

深圳市工业有机废气治理用活性炭 更换技术指引（试行）

深圳市生态环境局

2023年5月

目 次

1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 基本要求	3
5 活性炭的选择	4
6 活性炭更换周期确定	4
7 活性炭更换操作	5
8 运行与维护	6
附 录 A （规范性） 工业有机废气治理用活性炭技术指标及试验方法	8
附 录 B （规范性） 可再生工艺用颗粒活性炭技术指标	9
附 录 C （规范性） 试验方法	11
附 录 D （规范性） 最小吸附截面积及装填厚度	13
附 录 E （资料性） 活性炭更换周期参考案例	14

深圳市工业有机废气治理用活性炭更换技术指引（试行）

1 适用范围

本文件规定了本市工业有机废气治理中活性炭选择、使用、更换的技术要求。

本文件适用于本市采用以生物质（木材、木屑、竹、果壳等）、煤为主要原材料制备的颗粒、蜂窝活性炭，及以粘胶、聚丙烯腈或沥青纤维为主要原料制备的活性炭纤维毡为吸附剂的吸附法工业有机废气治理工程。汽车修理与维护行业等生活源可参照执行。

2 规范性引用文件

本文件内容引用了下列文件或其中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 37822 挥发性有机物无组织排放控制标准

GB 34330 固体废物鉴别标准通则

GB/T 7702.1~22 煤质颗粒活性炭试验方法

GB/T 12496.1~22 木质活性炭试验方法

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 20449 活性炭丁烷工作容量测试方法

GB/T 20450 活性炭着火点测试方法

GB/T 35565 木质活性炭试验方法 甲醛吸附率的测定

GB/T 35815 木质活性炭试验方法 甲苯吸附率的测定

HJ 944 排污单位环境管理台账及排污许可证执行报告技术规范总则（试行）

HJ 2000 大气污染治理工程技术导则

HJ 2026 吸附法工业有机废气治理工程技术规范

HJ 1091 固体废物再生利用污染防治技术导则

HJ1013 固定污染源废气非甲烷总烃连续监测系统技术要求及检测方法

HJ/T 1 气体参数测量和采样的固定装置

HG/T 3922 活性炭纤维毡

LY/T 3284 工业有机废气净化用活性炭技术指标及试验方法

LY/T 3155 活性炭苯吸附率的测定

DB 44/2367 固定污染源挥发性有机物综合排放标准

重点行业挥发性有机物综合治理方案 环大气〔2019〕53号

关于加快解决当前挥发性有机物治理突出问题的通知 环大气〔2021〕65号

广东省工业源挥发性有机物减排量核算方法（试行） 粤环函〔2019〕243号

广东省生态环境厅办公室关于印发挥发性有机物重点监管企业VOCs管控台账清单的通知 粤环办函〔2020〕19号

深圳市生态环境局关于印发《深圳市重点工业企业VOCs排放量核定方法（试行）》的通知 深环办〔2023〕43号

深圳市工业有机废气治理用活性炭更换技术指引（试行）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工业有机废气 industrial organic emissions

