则判定为阳性,否则为阴性。

阴性:样本检测结果 Ct 值 $>$ 39 或无 Ct 值。

如果使用商品化 PCR 试剂盒,应按照试剂盒说明书进行操作和结果判定。

4.2.6 结果报告

当冷却水、冷凝水或送风样品嗜肺军团菌经 PCR 检测方法初筛阳性时,应按培养法进行培养鉴定并以培养法结果作为最终判定结果。培养法挑取的可疑菌落经 PCR 检测为阳性,则可直接判定该样品嗜肺军团菌阳性。

4.2.7 质量控制

4.2.7.1 试剂盒有效性判定

阳性对照:Ct 值 \leq 36,有明显指数增长。

阴性对照:Ct 值 $>$ 39 或无 Ct 值,线形为直线或轻微斜线,无明显指数增长期和平台期。

4.2.7.2 其他质控要求

见 4.1.8。

5 细菌总数

5.1 原理

采用撞击式微生物采样器、刮拭法或者擦拭法,使集中空调通风系统送风或积尘中的微生物采集到营养琼脂培养基上,经 36 °C \pm 1 °C、48 h 培养后得到细菌菌落数的测定方法。

5.2 仪器设备

本方法中使用的仪器设备如下:

- 六级筛孔撞击式微生物采样器;
- 高压蒸汽灭菌器;
- 恒温培养箱;
- 平皿:直径 90 mm;
- 电子天平(精度 0.000 1 g);
- 灭菌采样规格板:50 cm² 或 100 cm²,面积误差小于 5%;
- 精密 pH 试纸或电位 pH 计(0~14.00);
- 定量采样机器人或采样规格板:采样机器人采样面积为 50 cm² 或 100 cm²,采样精度为与标准方法的相对误差小于 20%,采样规格板面积为 25 cm²;
- 涡旋混合仪。

5.3 营养琼脂培养基

5.3.1 成分

蛋白胨 10.0 g,氯化钠 5.0 g,牛肉浸膏 3.0 g,琼脂 20.0 g,纯水 1 000 mL。
或采用符合 GB 4789.28 要求的成品培养基。

5.3.2 制法

将蛋白胨、氯化钠、牛肉浸膏加热溶于纯水中,调节 pH 为 7.4 ± 0.2 ,加入琼脂,121 °C,15 min 灭菌后,待冷却至 50 °C 左右,以无菌操作每皿倾注 15 mL 培养基于直径为 90 mm 的平皿中备用。

5.4 采样

5.4.1 送风样品

采集送风样品按以下要求进行。

- a) 采样点:每套空调系统对送风口进行编号,随机选择 3 个~5 个送风口进行检测,每个风口设置 1 个测点,一般设在送风口下方 15 cm~20 cm、水平方向向外 50 cm~100 cm 处。
- b) 采样环境条件:采样时集中空调通风系统应正常运转且关闭门窗 15 min~30 min 以上,尽量减少人员活动幅度与频率,记录室内人员数量、温湿度与天气状况等。
- c) 采样方法:以无菌操作,使用六级筛孔撞击式微生物采样器以 28.3 L/min 流量采集 5 min。

5.4.2 风管内表面积尘样品

采集风管内表面积尘样品按以下要求进行。

- a) 采样点数量:每套空调系统至少选择 6 个采样点。
- b) 采样点布置:在每套空调系统的风管中选择 2 个代表性采样断面(送风管、回风管和新风管),每个断面在风管内部的上表面、底面和侧面各设置 1 个采样点;如确实无法在风管中采样,可抽取该套系统全部送风口的 3%~5%,且不少于 3 个作为采样点。
- c) 风管开孔:在风管采样时将维修孔、清洁孔挡板打开或现场开孔,在送风口采样时将风口格栅拆下。
- d) 采样:用定量机器人或人工方法采集灭菌采样规格板内全部积尘,表面积尘较多时用刮拭法采样,积尘较少不适宜刮拭法时用擦拭法采样,并将积尘样品完好带出风管。整个采样过程应无菌操作。

