

T/AHEPI

安徽省环境保护产业协会团体标准

T/AHEPI XXXX—XXXX

基于非分散红外法的活性炭四氯化碳值检测系统技术要求及检验方法

Technical Requirements and Test Procedures for Activated Carbon Carbon Tetrachloride Activity Detection System Based on Non-Dispersive Infrared Method

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

安徽省环境保护产业协会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 方法原理 2

5 系统的结构组成 2

5.1 总体结构 2

5.2 试样状态调节单元 2

5.3 气体发生与流体控制单元 2

5.4 恒温控制单元 2

5.5 光学检测与分析单元 3

5.6 数据采集与处理单元 3

5.7 尾气回收单元 3

6 技术要求 3

6.1 工作条件 3

6.2 外观与结构要求 3

6.3 基本要求 3

6.4 主要技术条件 4

6.5 系统性能指标 4

7 检验方法 5

7.1 检验试剂与试样 5

7.2 整机系统检验流程 5

7.3 相对误差测试 5

7.4 重复性测试 6

7.5 响应时间 6

7.6 制冷时间 6

7.7 控温精度测试 6

7.8 流量准确度测试 6

7.9 NDIR 模块性能检验 6

8 数据质量控制要求 7

8.1 整机设备质量控制 7

8.2 人员要求 8

8.3 测试过程质量控制 8

8.4 数据结果要求 8

8.5 数据质量判断 9

8.6 生产质量控制 9

9 注意事项 9

9.1 安全防护要求 10

9.2 操作与维护要求 10

附录 A（资料性） 活性炭检测参数参考表..... 11

 A.1 不同种类活性炭检测时间参考 11

 A.2 加热烘干组件吹扫预处理时间参考 11

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。

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。

本文件由安徽蓝盾光电子股份有限公司提出。

本文件由安徽省环境保护产业协会协会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

基于非分散红外法的活性炭四氯化碳值检测系统技术要求及检验方法

1 范围

本文件规定了基于非分散红外法（NDIR）的活性炭四氯化碳值检测系统（以下简称“系统”）测定活性炭四氯化碳值的术语和定义、方法原理、系统的结构组成、技术要求、检验方法、数据质量控制要求及注意事项等内容。

本文件适用于采用非分散红外吸收原理测定气相中四氯化碳（ CCl_4 ）浓度，用于现场快速测定新鲜颗粒、柱状与蜂窝活性炭的四氯化碳吸附率（CTC值），以及评价在用活性炭的吸附饱和度。本文件不适用于实验室传统重量法测定装置，也不适用于以色谱法、质谱法或光离子化法为测定原理的活性炭四氯化碳检测仪器。

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/T 1.1 标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则
- GB 4793.1 测量、控制和实验室用电设备的安全要求 第1部分：通用要求
- GB/T 7701.1 煤质颗粒活性炭 气相用煤质颗粒活性炭
- GB/T 7702.13 煤质颗粒活性炭试验方法 四氯化碳吸附率的测定
- GB/T 11606 分析仪器环境试验方法
- GB/T 12496.5 木质活性炭试验方法 四氯化碳吸附率（活性）的测定
- GB/T 20001.4 标准编写规则 第4部分：试验方法标准
- T/NAIA 0411 蜂窝活性炭四氯化碳吸附率的试验方法
- T/ACEF 228 便携式活性炭四氯化碳（CTC）值检测仪技术要求及使用规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

活性炭 **activated carbon**

以煤、木材、椰壳、竹材等含碳材料为原料，经炭化、活化等特定工艺制备而成，具有高度发达的孔隙结构和较大比表面积，从而具备优良吸附性能的碳质材料。

3.2

四氯化碳吸附率 **carbon tetrachloride activity**

在规定的试验条件下，将含有一定四氯化碳蒸气浓度的混合空气流不断地通过活性炭，当活性炭达到吸附饱和时，活性炭试样所吸附的四氯化碳的质量与试样质量之百分比作为四氯化碳吸附率（CTC值）。

3.3

非分散红外法 **non-dispersive infrared method (NDIR)**

利用被测气体对特定波长红外辐射具有选择性吸收的特性，在不使用色散元件（棱镜、光栅等）对辐射进行分光条件下，通过测量辐射能量的衰减量来确定被测气体浓度的定量分析方法。

