

团 体 标 准

T/ACEF 180—2024

VOCs 分散吸附-移动脱附催化燃烧 技术规范

Technical specifications for distributed adsorption - mobile thermal desorption
catalytic combustion for volatile organic compounds (VOCs)

2024-12-30 发布

2025-01-01 实施

中华环保联合会 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 污染物与污染负荷	2
5 分散吸附-移动脱附再生模式组成	2
6 VOCs 分散吸附单元	3
7 移动脱附催化燃烧单元	5
8 监测设备	6
9 安全要求	6
10 运行管理	7
附录 A（资料性） 再生周期计算	9
附录 B（资料性） 移动脱附运行数据记录表	10
附录 C（规范性） 吸附剂静态苯吸附率测试方法	11
附录 D（规范性） 真空绝热性能测试方法	12
附录 E（规范性） 气密性检验	14

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。

本文件由中华环保联合会提出并归口。

本文件主编单位：南京理工大学、河北科技大学、中华环保联合会VOCs污染防治专业委员会。

本文件参编单位：石家庄科林奥德环保科技有限公司、石家庄安瑞科气体机械有限公司、中化学建设投资集团科技产业发展有限公司、河北先进环保产业创新中心有限公司、河南中炼能化生态科技有限公司、山西新华防化装备研究院有限公司、成都鑫金臣节能环保科技有限公司、西安多普多信息科技有限公司、石家庄钜汇环保科技有限公司、北京国环汇智环境科技有限公司。

本文件主要起草人：郭渊明、李豪、王欣、张丁超、吴克食、许夏、刘杨、尚超、李健生、齐俊文、陈颢明、易鑫、张振忠、彭见洪、彭向乐、魏亚楠、卢喜光、杜昭、杨浩、郭斌、任爱玲、刘仁凯、漆杰龙、陈全涛、陈利君、王修亮、张健、沈志成、张翔、罗春辉、周薇、郭丹阳。

VOCs 分散吸附-移动脱附催化燃烧技术规范

1 范围

本文件规定了挥发性有机物（VOCs）分散吸附-移动脱附催化燃烧装置设计、集成制造、运行、维护及管理技术要求。

本文件可作为移动式VOCs废气治理工程及同类装置的设计、验收、运行和运维管理的参考依据。

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 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 7702.19 煤质颗粒活性炭试验方法 四氯化碳脱附率的测定

GB/T 16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法

GB/T 18443.1—2010 真空绝热深冷设备性能试验方法 第1部分：基本要求

GB 50016 建筑设计防火规范

GB 50140 建筑灭火器配置设计规范

GB/T 50726 工业设备及管道防腐蚀工程技术标准

HJ 1012 环境空气和废气总烃、甲烷和非甲烷总烃便携式监测仪技术要求及检测方法

HJ 2026 吸附法工业有机废气治理工程技术规范

TSG 23 气瓶安全技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

VOCs分散吸附单元 Distributed adsorption unit for VOCs

VOCs分散吸附单元指区域（园区、企业）内若干个涉VOCs排放点分别安装已装填吸附剂的设备，每套吸附设备由预处理设备、吸附设备、风机、监测和控制系统组成。

3.2

移动脱附催化燃烧单元 Mobile desorption and catalytic combustion unit

移动脱附催化燃烧单元指若干分散吸附设备依次再生时共享使用的一种环保公共基础设施，由脱附催化燃烧装置、移动装置、连接装置和浓度监测装置等组成的移动机构。

3.3

分散吸附-移动脱附再生模式 Distributed adsorption - mobile regeneration mode

通过标准化设计，对若干个涉VOCs排放点进行分散吸附，利用移动再生脱附催化燃烧单元进行吸附剂脱附再生，实现VOCs达标排放、吸附剂原位再生的一种治理方式。

4 污染物与污染负荷

4.1 VOCs分散吸附单元的设计风量和VOCs浓度应以实际测试值为基础并考虑存在的变化情况综合确定，也可通过类比同类项目确定，一般适用于VOCs初始浓度 $\leq 120 \text{ mg/m}^3$ ，单台吸附设备处理风量宜 $\leq 30000 \text{ m}^3/\text{h}$ ，风量大时允许多台设备并联使用。