5.5 检验步骤

5.5.1 送风样品

将采样后的营养琼脂平皿倒置于 $36 \text{ °C} \pm 1 \text{ °C}$ 培养箱中培养 $48 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$,观察计数结果。

5.5.2 风管内表面积尘样品

风管内表面积尘样品检测步骤按以下操作进行。

- a) 无菌操作,称取刮拭法或擦拭法采集的积尘样品 1.000 g,加入 10 mL 吐温-80(Tween-80, $\psi = 0.01\%$)水溶液。
- b) 在涡旋混合仪上充分振荡,此液为 1:10 的稀释液。
- c) 用 1 mL 无菌吸管或微量移液器吸取 1:10 稀释液 1 mL,沿管壁缓慢注于盛有 9 mL Tween-

80 水溶液的无菌试管中(注意吸管或吸头尖端不要触及稀释液面),振摇试管或换用 1 支无菌吸管反复吹打使其混合均匀,制成 1:100 的稀释液。重复此步骤,制备 10 倍系列稀释液。每递增稀释一次,换用 1 次 1 mL 无菌吸管或吸头。

- d) 在梯度稀释的同时,选择适宜稀释度,每个稀释度取 1 mL,分别接种两个无菌平皿。同时分别取 1 mL Tween-80 水溶液加入两个无菌平皿作空白对照。
- e) 及时将 15 mL~20 mL 冷却至 46 °C 的营养琼脂培养基(可放置于 46 °C ± 1 °C 恒温水浴箱中保温)倾注平皿,并转动平皿使其混合均匀,水平放置待其凝固。
- f) 将凝固后的营养琼脂平皿倒置,36 °C ± 1 °C 培养 48 h ± 2 h,观察计数结果。

5.6 结果计算

空调送风中细菌总数按公式(3)计算。计算得出的细菌总数的值应四舍五入到整数。

$$C = \frac{\sum_{i=1}^6 N_i \times 1\,000}{v \times t} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

C ——细菌总数,单位为菌落形成单位每立方米(CFU/m³);

N_i ——每级平板菌落数,单位为菌落形成单位(CFU);

v ——采样流量,单位为升每分(L/min);

t ——采样时间,单位为分(min)。

5.7 结果报告

5.7.1 送风中细菌总数检测结果

5.7.1.1 若所有培养基上为蔓延菌落而无法计数,则报告菌落蔓延。

5.7.1.2 合计培养计数结果,并按采样体积换算。菌落数小于 100 CFU 时,以整数报告,菌落数大于 100 CFU 时,可用保留 2 位有效数字的 10 的指数形式来表示。若所有培养基均无菌落形成,则以“未检出”报告。送风中细菌总数用 CFU/m³(菌落形成单位每立方米)为单位报告。

5.7.1.3 空调系统送风中细菌总数检测结果:一个空调系统送风中细菌总数的检测结果按该系统全部检测的送风口送风中细菌总数测定值中的最大值给出。

5.7.2 风管内表面积尘细菌总数检测结果

5.7.2.1 每个稀释度的菌落数应采用两个平行无菌平皿的平均值,再将平均值乘以相应稀释倍数,作为细菌总数检测结果。若所有稀释度培养基均无菌落形成,则以小于 1 乘以最低稀释倍数报告。风管内表面积尘细菌总数用 CFU/cm²(菌落形成单位每平方米)为单位报告。

5.7.2.2 风管内表面积尘细菌总数测定结果:一个空调系统风管内表面积尘细菌总数的测定结果按该系统全部检测的风管内表面积尘细菌总数测定值中的最大值给出。

5.8 质量控制

5.8.1 每批培养基配制后需做无菌检查,可每批选定 3 个培养基培养观察,结果应无菌落生长。

5.8.2 采样器需定期在负载条件下用检定合格的流量计进行校准,相对偏差不应超过 5%;在采样前应对采样系统的气密性进行检查,不应漏气;采样前需用 75%酒精棉擦拭采样头,待酒精挥发后采样。