指工业过程排出的含挥发性有机物的气态污染物。

3.2

活性炭吸附装置 activated carbon adsorber

指采用活性炭作为吸附剂的固定床、移动床吸附装置。

3.3

生产设施 production facilities

指与产排污有关的，直接参加生产过程或直接为生产服务的设备或设施。

3.4

活性炭 Activated carbon

含碳物质经过炭化、活化制成的具有发达孔隙结构和巨大比表面积的多孔吸附材料。

3.5

活性炭纤维毡 activated carbon fiber felt

指利用粘胶、聚丙烯腈或沥青纤维等加工的纤维毡经过炭化、活化后所制备的多孔性纤维材料吸附剂。

3.6

蜂窝活性炭 honeycomb activated carbon

以粉末状活性炭、水溶性粘合剂、润滑剂和水等为主要原材料，经过配料、模压挤出成型，再经过干燥、炭化、活化后制成的蜂窝状吸附材料。

3.7

颗粒活性炭 granular activated carbon

以生物质（木材、木屑、竹、果壳等）、煤为主要原材料，经过炭化、活化后制成的颗粒状吸附材料。

3.8

碘值 iodine number

在碘吸附等温线上，剩余浓度为0.02mol/L时每克活性炭的吸附碘量，单位mg/g。

3.9

BET比表面积 BET specific surface area

指利用BET法测试的单位质量吸附剂的表面积，单位m²/g。

3.10

纵向抗压强度 longitudinal compressive strength

作用于蜂窝活性炭试样的蜂窝端面方向上所能承受外压力的极限强度，单位MPa。

3.11

横向抗压强度 lateral compressive strength

作用于蜂窝活性炭试样的蜂窝外侧面方向上所能承受外压力的极限强度，单位MPa。

3.12

断裂强力 maximum force

在规定条件下进行的拉伸试验过程中，活性炭纤维毡试样被拉断记录的最大力，单位N。

3.13

动态吸附量 dynamic adsorption capacity

指把一定质量的吸附剂填充于吸附柱中，令浓度一定的污染空气在恒温、恒压下以恒速流过，当吸附柱出口中污染物的浓度达到设定值时，计算单位质量的吸附剂对污染物的平均吸附量。该平均吸附量称之为吸附剂对吸附质在给定温度、压力、浓度和流速下的动态吸附量，单位%。

3.14

再生活性炭 regenerated activated carbon

指吸附饱和后通过一定条件处理恢复其吸附性能的活性炭。

3.15

一次性吸附工艺 one-time adsorption technology

指吸附剂吸附饱和后即直接更换新吸附剂的吸附处理工艺。

3.16

可再生工艺 renewable adsorption technology

指吸附剂吸附饱和后进行再生、重复使用的吸附处理工艺。

4 基本要求

4.1 进入活性炭吸附装置的废气中颗粒物含量宜低于 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 。

4.2 进入活性炭吸附装置的废气温度宜低于 40°C 。

4.3 进入活性炭吸附装置的废气的相对湿度宜低于70%。

4.4 进入活性炭吸附装置的废气中有机物的浓度应低于其爆炸极限下限的25%。

4.5 对于含有腐蚀性气体的废气，应进行预处理。

4.6 废气中有机物浓度较高时，宜先采用冷凝工艺对废气进行处理后，再进行吸附。

4.7 可再生工艺不适用于处理含苯乙烯、丙烯酸酯、环己酮、低分子有机酸等易发生聚合、氧化等反应或高沸点难脱附成分的废气。

5 活性炭的选择

5.1 适用条件

5.1.1 采用一次性吸附工艺时，宜选用颗粒活性炭。

5.1.2 采用可再生工艺时，可根据情况采用水蒸气再生、热气流再生、氮气脱附等再生方法，当废气中有机物具有回收价值时，宜选用颗粒活性炭或活性炭纤维毡，脱附产生的高浓度有机气体可采用冷凝或液体吸收等工艺进行回收；当废气中的有机物不宜回收时，宜选用颗粒活性炭或蜂窝活性炭，脱附产生的高浓度有机气体采用燃烧工艺进行销毁。

5.2 性能要求

5.2.1 采用颗粒活性炭时，其碘值应不低于800mg/g，BET比表面积应不低于850m²/g；采用蜂窝活性炭时，其碘值应不低于650mg/g，横向抗压强度应不低于0.3MPa，纵向抗压强度应不低于0.8MPa，BET比表面积应不低于750m²/g；采用活性炭纤维毡时，其断裂强力应不小于5N，BET比表面积应不低于1100m²/g。其他技术指标宜符合LY/T 3284规定的优级品活性炭技术要求，见附录A。

5.2.2 采用再生活性炭时，除满足本文件5.2.1项规定外，还应符合GB 34330和HJ 1091中符合国家、地方制定或行业通行的产品质量标准与国家相关污染控制标准或技术规范要求，包括该产物生产过程中排放到环境中的特征污染物含量标准和该产物中特征污染物的含量标准等综合利用产物要求。