4.2 进入吸附装置中的废气，颗粒物浓度宜 $\leq 1 \text{ mg/m}^3$ ，相对湿度宜 $\leq 80\%$ 、温度宜 $\leq 40^\circ\text{C}$ 。不能满足以上条件的，应进行预处理。

4.3 含酮类的废气，不宜采用吸附法处理。

4.4 易聚合、易交联、高沸点的有机物，不宜采用吸附法处理。

4.5 进入移动脱附催化燃烧单元的废气控制浓度P应低于其爆炸极限下限的15%；对于含有混合有机物的废气，其控制浓度P应低于最易爆组分或混合气体爆炸极限下限最低值的15%，按公式(1)计算：

$$P < \min(P_e, P_m) \times 15\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

P ——控制浓度，%；

P_e ——最易爆组分爆炸极限下限，%；

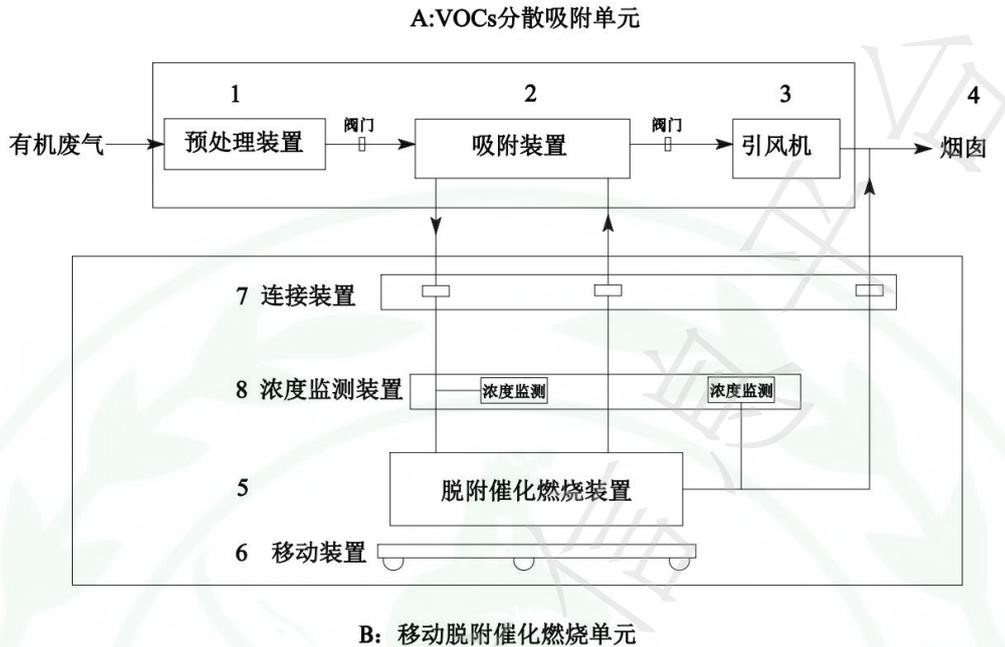
P_m ——混合气体爆炸极限下限，%。

4.6 吸附单元应依据有机废气理化性质等原始资料进行设计，原始资料主要包括以下内容：

- a) 废气风量（正常值、最大值、最小值）；
- b) 废气温度（正常值、最大值、最小值）；
- c) 废气压力、湿度；
- d) 废气中VOCs组分；
- e) 废气中VOCs浓度（正常值、最大值、最小值）；
- f) 废气中颗粒物浓度；
- g) 废气排放方式（连续、间歇、波动周期）。