5.8.3 在采样开始前,确保所用试剂和材料为无菌状态,操作过程和样品运输中应无菌操作,避免人为污染。

5.8.4 为避免运输和保存过程中的污染,应同时进行现场空白对照试验,每次或每个区域取一个对照培养基,与采样培养基同法操作但不需暴露采样,然后与采样后的培养基一起放入培养箱培养,结果应无菌落生长。如空白对照有菌生长,则本批次样品作废,需重新采样检测。

5.8.5 实验人员个体防护和检测废弃物的处理应依据 GB 19489 进行。

6 真菌总数

6.1 原理

采用撞击式微生物采样器、刮拭法或者擦拭法,使集中空调通风系统送风或积尘中的微生物采集到沙氏琼脂培养基平板上,经 28 °C ± 1 °C、3 d~5 d 培养后得到真菌菌落数的测定方法。

6.2 仪器设备

见 5.2。

6.3 沙氏琼脂培养基

6.3.1 成分

蛋白胨 10.0 g,葡萄糖 40.0 g,琼脂 20.0 g,纯水 1 000 mL。

6.3.2 制法

将蛋白胨和葡萄糖加热溶于纯水中,调节 pH 为 5.6 ± 0.2,加入琼脂,115 °C,15 min 灭菌后,待冷却至 50 °C 左右,以无菌操作每皿倾注 15 mL 培养基于直径为 90 mm 的平皿中备用。

6.4 采样

见 5.4。

6.5 检验步骤

6.5.1 送风样品

将采集真菌后的沙氏琼脂平皿倒置于 28 °C ± 1 °C 培养箱中培养 5 d,逐日观察并于第 5 天记录结果。若真菌数量过多可于第 3 天计数结果,并记录培养时间。

6.5.2 风管内表面积尘样品

6.5.2.1 刮拭法或擦拭法采集的样品:同 5.5.2 a)~d)。

6.5.2.2 将接种后的沙氏琼脂平皿倒扣放置温度为 28 °C ± 1 °C 培养箱中培养 5 d,逐日观察并于第 5 天记录结果。若真菌数量过多可于第 3 天计数结果,并记录培养时间。

6.6 结果计算

空调送风中真菌总数按公式(4)计算。计算得出的真菌总数的值应四舍五入到整数。

$$C = \frac{\sum_{i=1}^6 N_i \times 1\,000}{v \times t} \dots\dots\dots(4)$$

式中:

C ——真菌总数,单位为菌落形成单位每立方米(CFU/m³);

N_i ——每级平板菌落数,单位为菌落形成单位(CFU);

- v ——采样流量,单位为升每分(L/min);
 t ——采样时间,单位为分(min)。

6.7 结果报告

6.7.1 送风中真菌总数测定结果

6.7.1.1 若所有培养基上为蔓延菌落而无法计数,则报告菌落蔓延。

6.7.1.2 合计培养计数结果,并按采样体积换算。菌落数小于 100 CFU 时,以整数报告,菌落数大于 100 CFU 时,可用保留 2 位有效数字的 10 的指数形式来表示。若所有培养基均无菌落形成,则以“未检出”报告。送风中真菌总数用 CFU/m³(菌落形成单位每立方米)为单位报告。

6.7.1.3 空调系统送风中真菌总数测定结果:一个空调系统送风中真菌总数的测定结果按该系统全部检测的送风口送风中真菌总数测定值中的最大值给出。

6.7.2 风管内表面积尘真菌总数测定结果

6.7.2.1 每个稀释度的菌落数应采用两个平行无菌平皿的平均值,再将平均值乘以相应稀释倍数,作为真菌总数测定结果。若所有稀释度培养基均无菌落形成,则以小于 1 乘以最低稀释倍数报告。风管内表面积尘真菌总数用 CFU/cm²(菌落形成单位每平方厘米)为单位报告。

