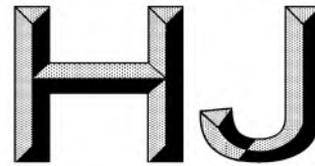


ICS 13.040.20

Z 01



中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 1419—2025

环境空气非甲烷总烃自动监测系统技术 要求及检测方法

Technical requirements and test procedures for ambient air automated
monitoring system for non-methane hydrocarbons

本电子版为正式标准文件，由生态环境部标准研究所审校排版。

2025-08-07发布

2026-04-01实施

生态环境部 发布

目 次

| | |
|-----------------------------------|----|
| 前言 | II |
| 1 适用范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 原理和组成 | 2 |
| 5 技术要求 | 3 |
| 6 性能指标 | 6 |
| 7 检测方法 | 7 |
| 附录A（规范性附录） 监测系统数据显示、记录和输出要求 | 16 |

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国大气污染防治法》，防治生态环境污染，改善生态环境质量，规范环境空气非甲烷总烃自动监测系统的技术性能，制定本标准。

本标准规定了环境空气非甲烷总烃自动监测系统的原理和组成、技术要求、性能指标和检测方法。

本标准中附录 A 为规范性附录。

本标准为首次发布。

本标准由生态环境部生态环境监测司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：中国环境监测总站、北京市生态环境监测中心和上海市环境监测中心。

本标准生态环境部 2025 年 8 月 7 日批准。

本标准自 2026 年 4 月 1 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

环境空气非甲烷总烃自动监测系统技术要求及检测方法

1 适用范围

本标准规定了环境空气非甲烷总烃自动监测系统（以下简称“监测系统”）的原理和组成、技术要求、性能指标和检测方法。根据应用目的和监测场景，本标准中的监测系统分为 I 型和 II 型：用于环境空气质量监测的监测系统称为 I 型监测系统，用于无组织排放监测的监测系统称为 II 型监测系统。

本标准适用于环境空气非甲烷总烃自动监测系统的检测，该类仪器的设计、生产可参照使用。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用标准，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用标准，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。其他文件被新文件废止、修改、修订的，新文件适用于本标准。

HJ 654 环境空气气态污染物（SO₂、NO₂、O₃、CO）连续自动监测系统技术要求及检测方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

总烃 total hydrocarbons; THC

氢火焰离子化检测器上有响应的气态有机化合物的总和。

3.2

非甲烷总烃 non-methane hydrocarbons; NMHC

氢火焰离子化检测器上有响应的除甲烷外的其他气态有机化合物的总和（除另有说明，结果以碳计）。

3.3

非甲烷总烃自动监测系统 automated monitoring system for non-methane hydrocarbons

自动监测空气中非甲烷总烃浓度的监测系统。

3.4

标准状态 standard state

温度为 273.15 K、压力为 101.325 kPa 时的状态。

3.5

参比状态 reference state

温度为 298.15 K、压力为 101.325 kPa 时的状态。

3.6

分析周期 analysis cycle

仪器连续运行时给出两组测量结果之间的时间间隔。

3.7

响应因子 **response factor**

本标准中，氢火焰离子化检测器测量其他气态有机化合物响应值相对于测量丙烷响应值的比值（无量纲）。

3.8

样气口 **sample gas port**

空气样品进气口。测量空气时，空气样品通过样气口进入到分析单元。

3.9

校准口 **calibration port**

标准气体进气口。对监测系统进行了质控和校准时，标准气体通过校准口进入到分析单元。

4 原理和组成

4.1 原理

4.1.1 差减法：空气样品以恒定的流量通过采样系统，进入定量环。一路由甲烷柱（或催化氧化炉）分离出甲烷，由氢火焰离子化检测器检测出甲烷浓度；另一路直接进入氢火焰离子化检测器检测出总烃浓度；两者相减得到非甲烷总烃浓度。

4.1.2 直接法：空气样品以恒定的流量通过采样系统，经过捕集阱的富集脱附或色谱反吹、色谱分离等方式分离出非甲烷总烃，再进入氢火焰离子化检测器，检测出非甲烷总烃浓度。

4.2 系统组成

4.2.1 基本组成

监测系统由样品采集单元、分析单元、数据处理单元、校准单元和气源单元等组成。带捕集阱的直接法监测系统还应配备前处理单元。

4.2.2 样品采集单元

样品采集单元主要由采样头、采样总管、支管接头、支管（分析单元与采样总管连接的管线，简称“支管”）、采样泵和流量测量控制单元等组成，用于对空气样品的自动采样。

4.2.3 前处理单元

前处理单元主要由捕集阱和温度控制模块组成，用于富集脱附采集的空气样品中的非甲烷总烃。前处理单元应对水分进行去除或控制，防止水分导致捕集阱冰堵或影响捕集效率。

4.2.4 分析单元

分析单元主要由色谱柱、柱温箱、催化氧化炉、氢火焰离子化检测器等组成，用于测量采集的空气样品。根据测量方法选择配置色谱柱、柱温箱和催化氧化炉。

4.2.5 数据处理单元

数据处理单元用于对数据的采集、处理、显示、存储和传输。

4.2.6 校准单元

校准单元主要由零空气发生器和动态校准仪等组成，用于对分析单元的质控及校准。

4.2.7 气源单元

气源单元主要由载气、燃烧气、助燃气和管路等组成，用于提供监测系统运行所需的气源。载气可为氮气、零空气、氢气或其他惰性气体；燃烧气为氢气；助燃气为零空气。

5 技术要求

5.1 外观要求

5.1.1 监测系统应具有产品铭牌，铭牌上应标有产品名称、型号、监测因子、工作电压、额定功率、生产单位、出厂编号、制造日期等信息。

5.1.2 表面应完好无损，无明显缺陷，各零部件连接可靠，各操作键、按钮使用灵活，定位准确。

5.1.3 主机面板显示清晰，涂色牢固，字符、标识易于识别，不应有影响读数的缺陷。

5.2 工作条件

室内环境在以下条件下，监测系统应能正常工作：

a) 环境温度：15℃~35℃；

b) 相对湿度：≤85%；

c) 大气压：80 kPa~106 kPa；

d) 供电电源：AC 220 V±22 V，50 Hz±1 Hz。

5.3 安全要求

5.3.1 绝缘电阻

在环境温度为 15℃~35℃，相对湿度不高于 85%条件下，设备电源端子对地或机壳的绝缘电阻不低于 20 MΩ。

5.3.2 绝缘强度

在环境温度为 15℃~35℃，相对湿度不高于 85%条件下，设备在 1500 V（有效值）、50 Hz 正弦波实验电压下持续 1 min，不应出现击穿或飞弧现象。