5 分散吸附-移动脱附再生模式组成

VOCs分散吸附-移动脱附再生系统通常包括VOCs分散吸附单元和移动脱附催化燃烧单元。VOCs分散吸附单元主要包括预处理设备、吸附设备、风机、监测和控制系统；移动脱附催化燃烧单元主要包括脱附催化燃烧装置、移动装置、连接装置和浓度监测装置。VOCs分散吸附-移动脱附再生系统组成见图1。



标引序号说明：

A. VOCs分散吸附单元

- 1——预处理装置：一般为过滤装置（过滤等级初效/中效/高效组合）；必要时可增加冷凝、吸收等净化装置；
 2——吸附装置：可用立式或卧式设备，吸附剂可选择活性炭、沸石、分子筛等吸附材料，设置消防联锁；
 3——引风机：一般为防爆电机；
 4——烟囱：一般为企业现场烟囱，连接高温排气管道；

B. 移动脱附催化燃烧单元

- 5——脱附催化燃烧装置：一般由集成催化燃烧设备、换热设备、加热设备、供能设备、风机、控制系统、调温系统等组成。可通过催化燃烧设备将VOCs分解为二氧化碳和水；
 6——移动装置：一般以车为移动载体，可通过移动为多个吸附装置进行脱附再生；
 7——连接装置：采用快接方式用于吸附装置与移动脱附催化燃烧装置连接，接头应具有良好密封性和可操作性；
 8——浓度监测装置：对进入移动脱附催化燃烧装置的废气浓度、净化后外排废气浓度分别进行实时监测。

图1 VOCs分散吸附-移动脱附再生系统组成图

6 VOCs分散吸附单元

6.1 一般规定

6.1.1 VOCs分散吸附单元的适用工况条件为VOCs排放浓度宜 $\leq 120 \text{ mg/m}^3$ ，单台设备风量宜 $\leq 30000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

6.1.2 当有机废气不满足4.1、4.2的相关要求时，应进行必要的降温、除湿和除尘处理。采用洗涤方式降温的，应在吸附装置前设计除湿措施；除尘宜采用干式过滤方式，过滤装置两端应安装压差计。

6.1.3 VOCs分散吸附单元的吸附剂可选择颗粒活性炭、蜂窝活性炭、颗粒分子筛和蜂窝分子筛等。

吸附剂的选择应满足 HJ 2026 等标准中的相关规定。常见吸附剂的主要参数见表 1。

表 1 常见吸附剂主要参数

编号	项目		指标			
			颗粒活性炭	蜂窝活性炭	蜂窝分子筛	颗粒分子筛
1	堆积密度 / (kg/m ³)		350~500	250~400	350~500	350~550
2	比表面积 / (m ² /g)	≥	850	650	300	400
3	水分含量 /%	≤	5	5	5	4
4	抗压强度 /MPa	≥	-	横向: 0.9	横向: 0.7	-
			-	纵向: 0.4	纵向: 0.2	-
5	碘吸附值 / (mg/g)	≥	800	650	-	-
6	四氯化碳吸附率 ^a /%	≥	50	45	-	-
7	四氯化碳脱附率 ^b /%	≥	80	80	-	-
8	苯吸附率 /%	≥	30	20	5	5
9	空气流速 /h ⁻¹	≤	5000	3500	2500	4000
^a 按照 GB/T 7702.13 的相关要求执行						
^b 按照 GB/T 7702.19 的相关要求执行						