3.4

吸附饱和度 **adsorption saturation degree**

活性炭在实际使用工况下，已吸附的挥发性有机气体（VOCs）量与其以四氯化碳值（CTC值）表征的最大吸附容量之比，通常以百分比表示。吸附饱和度反映活性炭的剩余吸附能力，是评价活性炭更换时机的重要依据。

4 方法原理

在规定试验条件下，使含有特定浓度四氯化碳（CCl₄）的空气流连续通过已知质量的活性炭试样吸附柱，直至吸附达到饱和状态（试样质量恒定）。系统通过非分散红外（NDIR）检测单元，实时在线监测吸附柱出口处四氯化碳浓度随时间的变化曲线。数据采集软件基于浓度积分算法和饱和终点判定逻辑，自动计算活性炭达到吸附饱和时的四氯化碳吸附率。对于新鲜活性炭，以测定的CTC值直接表征其气相吸附性能；对于在用活性炭，系统软件结合测定的CTC值，以及内置的“CTC值-VOCs吸附饱和度”数学计算模型，快速推算当前在用活性炭的吸附饱和度，从而科学评估活性炭的更换周期。

5 系统的结构组成

5.1 总体结构

本检测系统应采用集成化、模块化设计。系统总体结构框架主要由试样状态调节单元、气体发生与流量控制单元、恒温控制单元、光学检测与分析单元（含NDIR模块）、数据采集与处理单元以及尾气回收单元组成，具体如图1所示。

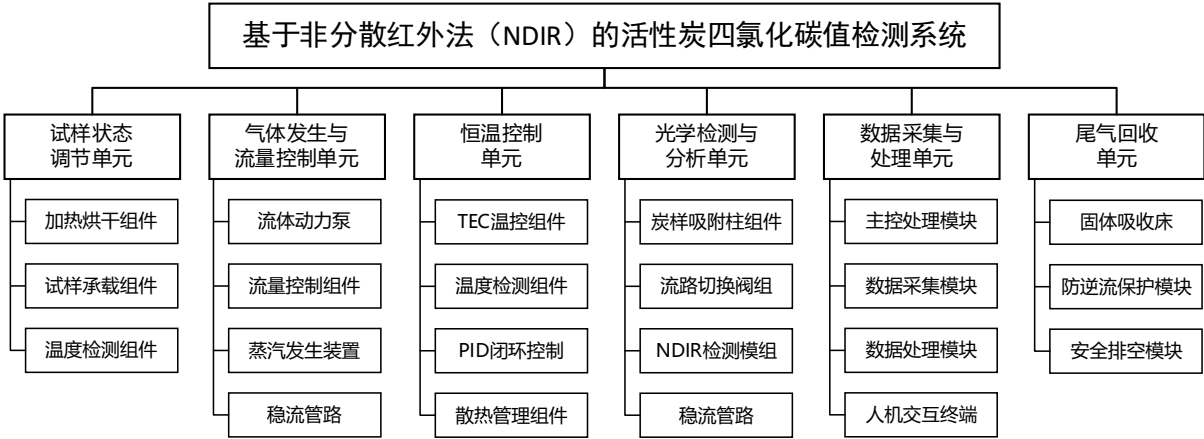


图1 基于非分散红外法（NDIR）的活性炭四氯化碳值检测系统总体框架示意图

5.2 试样状态调节单元

试样状态调节单元主要由精确控温的加热烘干组件构成，用于测试前对新鲜活性炭试样进行的烘干与状态稳定化处理，清除试样孔隙中残留的游离水分及低沸点挥发性组分，确立无干扰的炭样基准干燥质量。需注意，在用活性炭无需进行状态调节，可直接测试评价其吸附饱和度。可用加热烘干组件等器件的具体技术要求见附录A.2。

5.3 气体发生与流体控制单元

气体发生与流量控制单元主要由流体动力泵、数字化流量控制模块、密闭耐腐蚀型四氯化碳蒸气发生装置及稳流管路构成。流体动力泵提供动力，经流量控制模块精确量化后，载气定量导入液体四氯化碳（CCl₄）蒸气发生装置内，连续稳定制备特定浓度的四氯化碳（CCl₄）蒸气。