5.2.3 采用可再生工艺时，活性炭除满足本文件5.2.1项规定外，还应满足HJ 2026中对吸附剂的要求，见附录B。

5.2.4 选择活性炭供应商时，应要求供应商提供由国家相应检验机构出具的带有产品碘值、比表面积等性能参数的质量证明文件。同时，企业可通过选择呈墨黑色、手感轻、等体积重量小的活性炭产品、或入水试验中入水缓慢、吸水后排出细小的气泡并发出持续的“嘶嘶”声的活性炭产品等方法简单判断活性炭质量的优劣。

5.3 装填量要求

5.3.1 活性炭吸附装置吸附床层的气体流速应根据活性炭的形态确定。采用颗粒活性炭时，气体流速宜低于0.50m/s，装填厚度不宜低于300mm；采用蜂窝活性炭时，气体流速宜低于1.00m/s，装填厚度不宜低于600mm；采用活性炭纤维毡时，气体流速宜低于0.15m/s，装填厚度不宜低于90mm。吸附床层最小吸附截面积及装填厚度见附录D。

5.3.2 在活性炭选定后，吸附床层的活性炭装填量应根据废气处理量、污染物浓度和活性炭的动态吸附量确定。

6 活性炭更换周期确定

6.1 一次性吸附工艺

6.1.1 企业应参照公式（1）计算活性炭更换周期，计算中动态吸附量取值高于15%的应提供含有动态吸附量取值依据的活性炭性能证明文件。

$$T = \frac{M \times s \times 10^6}{c \times Q \times t} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

T——更换周期，d；

M——活性炭的用量，kg；

s——动态吸附量，%；（一般取值15%）

c——进口的VOCs浓度， mg/m^3 ；（按以下顺序优先采用按照监测规范要求获取的有效连续在线监测数据、便携式监测仪器现场执法监测数据、监督性监测数据、竣工验收监测数据及委托监测机构开展手动监测数据）

Q——风量， m^3/h ；

t——运行时间，h/d。

6.1.2 活性炭更换周期一般不应超过累计运行500小时或3个月。

6.1.3 企业应定期检测活性炭吸附装置废气出口VOCs浓度，当出口污染物浓度超过规定排放限值的70%时，应及时更换新活性炭。

6.2 可再生工艺

6.2.1 活性炭吸附装置再生周期可参照公式（1）确定，其中动态吸附量一般取值10%。

6.2.2 企业应定期检测活性炭吸附装置废气进口及出口VOCs浓度，当活性炭吸附效率明显下降时，应及时更换新活性炭。

6.2.3 活性炭吸附装置再生次数达到60次后，宜及时更换新活性炭。

7 活性炭更换操作

7.1 一般规定

7.1.1 活性炭更换时相应生产设施应停止运行；对生产设施不能停止或不能及时停止运行的，应设置废气应急处理设施或采取其他替代措施。

7.1.2 活性炭更换应以充分利用现有活性炭的处理效能为原则，避免频繁换炭。

7.1.3 企业应制定科学合理的更换方案，确保活性炭及时得到更换。

7.1.4 更换下来的废活性炭应按照危险废物管理，及时转运至危废暂存间内妥善贮存。

7.2 活性炭的更换操作

7.2.1 活性炭更换过程主要包括废活性炭卸出、新活性炭或再生活性炭装填、废活性炭的收集及处置等。

7.2.2 活性炭更换前应关闭整套废气处理系统，将系统的压力降为零。

7.2.3 必要时应结合活性炭更换对废气收集处理系统进行检修。

7.2.4 取出活性炭时，观察设备内部是否积水、积尘、破损，活性炭表面是否覆盖粉尘等情况，如有，应尽快对预处理系统进行保养。

深圳市工业有机废气治理用活性炭更换技术指引（试行）

7.2.5 颗粒活性炭应装填齐整，避免气流短路，蜂窝活性炭应装填紧密，减少空隙，活性炭纤维毡与支撑骨架的接触部位应紧密贴合，相邻活性炭纤维毡层之间应紧密贴合，活性炭纤维毡最外层应采用金属丝网固定。