6.1.4 应根据废气处理风量、污染物浓度、吸附剂的动态吸附容量、再生周期（可参考附录 A）等确定吸附剂装填量。

6.1.5 当废气中含有腐蚀性气体时，吸附装置应采用防腐材料或按照 GB 50726 的相关要求采取防腐措施。

6.1.6 吸附装置应配套气密性良好的进气、出气阀门。

6.1.7 吸附装置应预留用来便捷更换吸附剂的装置与空间。

6.1.8 吸附装置应定期采用移动式催化燃烧单元对吸附饱和的吸附剂进行再生，从而恢复其吸附性能。再生周期的估算可参照附录 A。

6.1.9 VOCs 分散吸附单元宜配套自动化控制，功能包括变频启停、温度监控、压差监控、工作计时、数据记录、自动化联锁、安全报警等，保证系统单元完整性、稳定性。

6.2 性能要求

6.2.1 VOCs 分散吸附单元出口 VOCs 排放浓度应满足国家、地方标准及排污许可规定的限值要求。

6.2.2 吸附装置压力损失宜≤2.5 kPa。

6.2.3 吸附装置的焊缝、管道连接处、保温层等应密封，不应泄漏。

6.2.4 吸附装置应设置保温结构。采用真空保温结构的，真空度应≤30 Pa（绝对压力），夹层间距应≥20 mm；采用常规保温材料（岩棉、硅酸铝毡）结构的，保温层厚度应≥50 mm。

6.3 其他要求

6.3.1 VOCs 分散吸附单元气体进出口连接管道上应设置气体采样口。采样口的设置应满足 HJ 1012 和 GB/T 16157 等的相关规定。

6.3.2 VOCs 分散吸附单元应预留满足移动脱附催化燃烧单元对接的快捷接口或阀门。快捷接口或阀门的公称直径应≥200 mm，且非脱附状态时应密封；使用时与连接软管密封连接，不应存在感官

可察觉泄漏，并做使用记录。

6.3.3 烟囱或排放管道上应预留满足移动脱附催化燃烧单元连接排放管路的法兰。法兰公称直径应 ≥ 200 mm，且非脱附状态时应密封，无泄漏；脱附状态时与连接管件密封连接，不应有感官可察觉泄漏，并做使用记录。

7 移动脱附催化燃烧单元

7.1 一般规定

7.1.1 催化剂应满足以下要求：

- a) 催化剂工作温度范围为 $300\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，并能承受短期 $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ 高温冲击；
- b) 催化剂空速范围为 $10000\text{ h}^{-1}\sim 30000\text{ h}^{-1}$ ；
- c) 正常运行温度范围内，催化剂 VOCs 转化效率应不低于 97 %；
- d) 设计工况下催化剂使用寿命应大于 7200 h。

7.1.2 进入移动脱附催化燃烧单元的废气中不宜含有引起催化剂中毒的物质，如硫、含硫有机化合物、卤素（溴、氯等）、卤素化合物、强酸性物质、强碱性物质、磷、硅、铅、砷等。

7.1.3 废气中含有腐蚀性气体的，按照 6.1.5 中的要求实施。

7.1.4 移动脱附催化燃烧单元应具备预热功能，可利用洁净空气预热催化燃烧装置，温度应不低于 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，系统达到预热温度后，进行脱附处理。

7.1.5 移动脱附催化燃烧单元应具备在线温度监测功能，监测温度点位应包括催化剂床层、催化剂床层出口端。

7.1.6 移动脱附催化燃烧单元控制系统应配套自动化控制，包括变频启停、分散吸附单元温度监控、移动脱附催化燃烧单元温度监控、工作计时、数据记录、自动化联锁、安全报警等，保证系统单元完整性、稳定性。

7.1.7 吸附剂热脱附过程宜采取分段式程序控制，进行阶梯升温，脱附废气中 VOCs 浓度应低于其爆炸极限下限的 15 %。

7.1.8 移动脱附催化燃烧单元可采用电、天然气、液化石油气等作为热脱附及催化燃烧的能源。采用天然气、液化石油气等燃料供能时宜采用低氮燃烧机组。

7.1.9 当由 VOCs 分散吸附单元进入移动脱附催化燃烧单元的废气浓度低于 50 mg/m^3 时，或当移动脱附催化燃烧单元催化剂层无明显温差时，催化燃烧完成，关闭热源进入降温阶段。当 VOCs 分散吸附单元与移动脱附催化燃烧单元降温至常温时，VOCs 分散吸附单元再生完成，吸附剂恢复吸附性能。