5.4 恒温控制单元

- 5.4.1 恒温控制单元用于建立并维持测试全流程所需的标准温度环境，主要由半导体热电制冷（TEC）组件、散热基座、温度传感器以及PID闭环调节控制电路组成。
- 5.4.2 本单元对四氯化碳蒸气发生装置和吸附反应区实施独立闭环控温，可有效降低外部环境温度波

动对四氯化碳饱和蒸气压及活性炭吸附热力学平衡过程的影响。

5.5 光学检测与分析单元

5.5.1 光学检测与分析单元用于连续监测吸附反应前后气路中四氯化碳的气相体积浓度，主要由活性炭试样吸附柱、精密流路切换阀组、非分散红外（NDIR）气体传感器以及稳流管路组成。

5.5.2 本单元可实时动态捕捉四氯化碳流经吸附柱后的浓度-时间变化曲线，为系统自动判定完全吸附饱和状态提供原始数据。与四氯化碳蒸气接触的阀体、气室及管路材质，应具备抗溶胀和耐腐蚀性能。

5.6 数据采集与处理单元

5.6.1 数据采集与处理单元主要由嵌入式微处理器主控板、人机交互终端（含显示与操作界面）及系统配套数据采集软件组成，用于实现整机硬件运行状态的协同控制与测量数据的动态反演。

5.6.2 本单元具备初始化自检、多路信号同步采集功能。软件应内置“浓度-时间-流量”动态积分算法，通过比对吸附前后的气体吸附速率变化曲线，自动解析并输出活性炭 CTC 值。同时，软件嵌入 CTC 值与 VOCs 吸附饱和度的数学计算模型，通过测定 CTC 值可快速推算当前在用活性炭的吸附饱和度，为吸附系统运行管理及活性炭更换周期判定提供量化依据。

5.7 尾气回收单元

尾气回收单元主要由高吸附容量的固体吸收床、防逆流压差保护接口组成，用于对通过光谱气室后排出的四氯化碳（ CCl_4 ）尾气进行深度拦截、物理捕集与中和净化，确保排空尾气中的物质浓度完全符合国家职业卫生与环保排放规范。

6 技术要求

6.1 工作条件

系统在下列工作条件下应能正常连续工作，且满足本文件规定的性能指标：

- a) 环境温度：0~40℃；
- b) 相对湿度：≤90%（无凝结露）；
- c) 大气压力：86kPa~106kPa；
- d) 工作电源：AC（220±22）V，（50±1）Hz；
- e) 环境要求：VOCs ≤0.005%（除 CCl_4 ）；含尘量 ≤0.3g/m³；
- f) 周围空间应无强磁场、高频电磁辐射及剧烈机械振动源。

6.2 外观与结构要求

6.2.1 系统整机外表面涂覆层应均匀致密，不得有明显划伤、剥落、锈蚀及变形等缺陷；面板上的文字、符号及标志应清晰且耐久。

6.2.2 所有与四氯化碳蒸气接触的管路、阀体、密封件及气室组件，必须采用耐有机溶剂腐蚀、低吸附性的聚四氟乙烯（PTFE）、304 或 316L 不锈钢等材质。

6.2.3 系统管路的气密性应满足以下要求：在正常工作条件下，对整机气路连续保压至 0.1MPa，保持 5 分钟后压降不大于 0.01MPa。

6.3 基本要求

6.3.1 器件合规性要求

检测系统所采用的外购关键元器件（如流体动力泵、非分散红外气体传感器、数字化流量控制模块等）应符合相应的国家、行业或标准规范，且具备完整的出厂合格证明或计量检定、校准证书。

6.3.2 电气安全要求

6.3.2.1 绝缘电阻：电源输入端与机壳外围之间的绝缘电阻在正常工作环境条件下不应小于 20 MΩ。

6.3.2.2 绝缘强度：电源输入端与机壳之间应能承受施加 AC1500V（有效值）、频率为 50Hz 连续 1min 的正弦交流电压试验，不应出现飞弧或击穿现象。

- 6.3.2.3 泄露电流：电源输入端与机壳外围之间的泄漏电流在正常工作条件下，不应大于 0.75mA。
- 6.3.2.4 接地电阻：应具备独立的保护接地端子，接地电阻应小于 0.1Ω。
- 6.3.3 软件基本功能
- 6.3.3.1 系统配套数采软件应具备上电自检、温度与流量异常报警、历史数据存储功能，并能实时读取流量传感器的反馈信号。
- 6.3.3.2 系统应建立完善的数据安全防护机制，原始测试浓度曲线、积分计算系数等核心参数，应具备防篡改功能，在意外断电时测试数据应能自动保存。