5.3.3 气密性要求

在环境温度为 15℃~35℃，分析单元的气路在 0.3 MPa 压强下，30 min 压降不大于 0.01 MPa，确保其不会泄漏。

5.4 功能要求

5.4.1 数据显示、记录和输出要求

5.4.1.1 具备显示、记录和输出附录A所列测量数据的功能，且应符合附录A的要求。

5.4.1.2 具备显示、记录和导出色谱图的功能。

5.4.1.3 具备测量浓度数据的质量浓度和摩尔分数的显示切换功能；具备标准状态下的质量浓度和参比状态下的质量浓度的显示切换功能。

5.4.1.4 具备数据的自动标记功能，应能标记维护、校准、故障或其他异常情况。标记符号可参考环境空气质量监测和无组织排放监测的相关运行管理要求。

5.4.1.5 具备数据时间标签功能，可查询和输出不同时间段的数据。

5.4.2 参数显示、记录和输出要求

5.4.2.1 具备显示、记录和输出表1中所列参数的功能。

表1 显示、记录和输出参数清单

| 参数类别 | 参数名称 |
|--------|--|
| 系统修正参数 | 浓度校准曲线斜率 |
| | 浓度校准曲线截距 |
| 分析方法参数 | 样气流量设定值 |
| | 载气流量（或压力）设定值 |
| | 燃烧气流量设定值 |
| | 助燃气流量设定值 |
| | 采样时长设定值 |
| | 捕集阱的富集温度设定值 |
| | 捕集阱的脱附温度设定值 |
| | 氢火焰离子化检测器的温度设定值 |
| | 柱温箱（或催化氧化炉）的温度设定值 |
| | 注：“采样时长设定值”“捕集阱的富集温度设定值”“捕集阱的脱附温度设定值”仅适用带捕集阱的仪器。 |

5.4.2.2 具备参数修改留痕功能，应能记录和输出被修改的参数名称、修改用户、修改时间、修改前参数值和修改后参数值。各项参数的修改记录保存时间不少于1 a。

5.4.3 软件管理要求

5.4.3.1 具备中文操作界面。

5.4.3.2 具备显示和设置系统时间的功能。

5.4.3.3 具备数字信号输出功能。

5.4.3.4 具备显示软件版本号功能，软件升级信息自动备份，确保原有信息不被覆盖。应能记录和查询历史软件版本号及时间、当前软件版本号及时间。

5.4.3.5 具备操作日志功能，应对全部人员控制操作自动记录、保存，形成操作日志，保存时间不少于1 a。记录内容应至少包括：登录操作、参数修改、时间修改、校准维护、仪器故障、软件升级等。

5.4.3.6 具备安全管理功能。操作人员需使用用户名或账号和相应密码登录或注销后，才能进入和退出软件控制界面。应具备至少三级操作管理权限，权限的范围要求如下：

- a) 管理员：具备软件所有系统设置的操作权限，如：查询历史数据，设定和修改操作人员密码、操作级别，设定和修改系统的参数等；
- b) 运维人员：具备软件的基本操作权限，能实时查询数据、例行维护和检查，具有对运行期间可调整参数的调整权限；
- c) 普通用户：具备软件的查看权限，能实时查询数据，不能调整任何参数。
- d) 所有管理权限均不能修改和删除已形成的数据和操作日志。

5.4.4 样品采集单元要求

5.4.4.1 样品采集单元的结构参考HJ 654，宜使用图1所示结构。

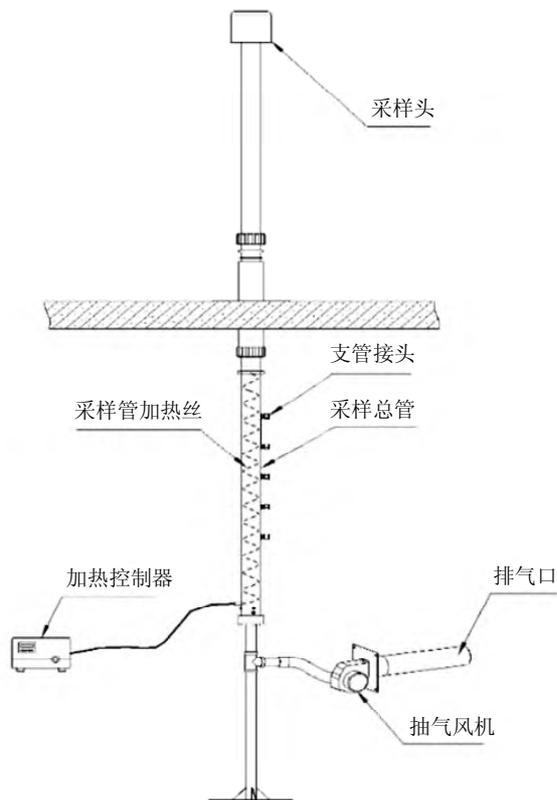


图 1 样品采集单元结构示意图

5.4.4.2 样品采集单元应连接紧密，避免漏气。采样总管入口应防止雨水和粗大的颗粒物进入，同时应避免鸟类和大型昆虫进入。采样头的设计应保证采样气流不受风向影响，稳定进入采样总管。

5.4.4.3 样品采集单元的制作材料，应选用不与被监测污染物发生化学反应和不释放有干扰物质的材料。采样总管和支管应为聚四氟乙烯管或内部经过惰性化处理的管线。

5.4.4.4 采样总管内径范围为 1.5 cm~15 cm；采样总管内的气流应保持层流状态；采样气体在采样总管内的滞留时间应小于 20 s；所采集气体样品的压力应接近环境大气压。