7.2 性能要求

7.2.1 移动脱附催化燃烧装置处理后的 VOCs 排放浓度应不高于国家、地方标准规定的限值。

7.2.2 移动脱附催化燃烧装置的压力损失应 $\leq 2\text{ kPa}$ 。

7.2.3 移动脱附催化燃烧装置宜采用负压运行，焊缝、管道连接处、换热器等均应密封，无泄漏。

7.3 其他要求

7.3.1 移动脱附催化燃烧单元连接软管，应满足以下要求：

- a) 耐温范围 $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，具有外壁防烫伤、内壁耐化学腐蚀等性能；
- b) 管道轻便易安装，重量宜 $< 2.5\text{ kg/m}$ ；公称管径宜 $\geq \text{DN}200\text{ mm}$ ；
- c) 设备配置独立静电接地线，并与现场静电接地网/线连接。

7.3.2 移动脱附催化燃烧装置主体保养周期应 ≤ 6 个月，保养内容包括但不限于催化剂更新、供能

系统检修、传感器维护、控制参数调整及数据备份等。

8 监测设备

8.1 监测设备要求

- 8.1.1 移动脱附催化燃烧单元应配备固定污染源废气在线浓度监测仪，对单元的进气 VOCs 浓度和排气 VOCs 浓度分别进行监测，并上传控制系统，连锁控制。
- 8.1.2 监测设备可以采用固定式或便携式氢火焰离子化检测器（FID）检测仪。
- 8.1.3 FID 氢火焰离子化检测器应具备实时自动火焰检测功能，自动/手动点火仪器恢复正常运行功能。
- 8.1.4 监测设备应具备自动或手动校准功能。
- 8.1.5 监测设备采样周期应 ≤ 2 min，并可连续取样，检测时长不低于吸附单元的完整再生时长。
- 8.1.6 监测设备应具备数据采集、存储、传输、处理功能。

8.2 监测位置要求

监测位置的采样断面与弯头、阀门、变径等的距离应满足GB/T 16157等相关标准要求。

9 安全要求

9.1 VOCs 分散吸附单元安全要求

- 9.1.1 VOCs 分散吸附单元应具备超温声光报警功能，并连锁消防应急措施。
- 9.1.2 VOCs 分散吸附单元消防措施及安全疏散设计应按照 GB 50140 的相关要求进行设计配置，设备安全性能应满足国家、地方及行业安全技术规范的相关要求。
- 9.1.3 VOCs 分散吸附单元应设置压力表和泄压装置，其性能应满足安全技术要求。
- 9.1.4 吸附剂层应设置不少于 2 处温度检测点位，实时监测吸附剂层真实温度；温度传感器应与移动脱附催化燃烧单元控制系统关联，具备实时信号传输能力。
- 9.1.5 采用热空气脱附再生工艺时，采用活性炭类吸附剂的，热气流温度宜低于 100 °C；采用沸石、分子筛类吸附剂的，热气流温度宜低于 200 °C（高温深度再生时宜低于 300 °C）。
- 9.1.6 VOCs 分散吸附单元系统内电气、仪表、电机、风机等用电设备的防爆等级应不低于装置工作场所要求。
- 9.1.7 VOCs 分散吸附单元进气口应根据装置工作场所要求安装阻火器或防火阀。

9.2 移动脱附催化燃烧单元安全要求

- 9.2.1 移动脱附催化燃烧单元应具备声、光等报警功能，并应制定应急处理方案。
- 9.2.2 移动脱附催化燃烧单元应进行隔热保温，保温设计应满足相关规范要求，装置主体表面温度应 < 60 °C，并张贴相关警示标识。
- 9.2.3 移动脱附催化燃烧单元进气口应设置浓度调控装置（稀释、缓冲等措施），保证进入移动脱附催化燃烧装置的废气浓度低于爆炸极限下限的 15 %。
- 9.2.4 移动脱附催化燃烧单元应具备过热保护功能，催化剂床层温度监测应设置连锁降温措施。
- 9.2.5 移动脱附催化燃烧单元消防及安全设计应按照 GB 50140 的相关要求进行设计，设备安全性能应满足国家、地方及行业相关安全技术规范。