6.4 主要技术条件

6.4.1 气体发生条件

四氯化碳蒸气发生装置在恒温控制条件下，应能稳定输出满足测定要求的混合气体，其流量控制精度为±0.5 L/min。

6.4.2 流量控制精度

配套的流量传感器，其量程线性度误差应不超过±0.5%；微量调节阀与流量传感器应部署于四氯化碳蒸气发生装置的上游回路，正常工作时仅与纯净干燥的载气接触，其内部流体接触面及密封件应采用通用工业级材质。

6.4.3 温度控制要求

应覆盖蒸气发生装置和吸附反应区的控温目标范围，温控稳定性波动不应大于±0.5℃。

6.4.4 光学检测波长特异性

NDIR气室采用红外光源，光学滤光片的中心透射波长应聚焦于四氯化碳分子的强特征红外吸收带（12.5μm~14.5μm），以有效屏蔽载气中可能存在的水蒸气、微量轻烃等杂质造成的光谱交叉干扰。气室应配备防止气体冷凝的恒温伴热机构。

6.4.5 NDIR 模块作为本系统光学检测核心部件，结合实际工况条件，应满足以下技术要求：

- a) 检测范围：NDIR 模块量程应覆盖系统测试所需的 CCl₄ 浓度范围，不低于 0~5.0% vol（以 CCl₄ 体积分数计），确保穿透曲线全程有效覆盖；
- b) 检出限：应具备低浓度识别能力，最低检测下限不高于 60 ppm；
- c) 响应时间：T₉₀ ≤ 30 s（推荐流量 300~800 mL/min），响应时间应满足穿透曲线采集和饱和判定要求；
- d) 示值误差：应不大于 5%（1.0%vol、2.0%vol，以 CCl₄ 体积分数计）；
- e) 重复性：应不大于 1%；
- f) 防冷凝要求：光路加热为必选配置功能，气室工作温度须高于当前工况 CCl₄ 露点至少 5℃，防止蒸气结露污染光学镜面；
- g) 数据接口：应支持系统实时采集浓度数据，具备数字通信接口和状态输出功能；
- h) 数据质量判断：应具备零点校准、量程校准、运行状态诊断和故障报警功能，校准和报警信息应能被数据采集与处理单元记录并用于数据质量判断。

6.5 系统性能指标

整机系统性能指标参数应符合表1的规定。

表1 系统性能指标参数

序号	指标名称	性能参数
1	相对误差	≤±5%
2	测量重复性	RSD≤5%
3	响应时间	T ₉₀ ≤60s
4	测试时间	≤20min
5	称量精度	0.001g

序号	指标名称	性能参数
6	控温精度	$\leq \pm 0.5^{\circ}\text{C}$
7	流量准确度	$\pm 0.5 \text{ L/min}$
8	整机重量	$\leq 15\text{kg}$ (不含电源)
9	测量时间	不同种类活性炭的测试时间应符合附录A中表A.1的要求
注：相对误差——与GB/T 7702.13、GB/T 12496.5规定方法的称量重量法相对		

7 检验方法

7.1 检验试剂与试样

7.1.1 检验试剂

高纯氮气（纯度 $\geq 99.999\%$ ）或干燥洁净空气；有证四氯化碳标准溶液（分析纯，纯度 $\geq 99.5\%$ ）；有证四氯化碳标准气体（标称浓度应与被测范围相当，不确定度 $\leq 1\%$ ）。

7.1.2 检验试样

试样应为颗粒活性炭、柱状活性炭、蜂窝活性炭经研磨后的粉末状活性炭等，应用标准筛进行筛分，保留4~20目范围内的活性炭试样。称取3~5g活性炭试样，精确至0.001g。本检测系统应区分以下两类炭样的应用场景：