5.4.4.5 采样总管应加装加热器，加热温度一般控制在 30℃~50℃。

5.4.4.6 支管接头应设置于采样总管的层流区域内；各支管接头之间间隔距离大于 8 cm。

5.4.4.7 支管连接采样总管时应伸向采样总管的中心位置，支管长度尽可能短，最长不超过 3 m。

5.4.4.8 分析单元样气口前应安装孔径不大于 5 μm 的聚四氟乙烯滤膜。

5.4.5 校准单元要求

5.4.5.1 具备自动质控功能，实现定期自动质控，且频次可设置。

5.4.5.2 具备手动和自动校准功能；具备单点和多点校准功能。

5.4.5.3 零空气发生器具备除尘、除水、除油和除烃等功能。

5.4.5.4 动态校准仪的稀释比例应满足 1:10~1:1000 的要求。

5.4.6 气源单元要求

5.4.6.1 具有实时或周期性地检测当前火焰状态的功能；一旦检测到火焰熄灭，应自动切断燃烧气源。

5.4.6.2 氢气纯度应优于 99.99%。

5.4.7 断电恢复功能要求

仪器断电后，应能自动保存数据；恢复供电后监测系统应自动启动，并恢复正常工作状态。

6 性能指标

I 型监测系统和 II 型监测系统的性能指标应分别符合表 2 中的要求。

表 2 性能指标要求

| 检测项目 | | 技术要求 | | 检测方法 |
|-------------|------------------------|--|---|------|
| | | I 型监测系统 | II 型监测系统 | |
| 测量范围 | | 0 $\mu\text{mol/mol}$ ~2 $\mu\text{mol/mol}$ | 0 $\mu\text{mol/mol}$ ~15 $\mu\text{mol/mol}$ | / |
| 最小显示单位 | | 0.1 nmol/mol | 1 nmol/mol | / |
| 分析周期 | | ≤ 15 min | ≤ 10 min | 7.2 |
| 检出限 | | ≤ 20 nmol/mol | ≤ 50 nmol/mol | 7.3 |
| 空白 | | ≤ 10 nmol/mol | ≤ 20 nmol/mol | 7.4 |
| 示值误差 | 20%量程 | $\pm 5\%$ | $\pm 3\%$ | 7.5 |
| | 80%量程 | $\pm 3\%$ | $\pm 2\%$ | |
| 精密度 | 20%量程 | $\leq 2\%$ | $\leq 2\%$ | 7.6 |
| | 80%量程 | $\leq 2\%$ | $\leq 2\%$ | |
| 高浓度残留 | | ≤ 40 nmol/mol | ≤ 100 nmol/mol | 7.7 |
| 响应因子 | 含氧烃（乙酸乙酯） | ≥ 0.65 | ≥ 0.65 | 7.8 |
| | 芳香烃（甲苯） | 0.90~1.05 | 0.90~1.05 | |
| | 卤代烃（三氯乙烯） | 0.95~1.10 | 0.95~1.10 | |
| 富集效率 | 乙烯 | $\geq 80\%$ | $\geq 80\%$ | 7.9 |
| | 正十一烷 | $\geq 60\%$ | $\geq 60\%$ | |
| 转化效率 | | $\geq 95\%$ | $\geq 95\%$ | 7.10 |
| 湿度影响 | | $\pm 5\%$ | $\pm 3\%$ | 7.11 |
| 环境温度影响 | | $\pm 5\%$ | $\pm 3\%$ | 7.12 |
| 电压影响 | | $\pm 5\%$ | $\pm 3\%$ | 7.13 |
| 样气口和校准口浓度偏差 | | $\pm 5\%$ | $\pm 3\%$ | 7.14 |
| 动态校准仪流量误差 | | $\pm 1\%$ | $\pm 1\%$ | 7.15 |
| 24 h 漂移 | 20%量程 | $\pm 5\%$ | $\pm 3\%$ | 7.16 |
| | 80%量程 | $\pm 3\%$ | $\pm 2\%$ | |
| 7 d 漂移 | 20%量程 | $\pm 5\%$ | $\pm 3\%$ | 7.17 |
| | 80%量程 | $\pm 3\%$ | $\pm 2\%$ | |
| 平行性 | | $\leq 2\%$ | $\leq 2\%$ | 7.18 |
| 实际样品 一致性 | 浓度 ≤ 200 nmol/mol | ≤ 20 nmol/mol | / | 7.19 |
| | 浓度 ≥ 200 nmol/mol | $\leq 10\%$ | / | |
| 数据有效率 | | $\geq 85\%$ | $\geq 85\%$ | 7.20 |