7.2.6 更换操作过程中应轻拿轻放，避免对活性炭造成破坏。

7.2.7 活性炭装填完毕后，连接部位必须拧紧，并应进行气密性检查。

8 运行与维护

8.1 一般规定

8.1.1 活性炭吸附装置应设计合理，符合HJ 2026要求。在设计过程中应充分考虑后期活性炭更换与维护需求。

8.1.2 活性炭吸附装置应先于产生废气的生产设施开启、晚于生产设施停机，有条件的可实现与生产设施的连锁控制。由于紧急事故或设备维修等原因造成治理设备停止运行，导致废气未经处理直接排放时，应立即报告当地环境保护行政主管部门。

8.1.3 活性炭吸附装置正常运行中废气的排放应符合国家或地方大气污染物排放标准的规定。

8.1.4 活性炭吸附装置不得超负荷运行。

8.1.5 活性炭吸附装置应设置铭牌并张贴在装置醒目位置，内容应包含环保产品名称、型号、风量、活性炭类型、装填量、装填方式、设计更换周期等内容。

8.1.6 企业应当按照环境监测管理规定和技术规范的要求，在设备进气和出气管道上设计、建设、维护永久性采样口、采样测试平台，按照排污口规范化要求设置排污口标志。

8.2 运行管理与维护

8.2.1 企业应建立健全与治理设备相关的各项规章制度，以及运行、维护和安全操作规程，建立活性炭吸附装置运行、更换状况的台账制度，按照HJ 2026、HJ 944规定执行。

8.2.2 企业应做好活性炭吸附装置运行状况、设施维护、活性炭更换记录，建立管理台账，相关记录至少保存三年，现场保留不少于一个月的台账记录。主要记录内容包括：

- a) 活性炭吸附装置的启动、停止时间；
- b) 活性炭的质量分析数据、采购量、使用量、更换量与更换时间；
- c) 活性炭吸附装置运行工艺控制参数，至少包括设备进、出口浓度和吸附装置内温度、吸附、脱附周期；
- d) 主要设备维修情况；
- e) 运行事故及维修情况；
- f) 定期检验、评价及评估情况；
- g) 吸附回收工艺中的污水排放、副产物处置情况。

深圳市工业有机废气治理用活性炭更换技术指引（试行）

8.2.3 企业应当按照排污许可证和排污单位自行监测技术指南中监测位置、指标和频次的要求定期对活性炭吸附装置进行自行监测，相关记录至少保存三年。

8.2.4 活性炭吸附装置应配套安装压力和压差监测仪表及用电监控设备。

8.2.5 列入当地环境保护行政主管部门发布的重点排污单位名录的企业，采用一次性吸附工艺的，应在活性炭吸附装置废气出口安装自动监控设施，采用可再生工艺的，应在活性炭吸附装置废气进口及出口安装自动监控设施，并将监测数据接入深圳市智慧环保系统，VOCs在线监测设备选型应满足HJ 1013中有关性能指标要求，并做好自动监控数据保存，相关记录至少保存三年，现场保留不少于一个月的台账记录。

8.2.6 活性炭吸附装置的维护应纳入全厂的设备维护计划中。

8.2.7 维护人员应根据计划定期检查、维护和更换必要的部件和材料，保障活性炭在低颗粒物、低含水率条件下使用。

8.2.8 操作及维护人员应按照安全操作规程正确使用及维护活性炭吸附装置，并熟悉活性炭吸附装置突发安全事故应对措施，保证装置的安全性。

附录 A

（规范性）

工业有机废气治理用活性炭技术指标及试验方法

工业有机废气治理用活性炭常规技术要求见表A.1。

表A.1 工业有机废气治理用活性炭常规技术要求

编号	特性	特性值		
		颗粒活性炭	蜂窝活性炭	活性炭纤维毡
1	碘吸附值/ (mg/g) \geq	800	650	—
2	比表面积/ (m ² /g) \geq	850	750	1100
3	抗压强度/MPa \geq	—	横向: 0.8	—
			纵向: 0.3	
4	断裂强力/N \geq	—	—	5