- a) 新炭：试样装填前，按附录 A.2 进行烘干预处理。通过测定四氯化碳吸附率（CTC 值），直接表征其固有气相吸附性能，测定结果用于产品出厂检验、入库验收及性能评价；
- b) 在用炭：取样后直接进行原样测试，严禁烘干预处理。在测定当前 CTC 值的基础上，利用系统内置的 CTC 值与 VOCs 吸附饱和度的数学计算模型，用于定量评价其实时吸附饱和度，为判断其剩余吸附能力及科学确定换炭周期提供依据。

7.1.3 装填方式

将活性炭试样均匀装填入吸附柱，根据活性炭种类控制炭层高度至适当位置，装填过程应确保均匀，避免出现空洞或偏流。

7.1.4 载气流量

检验过程中，通过吸附柱的气体流量应控制在0.8~1.5 L/min。

7.2 整机系统检验流程

检验应按以下步骤进行：

- a) 开机预热：启动系统，待 NDIR 传感器预热时间不超过 20 分钟、温控模块达到设定温度并稳定后，方可开始检验；
- b) 气密性检查：按照 6.2.3 的规定对系统气路进行气密性检查，确认合格后进入下一步操作；
- c) 零点校准：通入干燥零气，待四氯化碳（CCl₄）浓度读数稳定后进行零点校准，校准后读数偏差应不大于 1%满量程；
- d) 样品准备：依据 7.1.2 的规定称量并预处理试样，按照 7.1.3 的要求装填入吸附柱，记录试样初始质量；
- e) 测试启动：根据 7.1.4 的规定设定载气流量，启动四氯化碳蒸气发生单元，系统自动记录出气口 CCl₄ 浓度随时间变化的穿透曲线；
- f) 饱和判定：当出气口 CCl₄ 浓度达到进气口浓度的 95%以上且连续稳定 5 分钟时，系统自动判定吸附饱和，记录饱和时刻的试样质量；
- g) 数据计算：系统自动计算 CTC 值（%），并可通过内嵌数学模型推算其吸附饱和度；
- h) 吹扫清洗：测试结束后，切换至零点气连续冲洗系统管路及 NDIR 气室不少于 5 分钟，之后关机。

7.3 相对误差测试

分别按照GB/T 7702.13中规定的方法和采用系统检测法测定活性炭样品四氯化碳（CTC）值。两种方法测试两次求平均值，按如下公式1计算对比相对误差。

$$\delta = \frac{|m-n|}{m} \times 100\% \quad (1)$$

式中： δ —对比相对误差；

m —按GB/T 7702.13测试活性炭四氯化碳值两次平均结果；

n —系统测量活性炭四氯化碳吸附率两次平均结果。

7.4 重复性测试

活性炭试样处理好后，放入吸附柱内，启动系统进行吸附，吸附完成后自动计算并记录样品的四氯化碳（CTC）值，重复上述测量步骤至少6次，按如下公式2计算重复性。

$$S_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2}{n-1}} \times \frac{1}{\bar{A}} \times 100\% \quad (2)$$

式中： S_A —测量重复性；

A_i —第*i*次测量结果，单位为毫克每克，mg/g；

$\bar{A}$ —6次测量的平均值，单位为毫克每克，mg/g；

n —测量次数， $n \geq 6$ 。

7.5 响应时间

系统运行稳定后，按0.5 L/min流量通入零气，待四氯化碳（CCl₄）红外传感器零点稳定后，以相同的流量通入1%体积分数的CTC标气3 min，记录系统的CTC浓度显示值。然后通入零气，待传感器零点稳定后，以相同的流量通入1%体积分数的CTC标气，并记录传感器的显示值达到原显示测量值90%所需要的时间，测量3次，取其算术平均值即为响应时间。

7.6 制冷时间

系统整机出厂检验前进行预检，测定系统制冷时间。启动系统，设备温控模块开始工作，在不同环境温度下，测量蒸汽发生装置与吸附柱从环境温度达到规定测试温度所需要的时间，至少测量6次，取平均值作为系统制冷时间。