注 1：“富集效率”指标仅适用带捕集阱的仪器；

注 2：“转化效率”指标仅适用带催化氧化炉的仪器。

7 检测方法

7.1 基本要求

7.1.1 环境条件要求

实验场地的环境条件应符合 5.2 的要求。

7.1.2 待测仪器要求

7.1.2.1 应抽取 3 套同型号完整的监测系统，在指定的实验场地内同时进行检测。

7.1.2.2 监测系统安装应规范，室外空气样品通过采样总管进入分析单元；标准气体通过动态校准仪进入分析单元。

7.1.2.3 检测时，除通入标准气体外，监测系统均应采集并测量室外空气样品。

7.1.3 标准气体要求

7.1.3.1 检测时所用标准气体应为有证标准气体，不确定度 $\leq 2\%$ 。

7.1.3.2 检测时，应使用丙烷和甲烷的混合气体，经过动态校准仪产生不同浓度的混合标准气体。

7.1.3.3 I 型和 II 型监测系统的指标检测中，标准气体的浓度配比（以碳计）见表 3。

7.1.3.4 除特殊说明，标准气体从校准口进入分析单元。

表 3 检测用标准气体

| 标准气体名称 | I 型监测系统 | | II 型监测系统 | |
|------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 丙烷 ($\mu\text{mol/mol}$) | 甲烷 ($\mu\text{mol/mol}$) | 丙烷 ($\mu\text{mol/mol}$) | 甲烷 ($\mu\text{mol/mol}$) |
| 近检出限浓度标准气体 | 0.08 | 1.9~2.5 | 0.2 | 1.9~2.5 |
| 20%量程标准气体 | 0.4 | 1.9~2.5 | 3 | 1.9~2.5 |
| 50%量程标准气体 | 1.0 | 1.9~2.5 | 7.5 | 1.9~2.5 |
| 80%量程标准气体 | 1.6 | 1.9~2.5 | 12 | 1.9~2.5 |
| 响应因子 | 丙烷 | 1.0 | / | / |
| | 乙酸乙酯 | 1.0 | / | / |
| | 甲苯 | 1.0 | / | / |
| | 三氯乙烯 | 1.0 | / | / |
| 富集效率 | 乙烯 | 1.0 | / | / |
| | 正十一烷 | 1.0 | / | / |

7.2 分析周期

待测仪器运行稳定后，通入浓度为 50%量程标准气体，待测仪器完成一个样品的测量并显示测量浓度后，立即开始计时。待测仪器完成下一个样品的测量并显示测量浓度时，立即停止计时。记录秒表显示时间（精确到 0.1 s），该时间为待测仪器的分析周期，连续 3 天共测量 3 次，最大值应符合表 2 的要求。

7.3 检出限

待测仪器经校准并运行稳定后，通入浓度为近检出限浓度标准气体（ $3 \times \text{IDL} \leq \text{标准气体浓度} \leq 5$

×IDL), 待测量示值稳定后连续测量 7 次, 记录每次非甲烷总烃测量值 x_i , 按公式 (1) 计算 7 次测量结果的平均值 \bar{x}_{IDL} 。按公式 (2) 计算测量结果平均值的相对误差, 相对误差应在 ±20% 以内。再按公式 (3) 计算检出限, 测试结果应符合表 2 的要求。

$$\bar{x}_{IDL} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

\bar{x}_{IDL} ——待测仪器测量值的平均值, nmol/mol;

x_i ——待测仪器第 i 次测量值, nmol/mol;

i ——测试序号, $i=1, 2, \dots, n$;

n ——测试总次数, $n=7$ 。

$$RE_{IDL} = \frac{\bar{x}_{IDL} - x_s}{x_s} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中:

RE_{IDL} ——待测仪器的相对误差, %;

\bar{x}_{IDL} ——待测仪器测量值的平均值, nmol/mol;

x_s ——标准气体的浓度值, nmol/mol。

$$IDL = 3.143 \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^7 (x_i - \bar{x}_{IDL})^2}{6}} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

IDL——待测仪器的检出限, nmol/mol;

3.143——连续进样 7 次, 在 99% 置信区间内的 t 值;

x_i ——待测仪器第 i 次测量值, nmol/mol;

\bar{x}_{IDL} ——待测仪器测量值的平均值, nmol/mol。

7.4 空白

待测仪器运行稳定后, 通入零点气, 取第 1 个分析周期非甲烷总烃的测量值作为空白, 测试结果应符合表 2 的要求。

7.5 示值误差

待测仪器经校准并运行稳定后, 通入浓度为 20% 量程标准气体, 待测量示值稳定后连续测量 6 次, 记录每次非甲烷总烃测量值, 按公式 (4) 计算待测仪器测量值的平均值。按公式 (5) 计算待测仪器的 20% 量程示值误差。

将 20% 量程标准气体更换为 80% 量程标准气体, 重复上述操作, 按公式 (4)、(5) 计算待测仪器的 80% 量程示值误差, 测试结果均应符合表 2 的要求。

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

\bar{x} ——待测仪器测量值的平均值, nmol/mol;

x_i ——待测仪器第 i 次测量值, nmol/mol;

i ——测试序号, $i=1, 2, \dots, n$;

n ——测试总次数, $n=6$ 。

$$RE = \frac{\bar{x} - x_s}{x_s} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中:

RE——待测仪器的示值误差 (相对误差), %;

\bar{x} ——待测仪器测量值的平均值, nmol/mol;

x_s ——标准气体的浓度值, nmol/mol。

7.6 精密度

待测仪器经校准并运行稳定后, 通入浓度为20%量程标准气体, 待测量示值稳定后连续测量6次, 记录每次非甲烷总烃测量值, 按公式 (6) 计算待测仪器的20%量程精密度。

将20%量程标准气体更换为80%量程标准气体, 重复上述操作, 计算待测仪器的80%量程精密度, 测试结果均应符合表2的要求。

$$RSD_r = \frac{1}{\bar{x}} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中:

RSD_r ——待测仪器的精密度 (相对标准偏差), %;

\bar{x} ——待测仪器测量值的平均值, nmol/mol;

x_i ——待测仪器第 i 次测量值, nmol/mol;

i ——测试序号, $i=1, 2, \dots, n$;

n ——测试总次数, $n=6$ 。

7.7 高浓度残留

待测仪器运行稳定后, 通入浓度为 80%量程标准气体 5 个循环且超过 15 min 后, 立即采集零点气, 取第 1 个分析周期非甲烷总烃的测量值作为高浓度残留, 测试结果应符合表 2 的要求。

7.8 响应因子

待测仪器经校准并运行稳定后, 分别通入浓度为 50%量程 (以碳计) 的丙烷、甲苯、乙酸乙酯和三氯乙烯标准气体, 待测量示值稳定后连续测量 3 次, 记录每次测量的峰面积 (或信号值), 按公式 (7) 计算各组份响应因子, 测试结果均应符合表 2 的要求。

$$f_c = \frac{\frac{\bar{S}_c}{x_{s,c}}}{\frac{\bar{S}_{ref}}{x_{s,ref}}} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

f_c ——待测物质 (甲苯、乙酸乙酯和三氯乙烯) 的响应因子;

\bar{S}_c ——待测物质 (甲苯、乙酸乙酯和三氯乙烯) 的 3 次测量峰面积 (或信号值) 的平均值;