6.7.2.2 风管内表面积尘真菌总数测定结果:一个空调系统风管内表面积尘真菌总数的测定结果按该系统全部检测的风管内表面积尘真菌总数测定值中的最大值给出。

6.8 质量控制

同 5.8。

7 空调送风中 β -溶血性链球菌

7.1 原理

采用撞击式微生物采样器,使空气通过狭缝或小孔产生高速气流,从而将悬浮在空气中的微生物采集到血琼脂平板上,经 36 °C ± 1 °C、18 h ~ 24 h 培养后计数和生化鉴定,得到 β -溶血性链球菌菌落数的测定方法。

7.2 仪器设备

见 5.2。

7.3 培养基和试剂

7.3.1 血琼脂平板

7.3.1.1 成分

蛋白胨 10.0 g,氯化钠 5.0 g,琼脂 20.0 g,脱纤维羊血 50 mL ~ 100 mL,纯水 1 000 mL。

7.3.1.2 制法

脱纤维羊血:在无菌操作条件下,将羊血加入盛有灭菌玻璃珠的容器中,振摇 10 min 左右,静置后除去附有血纤维的玻璃珠即可。

将蛋白胨、氯化钠、琼脂加热溶化于纯水中,校正 pH 为 7.5 ± 0.1,121 °C,15 min 灭菌。待冷却至

45 ℃左右,以无菌操作加入无菌脱纤维羊血,摇匀后每皿倾注 15 mL 培养基于平皿中,制成血琼脂平板备用。

7.3.2 革兰氏染色液

7.3.2.1 结晶紫染色液

7.3.2.1.1 成分

结晶紫 1.0 g,95%(体积分数)乙醇 20 mL,1%草酸铵水溶液 80 mL。

7.3.2.1.2 制法

将结晶紫完全溶解于乙醇中,然后与草酸铵溶液混合。

7.3.2.2 革兰氏碘液

7.3.2.2.1 成分

碘 1.0 g,碘化钾 2.0 g,纯水 300 mL。

7.3.2.2.2 制法

将碘与碘化钾先进行混合,加入纯水少许充分振摇,待完全溶解后,再加纯水至 300 mL。

7.3.2.3 沙黄复染液

7.3.2.3.1 成分

沙黄 0.25 g,95%(体积分数)乙醇 10 mL,纯水 90 mL。

7.3.2.3.2 制法

将沙黄溶解于乙醇中,然后用纯水稀释。

7.3.2.4 染色方法

将涂片在酒精灯火焰上固定,滴加结晶紫染色液,染 1 min,水洗,滴加革兰氏碘液,作用 1 min,水洗,滴加 95%(体积分数)乙醇脱色,约 15 s~30 s,直至染色液被洗掉,不要过分脱色,水洗,滴加复染液,复染 1 min,水洗后进行干燥,镜检。

7.3.3 3%过氧化氢(H₂O₂)溶液

吸取 100 mL 30%过氧化氢溶液,溶于 900 mL 纯水中,混匀,分装备用。

7.4 采样

见 5.4.1。

7.5 检验步骤

空调送风中 β-溶血性链球菌检测步骤按以下操作进行。

- a) 培养方法:采样后的培养基倒置,在 36 ℃±1 ℃恒温培养箱中培养 18 h~24 h。
- b) 菌落形态:培养后,在培养基上形成灰白色、表面突起、直径 0.5 mm~0.7 mm 的细小菌落,菌落透明或半透明,表面光滑有乳光;菌落周围有明显的 2 mm~4 mm 界限分明、完全透明无色

溶血环。

- c) 革兰氏染色镜检:挑取可疑菌落染色镜检。 β -溶血性链球菌为革兰氏阳性无芽孢球菌,圆形或卵圆形,呈链状排列。
- d) 触酶试验:挑取可疑菌落于洁净的载玻片上,滴加适量的3%过氧化氢溶液,立即产生气泡者为阳性, β -溶血性链球菌为阴性。
- e) 其他检验:使用生化鉴定试剂盒或生化鉴定卡对可疑菌落进行鉴定。

7.6 结果计算

空调送风中 β -溶血性链球菌浓度按公式(5)计算。计算得出的 β -溶血性链球菌的值应四舍五入到整数。

$$C = \frac{\sum_{i=1}^6 N_i \times 1\,000}{v \times t} \dots\dots\dots(5)$$

式中:

C —— β -溶血性链球菌浓度,单位为菌落形成单位每立方米(CFU/m³);

N_i ——每级培养基上经生化鉴定为 β -溶血性链球菌阳性的菌落数,单位为菌落形成单位(CFU);

v ——采样流量,单位为升每分(L/min);

t ——采样时间,单位为分(min)。

7.7 结果报告

合计培养计数结果,并按采样体积换算。菌落数小于100 CFU时,以整数报告,菌落数大于100 CFU时,可用保留2位有效数字的10的指数形式来表示。若所有培养基均无菌落形成,则以“未检出”报告。送风中 β -溶血性链球菌数用CFU/m³(菌落形成单位每立方米)为单位报告。

空调系统送风中 β -溶血性链球菌测定结果:一个空调系统送风中 β -溶血性链球菌的测定结果按该系统全部检测的送风中 β -溶血性链球菌测定值中的最大值给出。

7.8 质量控制

试验应设置阳性对照(β -溶血性链球菌 ATCC 21059)和阴性对照(金黄色葡萄球菌 ATCC 25923)。其他质量控制见5.8。

8 新风量

集中空调通风系统新风量的测定采用GB/T 18204.1中的风管法。

9 空调送风中可吸入颗粒物 PM₁₀

9.1 原理

当光照射在空气中悬浮的颗粒物上时,产生散射光。在颗粒物性质一定的条件下,颗粒物的散射光强度与其质量浓度成正比。通过测量散射光强度,应用质量浓度转换系数K值,求得颗粒物质量浓度。

9.2 仪器设备

9.2.1 光散射式粉尘仪

颗粒物捕集特性 $D_{a50} = 10 \mu\text{m} \pm 0.5 \mu\text{m}, \sigma_g = 1.5 \mu\text{m} \pm 0.1 \mu\text{m}$ 。

注 1: D_{50} 为捕集效率为 50% 时所对应的颗粒物空气动力学直径; σ_g 为捕集效率的几何标准差。

测量灵敏度: 对于校正粒子, 仪器计数 1 CPM = 0.001 mg/m³。

注 2: 校正粒子为平均粒径 0.6 μm, 几何标准偏差 $\sigma \leq 1.25$ 的聚苯乙烯粒子。

注 3: CPM 为每分脉冲计数值, 相对浓度的一种表示方法。

测量相对误差: 对于校正粒子, 测量相对误差小于 ±10%。

测量范围: 0.001 mg/m³ ~ 10 mg/m³。

仪器应内设出厂前已标定的具有光学稳定性的自校装置。

9.2.2 直接读数光散射式粉尘仪

使用可吸入颗粒物 PM₁₀ 质量浓度测量范围 ≥ 0.001 mg/m³, 原理符合 9.1 的要求, 已内置转换系数, 可直接读数的光散射式粉尘仪进行测量。

9.3 测定步骤

9.3.1 测点数量与位置

测点数量与位置按以下要求进行:

- 每套空调系统选择 3 个 ~ 5 个送风口进行检测。送风口面积小于 0.1 m² 的设置 1 个检测点, 送风口面积在 0.1 m² 以上的设置 3 个检测点;
- 风口设置 1 个测点的在送风口中心布置, 设置 3 个测点的在送风口对角线四等分的 3 个等分点上布点;
- 检测点一般设在送风口下方 15 cm ~ 20 cm、水平方向向外 50 cm ~ 100 cm 处。

9.3.2 检测时间与频次



检测时间与频次要求如下:

- 应在集中空调通风系统正常运转条件下进行检测;
- 每个测点检测 3 次。

9.3.3 仪器操作

仪器操作的具体要求如下:

- 对粉尘仪光学系统进行自校准;
- 根据送风中 PM₁₀ 浓度、仪器灵敏度、仪器测定范围确定仪器测定时间;
- 按使用说明书操作仪器。

9.4 结果计算

9.4.1 数据转换

对于非质量浓度的计数值, 按公式(6)转换为 PM₁₀ 质量浓度。

$$\rho = R \cdot K \dots\dots\dots(6)$$

式中:

- ρ ——可吸入颗粒物 PM₁₀ 的质量浓度, 单位为毫克每立方米(mg/m³);
- R ——仪器计数值, 单位为计数每分(CPM);
- K ——质量浓度转换系数, 以 mg/(m³ · CPM) 表示。

注: 质量浓度转换系数 K 的确定见 GB/T 18204.2—2025 附录 B。

9.4.2 送风中 PM₁₀ 浓度计算

第 k 个送风口 PM₁₀ 的质量浓度 (ρ_k) 按公式(7)计算。

$$\rho_k = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \rho_{ij} \right) \dots\dots\dots (7)$$

式中:

ρ_{ij} —— 第 j 个测点、第 i 次检测值;

n —— 测点个数。

9.4.3 送风中 PM₁₀ 浓度测定结果

一套集中空调通风系统送风中 PM₁₀ 的测定结果 (ρ_a) 按该系统全部检测的送风口 PM₁₀ 质量浓度 (ρ_k) 的算术平均值给出。

10 空调风管内表面积尘量

10.1 原理

采集风管内表面规定面积的全部积尘,以称重方法得出风管内表面单位面积的积尘量,表示空调风管的污染程度。

10.2 仪器设备

本方法中使用的仪器设备如下:

- 定量采样机器人或采样规格板:采样机器人采样面积为 50 cm² 或 100 cm²,采样精度为与标准方法的相对误差小于 20%,采样规格板面积为 25 cm²;手工擦拭采样规格板面积为 50 cm² 或 100 cm²,面积误差小于 5%;
- 采样材料:无纺布或其他不易失重的材料;
- 分析天平(精度 0.000 1 g);
- 恒温箱;
- 干燥器。

10.3 采样

采集样品按以下要求进行。

- a) 采样点数量:机器人采样每套空调系统至少选择 3 个采样点,手工擦拭采样每套空调系统至少选择 6 个采样点。
- b) 采样点布置:机器人采样在每套空调系统的风管(如送风管、回风管和新风管)中选择 3 个代表性采样断面,每个断面设置 1 个采样点。手工擦拭采样在每套空调系统的风管中选择 2 个代表性采样断面(送风管、回风管和新风管),每个断面在风管的上表面、底面和侧面各设置 1 个采样点;如确实无法在风管中采样,可抽取该套系统全部送风口的 3%~5%且不少于 3 个作为采样点。
- c) 风管开孔:在风管采样时将维修孔、清洁孔挡板打开或现场开孔,在送风口采样时将风口格栅拆下。
- d) 采样:使用定量采样机器人或手工法在确定的位置采集采样规格板内全部积尘,表面积尘较多时用刮拭法采样,积尘较少不适宜刮拭法时用擦拭法采样,并将积尘样品完好带出风管。

10.4 检验步骤

检验步骤按如下操作进行。

- a) 将采样材料放在 105 °C 恒温箱内,干燥 2 h 后放入干燥器内冷却 4 h,或直接放入干燥器中存放 24 h 后,放入密封袋用天平称量出初质量。
- b) 将采样后的积尘样品进行编号,并放回原密封袋中保管,送实验室。
- c) 将样品按 a) 处理、称量,得出终质量。
- d) 各采样点的积尘样品终质量与初质量之差为各采样点的积尘质量。

10.5 结果计算

10.5.1 采样点积尘量

根据每个采样点积尘质量和采样面积换算成每平方米风管内表面的积尘量。

10.5.2 风管内表面积尘量

取各个采样点积尘量的平均值为风管内表面积尘量的测定结果,以 g/m^2 (克每平方米) 表示。

11 空调系统空气净化消毒装置

11.1 臭氧

空气净化消毒装置释放的臭氧浓度的测定按 GB/T 34012 或 GB/T 18204.2 执行。

11.2 紫外线

空气净化消毒装置紫外线泄漏量的测定按 GB/T 34012 执行。

11.3 总挥发性有机物(TVOC)