- 9.2.6 移动脱附催化燃烧单元系统内电气、仪表、电机、风机等用电设备的防爆等级应不低于装置工作场所要求。
- 9.2.7 移动脱附催化燃烧单元进气口、出气口应安装阻火器。
- 9.2.8 移动脱附催化燃烧单元应具有短路保护、过载保护和相序识别功能。
- 9.2.9 移动脱附催化燃烧单元的燃气供能系统应满足 TSG 23 中的相关要求。

9.3 其他安全要求

- 9.3.1 移动脱附催化燃烧单元工作场所严禁烟火，应在露天或通风良好的区域内作业。
- 9.3.2 设备脱附再生工作时应注意高温烫伤，工作人员应佩戴必要的劳保防护用品。
- 9.3.3 在防爆区内作业的，应按照 GB 50016 中的相关要求设置防爆距离。

10 运行管理

10.1 管理平台

10.1.1 企业管理模块

- 10.1.1.1 企业管理应具有“查看”和“编辑”功能，能够查看和编辑企业信息。
- 10.1.1.2 企业信息应包括企业名称、所属地区、所属行业、生产信息、专职环保人员电话、管控类型、VOCs 年产生量、VOCs 治理设备信息（吸附装置的编号、风量、VOCs 浓度、吸附剂类型、吸附剂装填量等）、VOCs 分散吸附-移动脱附催化燃烧服务报告。

10.1.2 分散吸附单元运行管理模块

- 10.1.2.1 吸附材料信息应包括吸附剂的采购、使用、更换或再生、收集与处置信息的记录，并应具备相关信息的追踪和查询等功能。
- 10.1.2.2 分散吸附单元运行效能监控宜具备在线数据收集、存储、分析功能，能够实时更新分散吸附单元工作关键参数（风速/风量、温度、压差、运行时长等）。
- 10.1.2.3 分散吸附单元运行管理模块应具备提醒、报警功能，能够根据 10.1.2.2 收集的关键信息，判断吸附剂状态，并作出更换提醒或再生报警。

10.2 移动脱附催化燃烧管理模块

- 10.2.1 移动脱附催化燃烧管理模块应依据 10.1.2.2 及时调度移动脱附催化燃烧单元按照再生流程启动 VOCs 分散吸附单元的再生工作。
- 10.2.2 移动脱附催化燃烧管理模块宜具备在线数据收集、存储、分析功能，可实时监控再生过程中移动脱附催化燃烧单元工作关键参数（催化燃烧温度、吸附剂床层温度、脱附时长、排放废气 VOCs 浓度等）。
- 10.2.3 移动脱附催化燃烧管理模块应建立电子台账，生成再生服务报告，并提交企业备份。再生服务报告应包括以下内容：
- a) 企业和治理设备基本信息；
 - b) 吸附装置床层温度-时间曲线；
 - c) 移动脱附催化燃烧单元催化温度-时间曲线；
 - d) 移动脱附催化燃烧单元排气浓度-时间曲线；
 - e) 企业 VOCs 排放执行标准；
 - f) 再生过程关键数据记录表（可参考附录 B）；
 - g) 综合评价结论。

10.3 设备维护管理

10.3.1 在线监测设备维护

10.3.1.1 监测使用前应进行设备的校准校验。

10.3.1.2 每月至少进行一次全系统校验，包括零点、跨度、线性误差和响应时间的检测，零气、标准气体以及样品气体通过的路径（如采样探头、过滤器、伴热管）应保持一致。