$x_{s,c}$ ——待测物质 (甲苯、乙酸乙酯和三氯乙烯) 标准气体的以碳计浓度值, nmol/mol;

\bar{S}_{ref} ——丙烷的 3 次测量峰面积 (或信号值) 的平均值;

$x_{s,ref}$ ——丙烷标准气体的以碳计浓度值，nmol/mol。

7.9 富集效率

待测仪器经校准并运行稳定后，通入浓度为50%量程（以碳计）的乙烯标准气体，待测量示值稳定后连续测量3次，记录每次非甲烷总烃测量值，按公式（8）计算待测仪器对乙烯的富集效率。

将标准气体更换为浓度为50%量程（以碳计）的正十一烷标准气体，重复上述操作，按公式（8）计算待测仪器对正十一烷的富集效率，测试结果均应符合表2的要求。

$$\eta_B = \frac{\frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 x_i}{x_s} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

式中：

- η_B ——待测仪器的富集效率，%；
- x_i ——待测仪器第*i*次测量值，nmol/mol；
- i*——测试序号，*i*=1，2，3；
- 3——测试总次数；
- x_s ——标准气体的浓度值，nmol/mol。

7.10 转换效率

待测仪器经校准并运行稳定后，通入浓度为50%量程（以碳计）的丙烷标准气体，待测量示值稳定后连续测量3次，记录每次非甲烷总烃测量值，按公式（9）计算待测仪器的转换效率，测试结果应符合表2的要求。

$$\eta_Z = \frac{\frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 x_i}{x_s} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

式中：

- η_Z ——待测仪器的转换效率，%；
- x_i ——待测仪器第*i*次测量值，nmol/mol；
- i*——测试序号，*i*=1，2，3；
- 3——测试总次数；
- x_s ——标准气体的浓度值，nmol/mol。

7.11 湿度影响

待测仪器连接湿度发生器，运行稳定后，不启动湿度发生器的湿度发生装置，发生浓度为 50%量程标准气体，通入待测仪器，待测量示值稳定后连续测量 3 次，记录每次非甲烷总烃测量值。然后，启动湿度发生器的湿度发生装置，发生相对湿度为 80%的同等浓度标准气体，通入待测仪器，待测量示值稳定后连续测量 3 次，记录每次非甲烷总烃测量值，按公式（10）计算待测仪器的湿度影响，测试结果应符合表 2 的要求。

$$\Delta x_{RH} = \frac{\bar{x}_{80} - \bar{x}_0}{\bar{x}_0} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

式中：

- Δx_{RH} ——湿度变化引起的待测仪器测量值的相对误差，%；
- \bar{x}_{80} ——加湿条件下，通入 50%量程标准气体，待测仪器的 3 次测量平均值，nmol/mol；
- \bar{x}_0 ——不加湿条件下，通入 50%量程标准气体，待测仪器的 3 次测量平均值，nmol/mol。

7.12 环境温度影响

将待测仪器放入恒温环境中，设置恒温环境温度为 $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 。待恒温装置稳定并运行 1 h 后，通入浓度为 50% 量程标准气体，待测量示值稳定后连续测量 3 次，记录每次非甲烷总烃测量值。将恒温环境温度调整为 $15^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，待恒温装置稳定并运行 1 h 后，通入浓度为 50% 量程标准气体，待测量示值稳定后连续测量 3 次，记录每次非甲烷总烃测量值。然后，再将恒温环境温度调整为 $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，待恒温装置稳定并运行 1 h 后，通入浓度为 50% 量程标准气体，待测量示值稳定后连续测量 3 次，记录每次非甲烷总烃测量值，按公式 (11) 分别计算在 15°C 和 35°C 条件下的环境温度影响，测试结果应符合表 2 的要求。

$$\Delta x_T = \frac{\bar{x}_T - \bar{x}_{25}}{\bar{x}_{25}} \times 100\% \quad (11)$$

式中：

Δx_T ——环境温度变化引起的待测仪器测量值的相对误差，%；

\bar{x}_T ——环境温度为 15°C 或 35°C 条件下，待测仪器的 3 次测量平均值， nmol/mol ；

\bar{x}_{25} ——环境温度为 25°C 条件下，待测仪器的 3 次测量平均值， nmol/mol 。

7.13 电压影响

待测仪器运行稳定后，在正常电压 ($220\text{V} \pm 2\text{V}$) 条件下，通入浓度为 50% 量程标准气体，待测量示值稳定后连续测量 3 次，记录每次非甲烷总烃测量值。调节电压高于正常电压值 10%，通入浓度为 50% 量程标准气体，待测量示值稳定后连续测量 3 次，记录每次非甲烷总烃测量值。调节电压低于正常电压值 10%，通入浓度为 50% 量程标准气体，待测量示值稳定后连续测量 3 次，记录每次非甲烷总烃测量值，按公式 (12) 分别计算两种电压条件下的电压影响，测试结果应符合表 2 的要求。

$$\Delta x_V = \frac{\bar{x}_V - \bar{x}_R}{\bar{x}_R} \times 100\% \quad (12)$$

式中：

Δx_V ——电压变化引起的待测仪器测量值的相对误差，%；

\bar{x}_V ——高于或低于正常电压 10% 条件下，待测仪器的 3 次测量平均值， nmol/mol ；

\bar{x}_R ——正常电压条件下，待测仪器的 3 次测量平均值， nmol/mol 。

7.14 样气口和校准口浓度偏差

待测仪器运行稳定后，从样气口通入浓度为 50% 量程标准气体，待测量示值稳定后连续测量 3 次，记录每次非甲烷总烃测量值。再从校准口通入浓度为 50% 量程标准气体，待测量示值稳定后连续测量 3 次，记录每次非甲烷总烃测量值，按公式 (13) 计算待测仪器的样气口和校准口浓度偏差，测试结果应符合表 2 的要求。

$$\Delta x = \frac{\bar{x}_C - \bar{x}_S}{\bar{x}_S} \times 100\% \quad (13)$$

式中：

Δx ——待测仪器的样气口和校准口浓度偏差，%；

\bar{x}_C ——校准口进气条件下，待测仪器的 3 次测量平均值， nmol/mol ；

\bar{x}_S ——样气口进气条件下，待测仪器的 3 次测量平均值， nmol/mol 。

7.15 动态校准仪流量误差

待动态校准仪运行稳定后，将标准流量计串联到动态校准仪气路中，使动态校准仪产生流量控制器 20%~80%满量程流量。待标准流量计读数稳定后，分别记录动态校准仪流量（标准状态）瞬时值 $q_{c,i}$ 和标准流量计流量（标准状态）瞬时值 $q_{v,i}$ ，按公式（14）计算两者的相对误差。重复测试3次，按公式（15）计算动态校准仪流量误差，测试结果均应符合表2的要求。

$$RE_{q,i} = \frac{q_{c,i} - q_{v,i}}{q_{v,i}} \times 100\% \dots\dots\dots (14)$$