工业有机废气治理用活性炭推荐技术要求见表A.2。

表A.2 工业有机废气治理用活性炭推荐技术要求

编号	特性	特性值	
		颗粒活性炭	蜂窝活性炭
1	水分含量/% \leq	15	10
2	耐磨强度/% \geq	90	—
3	四氯化碳吸附率/% \geq	60	30
4	着火点/℃ \geq	300	400
5	丁烷工作容量/ (g/100mL) \leq	9	—
6	甲苯吸附率/ (mg/g) \geq	300	250
7	苯吸附率/ (mg/g) \geq	400	300

注：可结合要求选做此类指标

附录 B

（规范性）

可再生工艺用颗粒活性炭技术指标

采用降压解吸再生时，颗粒活性炭的性能应满足表B.1要求。

表B.1 降压解吸再生用颗粒活性炭技术指标

编号	特性		特性值	
1	碘吸附值/（mg/g）		≥ 800	
2	比表面积/（m ² /g）		≥ 1400	
3	水分含量/%		≤ 5.0	
4	耐磨强度/%		≥ 90	
5	装填密度/（g/L）		≥ 350	
6	pH值		8~10	
7	着火点/℃		≥ 350	
8	四氯化碳脱附率/%		≥ 80	
9	四氯化碳吸附率/%		≥ 60	
10	粒度/%	Φ4.0mm	>6.30mm	≤ 5
			3.15mm~6.30mm	≥ 90
			<3.15mm	≤ 5
		Φ3.0mm	>5.60mm	≤ 5
			2.50mm~5.60mm	≥ 79
			1.00mm~2.50mm	≤ 15
		<1.00mm	≤ 1	
11	丁烷工作容量/（g/100mL）		≤ 12.5	

采用水蒸气再生时，颗粒活性炭的性能应满足表B.2要求。

表B.2 水蒸气再生用颗粒活性炭技术指标

编号	特性		特性值	
1	碘吸附值/（mg/g）		≥ 800	
2	比表面积/（m ² /g）		≥ 1200	
3	水分含量/%		≤ 5.0	
4	耐磨强度/%		≥ 90	
5	装填密度/（g/L）		≥ 350	
6	pH值		8~10	
7	着火点/℃		≥ 350	
8	四氯化碳脱附率/%		≥ 80	
9	四氯化碳吸附率/%		≥ 60	
10	粒度/%	Φ4.0mm	>6.30mm	≤ 5
			3.15mm~6.30mm	≥ 90
			<3.15mm	≤ 5
		Φ3.0mm	>5.60mm	≤ 5

深圳市工业有机废气治理用活性炭更换技术指引（试行）

			2.50mm~5.60mm	≥	79
			1.00mm~2.50mm	≤	15
			<1.00mm	≤	1
11	丁烷工作容量/（g/100mL）			≤	9

采用热气流吹扫方式再生时，颗粒活性炭的性能应满足表B.3要求。

表B.3 热气流吹扫再生用颗粒活性炭技术指标

编号	特性			特性值
1	碘吸附值/（mg/g）			≥ 800
2	比表面积/（m ² /g）			≥ 850
3	水分含量/%			≤ 5.0
4	耐磨强度/%			≥ 90
5	装填密度/（g/L）			450~600
6	pH值			8~10
7	着火点/℃			≥ 350
8	四氯化碳吸附率/%			≥ 60
9	粒度/%	Φ4.0mm	>6.30mm	≤ 5
			3.15mm~6.30mm	≥ 90
			<3.15mm	≤ 5