10.3.1.3 每年至少进行一次监测设备的计量认证检定。

10.3.1.4 在线监测设备维护记录应留存备案至少3年。

10.3.2 移动脱附催化燃烧单元维护

10.3.2.1 每月至少进行一次风机皮带、润滑油、软连接、减震器、电机、阀门执行器、伺服电机、电磁阀、电气元件及线路等检查。

10.3.2.2 每季度至少进行一次通风口、格栅、过滤器检查，及时清理堵塞。

10.3.2.3 每半年至少进行一次风机润滑油补充添加。

10.3.2.4 每半年至少进行一次供能系统检漏，底座紧固。

10.3.2.5 每年至少进行一次移动脱附催化燃烧单元温度传感器、报警仪等认证检定。

10.3.2.6 采用燃气供能的，应每三年进行一次气瓶的检定。

10.3.2.7 采用电加热方式的，应每半年进行一次电缆、接线的检查、维护，及时更换老化、损坏电缆等。

10.3.2.8 移动脱附催化燃烧设备维护记录应留存备案至少3年。

附录 A
(资料性)
再生周期计算

再生周期可按照公式 (A.1) 计算:

$$T=m \times s \div (C \times 10^{-6} \times Q) \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

T——再生周期, h;

m——吸附剂的用量, kg;

s——吸附剂动态吸附量, %: 一般取值按照颗粒活性炭≤15%, 蜂窝活性炭≤10%, 沸石分子筛类≤4%, 有数据资料的吸附剂按数据资料中的数值计算;

C——吸附剂削减的 VOCs 浓度 (吸附装置进出口 VOCs 浓度差), mg/m³;

Q——风量, m³/h。

附录 B
(资料性)
移动脱附运行数据记录表

移动脱附运行数据记录表内容见表B.1。

表 B.1 移动脱附运行数据记录表

吸附罐位置							本次脱附操作人	
上次脱附时间							本次脱附监控人	
数据记录								
序号	时间节点	再生气体温度/ (°C)	催化床层温度/ (°C)	催化燃烧装置 进气 VOCs 浓度 /(mg/m ³)	催化燃烧装置 排气 VOCs 浓度 /(mg/m ³)	备注		
1								
2								
3								
照片 1：整体系统			照片 2：脱附运行界面			照片 3：监测仪显示		

附 录 C
(规范性)
吸附剂静态苯吸附率测试方法

C.1 测量仪器

恒温烘干箱、电子天平、称量瓶、镊子、玻璃干燥器。

C.2 测量试剂

苯：分析纯。

C.3 测试步骤

C.3.1 取所需要的称量瓶清洗干净后放入110℃的恒温烘干箱内烘干。

C.3.2 取出已烘干的称量瓶，自然冷却后贴上已编号的标签，称其质量 M_1 ，记录数据。

C.3.3 将装有活性炭的称量瓶放置于110℃的恒温烘干箱内，打开称量瓶盖，烘干24h后取出，放入玻璃干燥器中自然冷却后，称其质量 M_2 ，记录数据。

C.3.4 在玻璃干燥器底部倒入适量的苯，然后把装有活性炭的称量瓶放入其内，打开称量瓶盖，盖上玻璃干燥器盖子，把干燥器水平的放入温度为40℃的恒温烘干箱内。

C.3.5 吸附24h后，打开玻璃干燥器，立即盖上称量瓶盖，取出置于玻璃干燥器中，自然冷却后称其质量 M_3 ，记录数据。

C.4 数据处理方法

活性炭静态苯吸附率按照公式(C.1)计算：

$$\eta = \frac{M_3 - M_2}{M_2 - M_1} \times 100\% \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