式中：

- $RE_{q,i}$ ——第*i*次动态校准仪流量值和标准流量计流量值的相对误差，%；
- $q_{c,i}$ ——第*i*次动态校准仪流量值，L/min（或mL/min）；
- $q_{v,i}$ ——第*i*次标准流量计流量值，L/min（或mL/min）；
- i*——测试序号，*i*=1，2，3。

$$RE_q = \frac{\sum_{i=1}^3 RE_{q,i}}{3} \dots\dots\dots (15)$$

式中：

- RE_q ——动态校准仪流量误差，%；
- $RE_{q,i}$ ——第*i*次动态校准仪流量值和标准流量计流量值的相对误差，%；
- i*——测试序号，*i*=1，2，3；
- 3——测试总次数。

7.16 24 h 漂移

待测仪器运行稳定后，通入浓度为 20%量程标准气体，待测量示值稳定后连续测量 3 次，记录每次非甲烷总烃测量值；继续通入浓度为 80%量程标准气体，待测量示值稳定后连续测量 3 次，记录每次非甲烷总烃测量值。通气结束后，待测仪器连续运行 24 h（期间不允许任何校准和维护），然后重复上述操作，并分别记录稳定后各浓度连续 3 次非甲烷总烃测量值。按公式（16）、（17）分别计算待测仪器 24 h 的 20%量程漂移 $\Delta x_{rd,i}$ 和 80%量程漂移 $\Delta x_{sd,i}$ ，然后可校准待测仪器。重复上述测试 7 次，测试结果均应符合表 2 的要求。

$$\Delta x_{rd,i} = \frac{\bar{x}_{rd,i} - \bar{x}_{rd,i-1}}{x_s} \times 100\% \dots\dots\dots (16)$$

式中：

- $\Delta x_{rd,i}$ ——待测仪器 24 h 的 20%量程漂移，%；
- $\bar{x}_{rd,i}$ ——待测仪器运行 24 h 后通入 20%量程标准气体的 3 次测量平均值，nmol/mol；
- $\bar{x}_{rd,i-1}$ ——待测仪器通入 20%量程标准气体的初始 3 次测量平均值，nmol/mol；
- i*——测试序号，*i*=1，2，...7；
- 7——测试总次数；
- x_s ——标准气体的浓度值，nmol/mol。

$$\Delta x_{sd,i} = \frac{\bar{x}_{sd,i} - \bar{x}_{sd,i-1}}{x_s} \times 100\% \dots\dots\dots (17)$$

式中：

- $\Delta x_{SD,i}$ ——待测仪器 24 h 的 80%量程漂移，%；
 $\bar{x}_{SD,i}$ ——待测仪器运行 24 h 后通入 80%量程标准气体的 3 次测量平均值，nmol/mol；
 $\bar{x}_{SD,i-1}$ ——待测仪器通入 80%量程标准气体的初始 3 次测量平均值，nmol/mol；
i——测试序号，*i*=1, 2, ...7；
 7——测试总次数；
 x_s ——标准气体的浓度值，nmol/mol。

7.17 7 d 漂移

待测仪器运行稳定后，通入浓度为 20%量程标准气体，待测量示值稳定后连续测量 3 次，记录每次非甲烷总烃测量值；继续通入浓度为 80%量程标准气体，待测量示值稳定后连续测量 3 次，记录每次非甲烷总烃测量值。通气结束后，待测仪器连续运行 7 d（期间不允许任何校准和维护），然后重复上述操作，并分别记录稳定后各浓度连续 3 次非甲烷总烃测量示值。按公式（18）、（19）分别计算待测仪器 7 d 的 20%量程漂移 $\Delta x_{RD,i}$ 和 80%量程漂移 $\Delta x_{SD,i}$ ，然后可校准待测仪器。重复上述测试 3 次，测试结果均应符合表 2 的要求。

$$\Delta x_{RD,i} = \frac{\bar{x}_{RD,i} - \bar{x}_{RD,i-1}}{x_s} \times 100\% \dots\dots\dots (18)$$

式中：

- $\Delta x_{RD,i}$ ——待测仪器 7 d 的 20%量程漂移，%；
 $\bar{x}_{RD,i}$ ——待测仪器运行 7 d 后通入 20%量程标准气体的 3 次测量平均值，nmol/mol；
 $\bar{x}_{RD,i-1}$ ——待测仪器通入 20%量程标准气体的初始 3 次测量平均值，nmol/mol；
i——测试序号，*i*=1, 2, 3；
 3——测试总次数；
 x_s ——标准气体的浓度值，nmol/mol。

$$\Delta x_{SD,i} = \frac{\bar{x}_{SD,i} - \bar{x}_{SD,i-1}}{x_s} \times 100\% \dots\dots\dots (19)$$

式中：

- $\Delta x_{SD,i}$ ——待测仪器 7 d 的 80%量程漂移，%；
 $\bar{x}_{SD,i}$ ——待测仪器运行 7 d 后通入 80%量程标准气体的 3 次测量平均值，nmol/mol；
 $\bar{x}_{SD,i-1}$ ——待测仪器通入 80%量程标准气体的初始 3 次测量平均值，nmol/mol；
i——测试序号，*i*=1, 2, 3；
 3——测试总次数；
 x_s ——标准气体的浓度值，nmol/mol。