7.7 控温精度测试

将符合准确度要求的数字温度计探头放置于吸附反应柱中部的标准测试位上，将系统设定在25.0℃，稳定1h后，连续记录1 h内的温度波动幅度。

7.8 流量准确度测试

利用标准皂膜流量计（或经过计量检定的标准级气体流量计）接在系统测试回路出口，设定标准流量稳定输送混合气体，重复读取3次测试值并计算相对误差。

7.9 NDIR 模块性能检验

7.9.1 模块检测范围

依次向NDIR模块通入梯度浓度的有证CCl₄标准气体（浓度点不少于5个，覆盖量程下限至上限），记录模块输出信号；模块最高可检浓度应不低于50000 ppm。

7.9.2 模块检出限

待测NDIR模块运行稳定后，以0.5L/min的流量通入零气（空白样品），待传感器零点稳定后，每60 s记录该时段测量瞬时值 r_i ，进行不少于7次（ $n \geq 7$ ）平行测定，计算测定结果的标准偏差 S ，按公式（3）计算方法检出限 D_L 。

$$D_L = 3S = 3 \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}{n-1}} \quad (3)$$

式中： D_L —检出限，单位为ppm；

S —空白样品重复测量结果的标准偏差，单位为ppm；

r_i —空白样品第*i*次测量瞬时值，单位为ppm；

$\bar{r}$ —空白样品测量平均值，单位为ppm；

n —测量次数， $n \geq 7$ 。

7.9.3 模块响应时间

待测NDIR模块运行稳定后，以0.5L/min的流量通入零气，待传感器零点稳定后，保持相同流量通入体积分数为1%的CCl₄标气3分钟并记录显示值；随后再次通入零气，待零点稳定后，以相同流量通入上述1%体积分数的CCl₄标气，记录传感器显示值达到原测量显示值90%所需的时间。重复测量3次，取算术平均值作为响应时间。

7.9.4 模块示值误差

待测NDIR模块运行稳定后，先完成零点校准与量程校准；依次通入体积分数为1.0%和2.0%的CTC标气，待读数稳定后分别记录各浓度标气的显示值；随后通入零点气体，重复测试3次。按公式（4）计算示值误差 ΔC_i 。

$$\Delta C_i = \frac{\bar{C} - C_s}{C_s} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中： ΔC_i —示值误差，单位为%；

$\bar{C}$ —传感器示值的算术平均值，单位为ppm；

C_s —通入传感器的标气浓度值，单位为ppm。

7.9.5 模块重复性

待测NDIR模块运行稳定后，通入体积分数为1.0%的量程校准气体，待读数稳定后记录显示值 C_i ；使用同一浓度的量程校准气体重复上述测试操作至少*n*次（ $n \geq 6$ ），按公式（5）计算NDIR模块的重复性 S_r （相对标准偏差）。

$$S_r = \frac{1}{\bar{C}} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1}} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中： S_r —重复性（相对标准偏差），单位为%；

C_i —量程校准气体第*i*次测量值，单位为ppm；

$\bar{C}$ —量程校准气体测量平均值，单位为ppm；

n —测量次数， $n \geq 6$ 。

8 数据质量控制要求

8.1 整机设备质量控制

整机设备质量控制对象至少包括加热烘干组件、NDIR 模块、气体发生与流量控制单元、恒温控制单元、称量器具、吸附柱、气路密封件及尾气回收单元。

8.1.1 NDIR 模块

应定期开展零点核查、量程核查、响应时间核查、气室污染检查及故障报警功能检查。核查结果不满足 6.4.5 要求时，应及时清洁、维护、校准或更换，不得直接出具正式检测结果。

8.1.2 气体发生与流量控制单元

应核查浓度稳定性、流量传感器示值、调节阀控制状态及气路泄漏情况。不满足 6.2.3、6.4.1、6.4.2 及 7.1.4 要求时，应立即停止检测并排除故障。

8.1.3 恒温控制单元

应核查蒸气发生装置和吸附反应区温度稳定性。温度波动超出 6.4.3 规定范围或存在冷凝风险时，应判定相关测试过程不受控。

8.1.4 称量器具、吸附柱及加热烘干组件

应按规定进行校准、清洁和状态确认，确保试样质量、粒径、装填状态及预处理条件符合 7.1.2、7.1.3 及附录 A 要求。

8.1.5 尾气回收单元

应定期检查吸附剂有效性和压差状态。发现吸附剂接近饱和、压差异常或存在泄漏风险时，应立即停止测试并更换或维护。

8.2 人员要求

操作人员应经过本系统及相关标准的专业培训，熟悉系统结构、检验流程、安全防护要求及数据质量控制规定，具备正确执行检测操作和初步判断数据有效性的能力。涉及 CCl_4 操作时，应落实必要的个人防护措施，并在通风良好的环境下作业。