附录 C
（规范性）
试验方法

C.1 水分含量

根据制备材料的不同，煤质活性炭执行GB/T 7702.1中的规定，生物质活性炭执行GB/T 12496.4中的规定。

C.2 耐磨强度

根据制备材料的不同，煤质活性炭执行GB/T 7702.3中的规定，生物质活性炭执行GB/T 12496.6中的规定。

C.3 抗压强度

执行GB/T 13465.3中的规定。

C.4 断裂强力

执行GB/T3923.1中的规定。

C.5 碘吸附值

根据制备材料的不同，煤质活性炭执行GB/T 7702.7中的规定，生物质活性炭执行GB/T 12496.8中的规定。

C.6 四氯化碳吸附率

根据制备材料的不同，煤质活性炭执行GB/T 7702.13中的规定，生物质活性炭执行GB/T 12496.5中的规定。

C.7 着火点

执行GB/T 20450中的规定。

C.8 丁烷工作容量

执行GB/T 20449中的规定。

C.9 甲苯吸附率

执行GB/T 35815中的规定。

C.10 甲醛吸附率

执行GB/T 35565中的规定。

C.11 苯吸附率

执行LY/T 3155中的规定。

C.12 比表面积

颗粒活性炭和蜂窝活性炭执行GB/T 7702.20中的规定，活性炭纤维毡执行HG/T 3922

深圳市工业有机废气治理用活性炭更换技术指引（试行）

中的规定。

C.13 粒度

执行 GB/T 7702.2 中的规定。

C.14 装填密度

执行 GB/T 7702.4 中的规定。

C.15 pH 值

执行 GB/T 7702.16 中的规定。

C.16 四氯化碳脱附率

执行 GB/T 7702.19 中的规定。

附录 D

（规范性）

最小吸附截面积及装填厚度

吸附床层最小吸附截面积及装填厚度见表D.1。

表D.1 吸附床层最小吸附截面积及装填厚度

编号	废气处理量 (Nm ³ /h)	活性炭类型	最小吸附截面积 (m ²)	最小装填厚度 (mm)
1	2000	颗粒活性炭	1.11	300
		蜂窝活性炭	0.56	600
		活性炭纤维毡	3.70	90
2	5000	颗粒活性炭	2.78	300
		蜂窝活性炭	1.39	600
		活性炭纤维毡	9.26	90
3	10000	颗粒活性炭	5.56	300
		蜂窝活性炭	2.78	600
		活性炭纤维毡	18.52	90
4	15000	颗粒活性炭	8.33	300
		蜂窝活性炭	4.17	600
		活性炭纤维毡	27.78	90
5	20000	颗粒活性炭	11.11	300
		蜂窝活性炭	5.56	600
		活性炭纤维毡	37.04	90

附录 E

（资料性）

活性炭更换周期参考案例

不同条件下活性炭更换周期参考案例参见表E.1。

表E.1 不同条件下活性炭更换周期参考表

编号	废气处理量 (Nm ³ /h)	活性炭用量 (kg)	动态吸附量 (%)	进口VOCs浓度 (mg/Nm ³)	运行时间 (h/d)	更换周期 (d)
1	2000	200	15	50	8	37.5
2		300	15	50	8	56.3
3		500	15	100	8	46.9
4		600	15	100	12	37.5
5		600	15	150	12	25.0
6		1000	15	200	8	46.9
7		1000	15	200	24	15.6
8	5000	500	15	50	8	37.5
9		800	15	50	8	60.0
10		1000	15	100	8	37.5
11		1500	15	100	12	37.5
12		1500	15	150	12	25.0
13		3000	15	200	8	56.3
14		3000	15	200	24	18.8
15	10000	1000	15	50	8	37.5
16		1500	15	50	8	56.3
17		2000	15	100	8	37.5
18		3000	15	100	12	37.5
19		3000	15	150	12	25.0
20		5000	15	200	8	46.9
21		5000	15	200	24	15.6
22	20000	2000	15	50	8	37.5
23		3000	15	50	8	56.3
24		5000	15	100	8	46.9
25		6000	15	100	12	37.5
26		6000	15	150	12	25.0
27		10000	15	200	8	46.9
28		10000	15	200	24	15.6