空气净化消毒装置释放的 TVOC 浓度的测定宜在空气动力学实验室中按 GB/T 18883 执行。

11.4 装置阻力(静压法)

11.4.1 原理

空气净化消毒装置在空气动力学实验风洞(实验室模拟空调系统正常运行状况)或在实际安装的现场条件下,分别测定装置入口处空气的静压(P_{s1})和出口处空气的静压(P_{s0}),通过计算得出装置阻力。

11.4.2 仪器设备

本方法中使用的仪器设备如下:

- 标准皮托管:系数 0.99 ± 0.01 ;
- 倾斜式微压计或数字式微压计:最小读数 $\leq 1 \text{ Pa}$ 。

11.4.3 测定步骤

测定步骤按如下操作进行。

- a) 仪器连接:将皮托管的静压出口与微压计负压端连接,微压计正压端与大气连通。
- b) 测定条件:实验室测定时,根据净化消毒装置的不同功能(风口净化、风管净化、机组净化),将空气动力学实验风洞的风量分别调整为装置断面通过风速为高、中、低三种条件;在现场测定

时,空调系统正常运行条件。

- c) 静压的测定:将皮托管插入风管内,皮托管的全压测孔朝向气流方向,读出静压值。

11.4.4 结果计算

将装置前后静压测定值代入公式(8)可得出装置在不同风速条件下的阻力(ΔP)。

$$\Delta P = P_{si} - P_{s0} - \sum \Delta h \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

P_{si} ——装置前测定断面空气平均静压,单位为帕(Pa);

P_{s0} ——装置后测定断面空气平均静压,单位为帕(Pa);

$\sum \Delta h$ ——装置前测定断面到装置入口及装置出口到后测定断面的管道阻力之和,单位为帕(Pa)。

11.5 颗粒物净化效率

11.5.1 原理

使用光散射式粉尘仪分别测定空气净化消毒装置上下游检测断面空气中颗粒物浓度,通过计算得出装置的颗粒物一次净化效率。

11.5.2 仪器设备

本方法中使用的仪器设备如下:

——空气动力学实验风洞:风速范围 1 m/s~8 m/s;风速稳定性 $\pm 10\%$ 设定值;

——标准粒子发生器:颗粒物粒径范围 0.5 μm ~8 μm ,粒径几何标准差 ≤ 1.1 μm ,颗粒物浓度范围 0.5 mg/m³~1.5 mg/m³,浓度稳定性 $\pm 10\%$;

——光散射式粉尘仪(见 9.2.1)。

11.5.3 测定步骤

测定步骤按如下要求进行。

- 风速条件:实验室测定时,按 11.4.3 中 b) 测定条件的要求调整空气动力学实验风洞的风量。
- 粒子条件:实验室测定时,利用标准粒子发生器在 0.5 μm ~8 μm 范围内发生 5 种代表性粒径的单分散相标准粒子,发生粒子的浓度在 3 倍~10 倍标准值范围内。
- 检测点:在空气净化消毒装置上下游的实验风洞检测断面中心各设置一个检测点。
- 检测时保证颗粒物等动力采样条件。
- 使用两台光散射粉尘仪测定浓度时,两台仪器的型号和性能应相同。
- 仪器稳定后读数,每个点测定 3 次。
- 按使用说明书操作光散射粉尘仪。

11.5.4 结果计算

11.5.4.1 现场评价

检测断面平均浓度,按公式(9)分别计算空气净化消毒装置上下游检测断面 PM₁₀ 质量浓度 ρ_1 和 ρ_2 。

$$\rho_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \left(\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \rho_{kj} \right) \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