8.3 测试过程质量控制

8.3.1 检测前确认

系统应完成自检，确认 NDIR 模块、流量、温度、称量、气密性、尾气回收及数据采集状态均正常。任一关键状态不合格，不得启动正式检测。

8.3.2 检测过程记录

检测期间应连续记录进出气口 CCl_4 浓度、流量、温度、时间戳、报警事件及人工操作记录。发生报警、断电、数据中断、气路泄漏、温控失稳或气室冷凝时，应记录事件并进行数据有效性复核。

8.3.3 比对与核查

应定期通过与 GB/T 7702.13 或 GB/T 12496.5 规定的重量法比对、标准样品核查或实验室间比对方式验证整机准确性。同一样品平行测定的重复性应满足 6.5 要求；不满足时，应复核试样预处理、装填、流量、温控及 NDIR 状态。

8.3.4 检测后处理

测试结束后，切换零点气冲洗管路及气室不少于 15 分钟，并对设备运行状态进行复核，记录完整后关机。

8.4 数据结果要求

8.4.1 数据采集要求

数据采集应满足以下要求：

- 四氯化碳浓度数据、温度、流量等传感器数据应同步采集；
- 数据采集周期需满足实时监测要求，浓度计算平均周期宜不高于 1 秒；
- 系统应具备自动时间同步功能，确保各类测试数据时间戳一致；
- 采样过程中应保持采样流量稳定，避免因流量波动影响浓度计算结果；
- 检测过程中不得出现数据异常中断、信号丢失或数据缺失；
- 系统应实时监测流量稳定性及温控状态，出现异常时自动记录事件日志并触发报警；
- 测试期间所有关键运行参数应连续记录。

8.4.2 数据结果表示

8.4.2.1 检测系统测量应包含以下数据：

- 数据采集软件基于非分散红外（NDIR）反演算法计算得到的四氯化碳（ CCl_4 ）进气口浓度与出气口浓度数据；
- 数据结果中 CCl_4 浓度单位为 ppm 或 mg/m^3 （需注明标准状态下的换算条件，如 25°C 、 101.325 kPa ）；
- 活性炭试样检测结果应包含四氯化碳吸附值（CTC 值），结果单位宜采用 % 或 $\text{g}/100\text{g}$ 表示；
- 对于在用炭，应同时给出当前试样吸附饱和度和推算结果，作为判定换炭周期的依据；

- e) 所有过程浓度数据均应同步记录精确到秒级的时间戳。
- 8.4.2.2 辅助计算参数应包含以下数据：
- a) 温度传感器获取的蒸气发生装置及吸附反应区温度参数；
 - b) 流量传感器获取的进气流量数据；
 - c) 设备整体运行状态值（包括故障报警信息、校准状态、尾气回收单元状态等）。

8.4.3 测试结果储存

检测数据应满足以下储存要求：

- a) 测试结果应按检测日期、样品编号及测试次序命名；
- b) 数据文件应自动保存至系统内存或存储卡；
- c) 文件目录宜按“年-月-日”方式建立；
- d) 原始数据、处理数据及检测报告应同步保存；
- e) 检测数据应具备导出功能，支持 USB、网络或其他存储方式；
- f) 数据应在 24 小时内备份至外部存储设备或服务器；
- g) 数据保存期限应不少于 1 年，特殊行业可根据需求延长；
- h) 系统应具备数据查询、导出及审计日志功能。

8.5 数据质量判断

8.5.1 检测数据需经系统自动判断和人工复核后方可作为有效结果。数据质量判断应至少涵盖原始浓度完整性、进出口浓度稳定性、饱和判定条件、零点状态、流量和温度受控状态、重复性、相对误差、报警记录、人工修改痕迹及报告信息完整性等内容。

8.5.2 满足下列条件时，检测数据可判定为有效：

- a) 检测前后的零点和量程核查符合要求；
- b) 气密性、流量、温度控制满足第 6 章和第 7 章的要求；
- c) 饱和判定达到 7.2 规定的条件（出气口浓度 $\geq$ 进气口浓度的 95%，且连续稳定 $\geq$ 5 分钟）；
- d) 重复性、相对误差满足表 1（6.5）的要求；
- e) 校准、维护、报警及人工操作记录完整可追溯。