7.18 平行性

3 台（套）同型号待测仪器经校准并运行稳定后，通入浓度为 20%量程标准气体，待测量示值稳定后连续测量 3 次，记录每次非甲烷总烃测量值；继续通入浓度为 50%量程标准气体，待测量示值稳定后连续测量 3 次，记录每次非甲烷总烃测量值；再通入浓度为 80%量程标准气体，待测量示值稳定后连续测量 3 次，记录每次非甲烷总烃测量值。按公式（20）分别计算不同浓度下的平行性，测试结果均应符合表 2 的要求。

$$RSD_j = \frac{\sqrt{\frac{1}{2} \sum_{k=1}^3 (\bar{x}_{kj} - \bar{x}_j)^2}}{\bar{x}_j} \times 100\% \dots\dots\dots (20)$$

式中:

RSD_j ——3 台(套)待测仪器测量第 j 种标准气体的平行性(相对标准偏差), %;

\bar{x}_j ——3 台(套)待测仪器测量第 j 种标准气体的平均值, nmol/mol;

\bar{x}_{kj} ——第 k 台(套)待测仪器测量第 j 种标准气体的 3 次测量平均值, nmol/mol;

k ——待测仪器的序号, $k=1, 2, 3$;

j ——测试标准气体的序号, $j=1, 2, 3$ (20%F.S、50%F.S和 80%F.S.)。

7.19 实际样品一致性

待测仪器经校准并运行稳定后,在同一试验环境条件下,将 3 台(套)同型号待测仪器从同一采样总管取样,连续测量空气中非甲烷总烃浓度 168 h。记录相同时间段内每台待测仪器的小时均值 x_{kl} , k 为待测仪器的编号, l 为样品的小时序号,按公式(21)计算 3 台待测仪器的平均值 \bar{x}_l 。

$$\bar{x}_l = \frac{\sum_{k=1}^3 x_{kl}}{3} \dots\dots\dots (21)$$

式中:

\bar{x}_l ——3 台(套)待测仪器测量第 l 个样品的平均值, nmol/mol;

x_{kl} ——第 k 台待测仪器测量第 l 个样品的浓度值, nmol/mol;

k ——待测仪器的编号, $k=1, 2, 3$;

3——待测仪器的数量。

实际样品一致性的计算应遵循以下原则:

- a) $\bar{x}_l \leq 20$ nmol/mol 时,不参与一致性的计算。
- b) 20 nmol/mol $< \bar{x}_l \leq 200$ nmol/mol 时,按公式(22)计算 3 台待测仪器的标准偏差,样品量应不少于 20 个;按公式(23)计算实际样品一致性,测试结果应符合表 2 的要求。
- c) $\bar{x}_l > 200$ nmol/mol 时,按公式(24)计算 3 台待测仪器的相对标准偏差,样品量应不少于 20 个。按公式(25)计算实际样品一致性,测试结果应符合表 2 的要求。

$$S_{r,l} = \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{k=1}^3 (x_{kl} - \bar{x}_l)^2} \dots\dots\dots (22)$$

式中:

$S_{r,l}$ ——3 台待测仪器第 l 个样品的标准偏差, nmol/mol;

x_{kl} ——第 k 台待测仪器测量第 l 个样品的浓度值, nmol/mol;

\bar{x}_l ——3 台待测仪器测量第 l 个样品浓度的平均值, nmol/mol;

k ——待测仪器的编号, $k=1, 2, 3$;

l ——有效样品的序号, $l=1, 2, \dots, m$;

m ——有效样品总数, $m \geq 20$ 。

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^m (S_{r,l})^2}{m}} \dots\dots\dots (23)$$

式中:

S_r ——3 台待测仪器的一致性偏差（标准偏差），nmol/mol；
 $S_{r,l}$ ——3 台待测仪器第 l 个样品测量结果的标准偏差，nmol/mol；
 l ——有效样品的序号， $l=1, 2, \dots, m$ ；
 m ——有效样品总数， $m \geq 20$ 。

$$S_{d,l} = \frac{\sqrt{\frac{1}{2} \sum_{k=1}^3 (x_{kl} - \bar{x}_l)^2}}{\bar{x}_l} \times 100\% \dots\dots\dots (24)$$

式中：

$S_{d,l}$ ——3 台待测仪器第 l 个样品的相对标准偏差，%；
 x_{kl} ——第 k 台待测仪器测量第 l 个样品的浓度值，nmol/mol；
 \bar{x}_l ——3 台待测仪器测量第 l 个样品浓度的平均值，nmol/mol；
 k ——待测仪器的编号， $k=1, 2, 3$ ；
 l ——有效样品的序号， $l=1, 2, \dots, m$ ；
 m ——有效样品总数， $m \geq 20$ 。

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^m (S_{d,l})^2}{m}} \times 100\% \dots\dots\dots (25)$$

式中：

S_d ——3 台待测仪器的一致性偏差（相对标准偏差），%；
 $S_{d,l}$ ——3 台待测仪器第 l 个样品的相对标准偏差，%；
 l ——有效样品的序号， $l=1, 2, \dots, m$ ；
 m ——有效样品总数， $m \geq 20$ 。

7.20 数据有效率

待测仪器经校准并运行稳定后，开始连续30 d的运行，测试数据有效率。每天通入浓度为20%量程标准气体，开展日核查。当日核查数据超过示值误差的要求时，其前24 h的数据均记为异常数据。运行期间，详细记录每次维护时间及内容，记为维护数据。当仪器故障导致的数据缺失，记为缺失数据。统计30 d内异常数据、维护数据和缺失数据的小时数，按公式（26）计算数据有效率，应符合表2的要求。

$$D = \left(1 - \frac{T}{30 \times 24} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (26)$$