ρ_i —— $i=1$ 或 2,分别为上下游 PM₁₀ 平均质量浓度,单位为毫克每立方米(mg/m³);

m ——检测断面上的测点数, $m=3$ 个~5 个;

n —— 每个测点的测定次数, $n=3$ 次;
 ρ_{kj} —— 第 j 个测点第 k 次测定值, 单位为毫克每立方米(mg/m^3)。
 PM_{10} 一次通过净化效率 η 按公式(10)计算。

$$\eta = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

η —— PM_{10} 一次通过净化效率;
 ρ_1 —— 空气净化消毒装置上游 PM_{10} 平均质量浓度, 单位为毫克每立方米(mg/m^3);
 ρ_2 —— 空气净化消毒装置下游 PM_{10} 平均质量浓度, 单位为毫克每立方米(mg/m^3)。

11.5.4.2 实验室评价

检测断面平均浓度, 按公式(11)分别计算空气净化消毒装置上下游检测断面某一粒径粒子的质量浓度 ρ_{d1} 和 ρ_{d2} 。

$$\rho_{di} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \rho_{dk} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

ρ_{di} —— $i=1$ 或 2 , 分别为上下游粒径为 d 的粒子的质量浓度, 单位为毫克每立方米(mg/m^3);
 n —— 每个测点的测定次数, $n=3$ 次;
 c_k —— 第 k 次测定值, 单位为毫克每立方米(mg/m^3)。
 粒径为 d 的粒子一次通过净化效率 η_d 按公式(12)计算。

$$\eta_d = \frac{\rho_{d1} - \rho_{d2}}{\rho_{d1}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

η_d —— 粒径为 d 的颗粒物一次通过净化效率;
 ρ_{d1} —— 上游粒径为 d 的粒子平均质量浓度, 单位为毫克每立方米(mg/m^3);
 ρ_{d2} —— 下游粒径为 d 的粒子平均质量浓度, 单位为毫克每立方米(mg/m^3)。
 颗粒物一次通过净化效率 η 按公式(13)计算。

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^p (\rho_{di} \times \eta_{di})}{\sum_{i=1}^p c_{di}} \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中:

η —— 颗粒物一次通过净化效率, %;
 ρ_{di} —— 上游粒径为 d 的粒子的质量浓度, 单位为毫克每立方米(mg/m^3);
 η_{di} —— 粒径为 d 的粒子一次通过净化效率, %;
 p —— 标准粒子发生器发生的颗粒物粒径种类数。

11.6 微生物净化效率

11.6.1 原理

通过测定一定状态下空气中微生物数量在空气净化消毒装置前后的变化来计算净化或消毒效率, 从而评价空气净化消毒装置的净化消毒效果。

11.6.2 仪器设备

本方法中使用的仪器设备如下:

- 六级筛孔撞击式微生物采样器；
- 高压蒸汽灭菌器；
- 恒温培养箱；
- 平皿；直径 90 mm；
- 温度计；
- 湿度计。

11.6.3 营养琼脂培养基

成分与制法见 5.3。

11.6.4 检验步骤

检验步骤按如下要求进行。

- a) 风速条件：见 11.5.3 中 a)。
- b) 采样点：在空气净化消毒装置前后的中间位置各设置一个采样点。
- c) 分别将两台六级筛孔撞击式微生物采样器置于空气净化消毒装置的空气入口和出口，开启空气净化消毒装置，待运行稳定后，同时采集装置入口和出口的空气，流量为 28.3 L/min，采样时间为 5 min。
- d) 采样结束后，将培养基放入培养箱中培养，同时将同批次试验用培养基置培养箱中培养作为阴性对照，培养温度 36 °C ± 1 °C，48 h 记录结果。阴性对照组应无菌生长。
- e) 重复采样 3 次。

11.6.5 结果报告

微生物净化效率按公式(14)计算。

$$C = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中：

- C ——微生物净化效率；
- W_0 ——装置入口空气平均菌落数，单位为菌落形成单位每立方米(CFU/m³)；
- W_1 ——装置出口空气平均菌落数，单位为菌落形成单位每立方米(CFU/m³)。

参 考 文 献

- [1] GB 4789.11—2014 食品安全国家标准 食品微生物学检验 β 型溶血性链球菌检验
 - [2] GB/T 18204.3 公共场所卫生检验方法 第 3 部分:空气微生物指标
 - [3] GB/T 40392—2021 循环冷却水中军团菌的检测
-