8.5.3 出现下列情形之一时，相应检测数据不得作为有效结果出具：

- a) NDIR 模块的零点、量程校准或响应时间异常；
- b) 气密性不合格或测试过程存在泄漏；
- c) 流量或温度超出规定范围；
- d) 平行样重复性或与重量法的比对结果不满足要求；
- e) 气室冷凝、系统报警或尾气回收异常未得到处置和复核。

8.5.4 被判定为无效的数据应保留原始记录和无效原因说明，不得删除或覆盖。经维护、校准、重新取样或复测后满足本文件要求的，可形成新的正式检测结果。

8.6 生产质量控制

8.6.1 设备出厂前必须完成气密性校验与系统自检，若检查结果不符合要求，应立即查找原因并排除，直至所有检查项合格后方可进行正式检测。

8.6.2 每次检测结束后，应对设备运行状态信息进行复核。若设备状态信息不合格，本次定量检测数据仅作为参考，不得用于活性炭性能评价结论。

8.6.3 设备校准应严格按照产品说明书及本文件要求，使用有证四氯化碳标准气体定期进行零点与跨度校准，并保存完整的校准记录。

8.6.4 检测机构或生产单位应建立并持续执行质量控制文件，至少包括：标准操作规范（SOP）、日常运行维护与质量控制规范、设备维修与故障处理记录、校准与验证记录、与重量法的比对试验记录、数据质量审核与不确定度评定记录。

8.6.5 系统在现场测试过程中应采取有效的防震、防尘及电磁干扰屏蔽措施，确保 NDIR 光学系统稳定运行。

9 注意事项

9.1 安全防护要求

- 9.1.1 设备应在规定工作条件（见第 6.1 条）下运行，严禁在超出规定环境温度、湿度及电源条件的场景中使用。
- 9.1.2 测试前需检查设备气路中硅胶干燥器的硅胶颜色状态，当指示硅胶达到变色指示点时，应及时更换，以确保进入气路的空气干燥洁净。
- 9.1.3 测试期间须保证尾气处理单元吸附效能良好（如定期对尾气罐内吸附剂进行饱和检查与强制更换），严禁直接排放未经处理的测试尾气，避免因尾气吸收炭饱和和失效导致排放超标，危害测试人员身体健康。
- 9.1.4 操作人员应在通风良好的环境下使用本设备，并落实必要的个人防护措施。
- 9.1.5 涉及安全的操作事项及注意事项，应符合 GB 4793.1 第 5 章的相关规定。

9.2 操作与维护要求

- 9.2.1 每次开机后，非分散红外（NDIR）气体传感器必须进行不超过 20 分钟的充分预热，以避免红外光源和探测器的温度漂移对零点造成影响。
- 9.2.2 四氯化碳蒸气浓度较高时，极易在非专用材料表面或冷点管路处冷凝。系统应设置必要的伴热装置或恒温气室，禁止在气室存在冷凝的情况下强行开机，防止损坏光学镜面。
- 9.2.3 测试结束后，须切换至零点气（干燥空气）连续冲洗整套系统管路及 NDIR 气室不少于 5 分钟，待残留四氯化碳成分完全清除后再关机。

附录 A
(资料性)
活性炭检测参数参考表

A.1 不同种类活性炭检测时间参考

本系统可检测煤质活性炭、椰壳活性炭、竹质活性炭等不同材质的活性炭。由于不同材质活性炭的吸附饱和时间不同，参考检测时间与样品数量的对应关系如表A.1所示。

表A.1 活性炭检测时间与样品数量对应关系

活性炭种类	测试样品数量 (个)	参考测试时间 (min)
煤质活性炭	1	16
椰壳活性炭	1	20
竹质活性炭	1	18

A.2 加热烘干组件吹扫预处理时间参考

待测活性炭试样在进行检测前需用加热烘干组件进行干燥处理，温度应设定在250℃左右。针对不同原材料制备的新鲜活性炭，加热烘干组件吹扫时间参考如表A.2所示。

表A.2 加热烘干组件吹扫预处理时间参考

活性炭样品种类	参考吹扫时间 (min)
煤质活性炭	5
椰壳活性炭	7
竹基活性炭	7