式中：

D ——数据有效率，%；
 T ——测试期间异常、维护和缺失数据的小时数，h；
30——测试的天数，d；
24——每天小时数，h/d。

附 录 A
(规范性附录)
监测系统数据显示、记录和输出要求

A.1 数据格式要求

监测系统测量数据的单位和显示值的小数位应符合表 A.1 要求。

表 A.1 显示、记录和输出数据清单

| 序号 | 测量数据名称 | | 单位 | 小数位 |
|--|--------|-----------------|--------------|-------------------|
| 1 | 测量浓度 | 非甲烷总烃摩尔分数 | nmol/mol | 1 (I型) 0 (II型) |
| 2 | | 甲烷摩尔分数 | nmol/mol | |
| 3 | | 总烃摩尔分数 | nmol/mol | |
| 4 | 原始信号值 | 甲烷峰面积 (或信号值) | / | / |
| 5 | | 非甲烷总烃峰面积 | / | / |
| 6 | | 总烃峰面积 (或信号值) | / | / |
| 7 | 仪器运行状态 | 样气流量 | mL/min | 0 |
| 8 | | 载气流量 (或压力) | mL/min / kPa | 0 / 0.01 |
| 9 | | 燃烧气流量 | mL/min | 0 |
| 10 | | 助燃气流量 | mL/min | 0 |
| 11 | | 柱温箱 (或催化氧化炉) 温度 | ℃ | 1 |
| 12 | | 捕集阱温度 | ℃ | 1 |
| 13 | | 氢火焰离子化检测器温度 | ℃ | 1 |
| 注 1: “非甲烷总烃峰面积” 仅适用直接法仪器; 注 2: “总烃峰面积 (或信号值)” 仅适用差减法仪器; 注 3: “捕集阱温度” 仅适用带捕集阱的仪器。 | | | | |

A.2 数据记录要求

A.2.1 监测系统处理实时数据和定时段数据时, 应采用的数据格式见表 A.2。

表 A.2 数据时间标签一览表

| 数据时间类型 | 时间标签 | 定义 | 描述与示例 |
|--------|--------------|--|--|
| 分钟数据 | YYYYMMDDHHMM | 时间标签为数据采集的时刻, 数据为相应时刻采集的瞬时值或一分钟测量均值 | 202303211916 为 2023 年 3 月 21 日 19 时 16 分 00 秒的瞬时值或 19 时 15 分 01 秒至 19 时 16 分 00 秒的测量均值 |
| 周期数据 | YYYYMMDDHHMM | 时间标签为测量截止时间, 数据为该周期的测量浓度值 | 202303210615 为该周期内测量的浓度值 |
| 小时数据 | YYYYMMDDHH | 时间标签为测量截止时间, 数据为此时刻前一小时的测量浓度均值 | 2023032106 为 2023 年 3 月 21 日 5 时 01 分至 21 日 6 时 00 分的测量浓度均值 |
| 日均值数据 | YYYYMMDD | 时间标签为测量开始时间, 数据为当日 1 时至 24 时 (第 2 天 0 时) 的测量浓度均值 | 20230321 为 2023 年 3 月 21 日 1 时至 22 日 0 时的测量浓度均值 |

A.2.2 监测系统应至少能显示测量浓度、原始信号值、仪器运行状态等实时数据和当前仪器的测试状态（如采样、测量、升温、降温等）。

A.2.3 分钟数据应至少记录和输出该时刻的测量浓度、原始信号值、仪器运行状态等测量数据和当前仪器的运行状态（如采样、测量、升温、降温等），并且具备 1 a 以上数据存储能力。

A.2.4 周期数据应至少记录和输出一个测量周期结束后的时间标签、测量浓度和原始信号值，带捕集阱的仪器还应记录采样开始和结束时间、捕集阱的升温开始时间和结束时间、捕集阱的降温开始时间和结束时间等，并且具备 1 a 以上数据存储能力。

A.2.5 小时数据应至少记录和输出该小时截止的时间标签、非甲烷总烃摩尔分数、甲烷摩尔分数和总烃摩尔分数的平均值，并且具备 1 a 以上数据存储能力。

A.2.6 应统计记录和输出当日非甲烷总烃摩尔分数、甲烷摩尔分数和总烃摩尔分数的最大值、最小值和日均值，并且具备 1 a 以上数据存储能力。

A.3 数据处理要求

A.3.1 非甲烷总烃摩尔分数小时数据按公式（A.1）计算：

$$x_h = \frac{\sum_{B=1}^N x_{h,B}}{N} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

x_h ——监测系统 h 时非甲烷总烃摩尔分数，nmol/mol；

$x_{h,B}$ ——监测系统 h 时第 B 次测量的非甲烷总烃摩尔分数，nmol/mol；

h ——小时序号；

N ——监测系统在该小时内测量次数；

B ——监测系统在该小时内测量次数序号， $B=1, 2, \dots, N$ 。

A.3.2 非甲烷总烃摩尔分数日均值数据按公式（A.2）计算：

$$\bar{x}_d = \frac{\sum_{h=1}^H x_{d,h}}{H} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

\bar{x}_d ——监测系统 d 日非甲烷总烃摩尔分数日均值，nmol/mol；

$x_{d,h}$ ——监测系统 d 日 h 时的非甲烷总烃摩尔分数，nmol/mol；

d ——天序号；

H ——监测系统在该天内测量小时数；

h ——监测系统在该天内测量小时序号， $h=1, 2, \dots, H$ 。

A.3.3 非甲烷总烃摩尔分数与以参比状态质量浓度单位按公式（A.3）换算：

$$\rho_R = \frac{12}{24.5} \times x_V \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

ρ_R ——非甲烷总烃的参比状态质量浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

12——非甲烷总烃的以碳计摩尔质量，g/mol；

24.5——参比状态下的气体摩尔体积，L/mol；

x_V ——非甲烷总烃的摩尔分数，nmol/mol。

A.3.4 非甲烷总烃摩尔分数与标准状态质量浓度单位按公式（A.4）换算：

$$\rho_s = \frac{12}{22.4} \times x_v \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

ρ_s ——非甲烷总烃的标准状态质量浓度， $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ；

12——非甲烷总烃的以碳计摩尔质量， g/mol ；

22.4——标准状态下的气体摩尔体积， L/mol ；

x_v ——非甲烷总烃的摩尔分数， nmol/mol 。