η ——活性炭的吸附率，%；

M_3 ——吸附后称量瓶、试样、苯质量，g；

M_2 ——吸附前称量瓶、试样质量，g；

M_1 ——称量瓶质量，g。

附录 D
(规范性)
真空绝热性能测试方法

D.1 测量仪器

真空计、真空规管、真空阀、真空机组均应满足GB/T 18443.1—2010中4.2的相关规定。

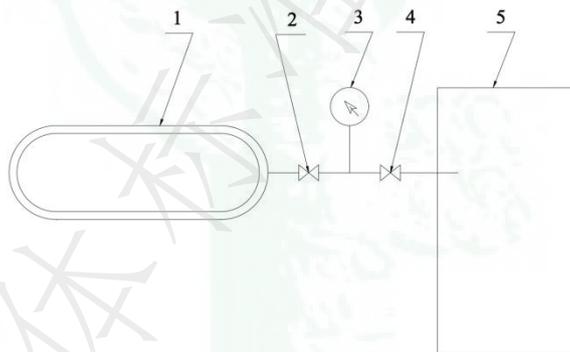
D.2 测量条件与测试准备

D.2.1 常温真空度测量时，被测试前内容器和外壳应处于测试环境温度下。

D.2.2 测试管路上的真空规管应垂直安放，其开口平面应平行于气流流动方向，且真空规管在测试前15 min内不应进行“除气”。

D.3 测试步骤

D.3.1 被测试件与真空测量系统按D.1图所示进行连接。



标引序号说明：

- 1——被检件；
- 2——被检件真空阀；
- 3——真空规管；
- 4——抽气系统真空阀；
- 5——真空机组。

图D.1 被测试件与真空测量系统连接示意图

D.3.2 应在被测试件真空阀和抽气系统真空阀处于关闭状态下时，启动真空机组。

D.3.3 打开抽气系统真空阀，由低真空泵对测量管路进行抽气，当测量管路压力低于3 Pa时，由高真空泵对测量管路进行抽气。测量管路抽气时可加热除气。

D.3.4 封口真空度和低温真空度测量时，其测量管路的漏放气速率应满足表D.1中的要求。

表D.1 测量管路漏放气速率

被检件有效容积 V/m ³	常温真空度测量 Pa×m ³ /s	低温真空度测量 Pa×m ³ /s
V≤10	≤1×10 ⁻⁵	≤1×10 ⁻⁷
10<V≤100	≤5×10 ⁻⁵	≤5×10 ⁻⁷
100<V≤1000	≤1×10 ⁻⁴	≤1×10 ⁻⁶

D.3.5 测量管路漏放气速率达到要求后，应继续抽气10 min，记录管路本底真空度 P_0 后，立即关闭抽气系统真空阀，并打开被测试件真空阀，观察测量管路真空度的变化。

D.3.6 观察时间至少2 min，待夹层空间与测量管路空间压力平衡后，记录稳定后连通空间的真空度 P_1 。

D.4 数据处理方法

采用间接测量法测常温真空度时，按公式(D.1)计算：

$$P=P_1+(P_1-P_0)\times\frac{V_1}{V}\dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

P ——被检件夹层真空度，Pa；

P_1 ——试验时连通空间的真空度，Pa；

P_0 ——试验前测量管路的本底真空度，Pa；

V_1 ——被检件真空阀至抽气系统真空阀间测量管路(包括真空规管)的容积，m³；

V ——被检件夹层空间的有效容积，m³。

附录 E
(规范性)
气密性检验

E.1 气密性试验前, 吸附装置上的安全装置、阀类、压力计、液面计等附件应装配齐全。

E.2 所用气体应为干燥、洁净的空气或氮气, 以及其他惰性气体, 气体温度不得低于 15 °C。

E.3 试验时, 压力应缓慢升至工作压力的 10 %, 保持 10 min, 对所有焊缝和连接部位进行初次泄漏检查。检查合格后, 继续缓慢升压至规定工作压力的 50 %, 然后按每级为规定压力 10 % 的级差, 逐级升压至规定工作压力, 保持 30 min。采用喷涂发泡剂等方法, 再次对焊缝和工作连接部位进行泄漏检查。