

团 体 标 准

T/CAEPI 61—2023

颗粒活性炭吸附-蒸汽脱附 溶剂回收装置技术要求

Technical requirements for solvent recovery unit by granular activated carbon
adsorption - steam desorption

2023-03-06 发布

2023-04-01 实施

中 国 环 境 保 护 产 业 协 会 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 命名 3

5 基本要求 3

6 性能要求 5

7 检验方法 6

8 检验规则 8

9 标志、包装、运输和贮存 9

前 言

为贯彻《中华人民共和国大气污染防治法》等法律法规，规范颗粒活性炭吸附-蒸汽脱附溶剂回收装置的设计制造与工程应用，提升装备水平，制定本标准。

本标准规定了颗粒活性炭吸附-蒸汽脱附溶剂回收装置的技术性能要求和性能检测方法。

本标准首次发布。

本标准由中国环境保护产业协会组织制订。

本标准起草单位：中科天龙（厦门）环保股份有限公司、河北先河正源环境治理技术有限公司、福建省利邦环境工程有限公司、武汉旭日华环保科技股份有限公司、山西新华防化装备研究院有限公司、承德华净活性炭有限公司、江苏天通源环保装备有限公司、重庆霏洋环保科技股份有限公司、四川大学、同兴环保科技股份有限公司。

本标准主要起草人：羌宁、傅太平、傅汉文、李学华、范华强、蔡志煌、蔡祥雨、杨旭东、田刚、刘仁凯、漆杰龙、张立军、陆誉文、陆思源、刘必衍、霍祥盛、江霞、苏龙龙、王邦达。

本标准主要审议人员：张杰、王喜芹、栾志强、马永亮、郝郑平、解强、张国宁、姚芝茂、梁鹏。

本标准由中国环境保护产业协会 2023 年 3 月 6 日批准。

本标准自 2023 年 4 月 1 日起实施。

本标准由中国环境保护产业协会负责管理，由起草单位负责具体技术内容的解释。在应用过程中如有需要修改与补充的建议，请将相关资料寄送至中国环境保护产业协会标准管理部门（北京市西城区二七剧场路 6 号，邮编 100045）。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

颗粒活性炭吸附-蒸汽脱附溶剂回收装置技术要求

1 范围

本标准规定了颗粒活性炭吸附-蒸汽脱附溶剂回收装置的命名、基本要求、性能要求、检验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存等。

本标准适用于以颗粒活性炭为吸附剂，采用水蒸汽脱附、冷凝回收有机溶剂的废气净化装置。

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标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 151	热交换器
GB/T 985.1	气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口
GB/T 985.2	埋弧焊的推荐坡口
GB 4053.1	固定式钢梯及平台安全要求 第 1 部分：钢直梯
GB 4053.2	固定式钢梯及平台安全要求 第 2 部分：钢斜梯
GB 4053.3	固定式钢梯及平台安全要求 第 3 部分：工业防护栏杆及钢平台
GB/T 4208	外壳防护等级（IP 代码）
GB/T 4213	气动调节阀门
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 13306	标牌
GB/T 13384	机电产品包装通用技术条件
GB/T 20449	活性炭丁烷工作容量测试方法
GB/T 40200	工业有机废气净化装置性能测定方法
GB 50058	爆炸危险环境电力装置设计规范
HG/T 20229	化工设备、管道防腐蚀工程施工及验收规范

HJ/T 386	环境保护产品技术要求 工业废气吸附净化装置
JB/T 7928	工业阀门 供货要求
NB/T 47004	板式热交换器

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

挥发性有机物 volatile organic compounds, VOCs

参与大气光化学反应的有机化合物，或者根据有关规定确定的有机化合物。

3.2

颗粒活性炭吸附-蒸汽脱附溶剂回收装置 solvent recovery unit by granular activated carbon adsorption - steam desorption

以颗粒活性炭为吸附剂，采用水蒸汽脱附后冷凝回收有机溶剂的废气净化装置。简称回收装置。

3.3

蒸汽脱附再生 steam desorption regeneration

使用高温水蒸汽将吸附质从活性炭孔隙中解吸出来，恢复活性炭吸附能力的过程。

3.4

活性炭四氯化碳吸附率 carbon tetrachloride adsorption ratio of activated carbon

按 GB/T 7702.13 测定得到的活性炭吸附的四氯化碳质量与活性炭质量之比，以百分数表示。

3.5

表观气速 superficial velocity

回收装置正常吸附工作时，工况状态气流通过工作吸附床的截面平均气速，单位 m/s。

3.6

净化效率 purification efficiency

回收装置去除污染物量与进入回收装置污染物量之比，以百分数表示。

3.7

有机溶剂回收率 recovery rate of organic solvent

有机溶剂回收量与进入回收装置有机溶剂总量之比，以百分数表示。

3.8

蒸汽消耗比 specific steam consumption

回收单位质量有机溶剂所消耗的蒸汽质量，kg 蒸汽/kg 溶剂。

3.9

压力损失 pressure drop

气流通过回收装置时，进口与出口处气体平均全压之差，单位 Pa。

4 命名

回收装置命名由名称代号、脱附方式与设计风量构成。



SR: Solvent Recovery; GAC: Granular Activated Carbon; S: Steam。

示例:

颗粒活性炭吸附-蒸汽脱附溶剂回收装置的设计处理风量 $10000\text{m}^3/\text{h}$ ，则装置标记为 SR-GAC-S-10000。

5 基本要求

5.1 适用条件

5.1.1 回收装置单一吸附单元处理的气量宜低于 $20000\text{m}^3/\text{h}$ 。

5.1.2 进入回收装置的废气中有机物的浓度应低于其爆炸极限下限 25%，一般宜低于 $4000\text{mg}/\text{m}^3$ 。

5.1.3 进入回收装置的废气中颗粒物含量宜低于 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 。

5.1.4 进入回收装置的废气温度宜低于 40°C 。

5.1.5 进入回收装置的废气的相对湿度宜低于 70%。

5.1.6 对于含有腐蚀性气体的废气，应进行预处理再应用。

5.1.7 回收装置不适用于处理含苯乙烯、丙烯酸酯、环己酮、有机酸等易发生聚合、氧化等反应或难脱附成分的废气。

5.2 构成和材料

5.2.1 回收装置一般包括预处理、吸附/脱附、冷凝回收及自动控制系统等单元，回收装置构成示意图如图 1。

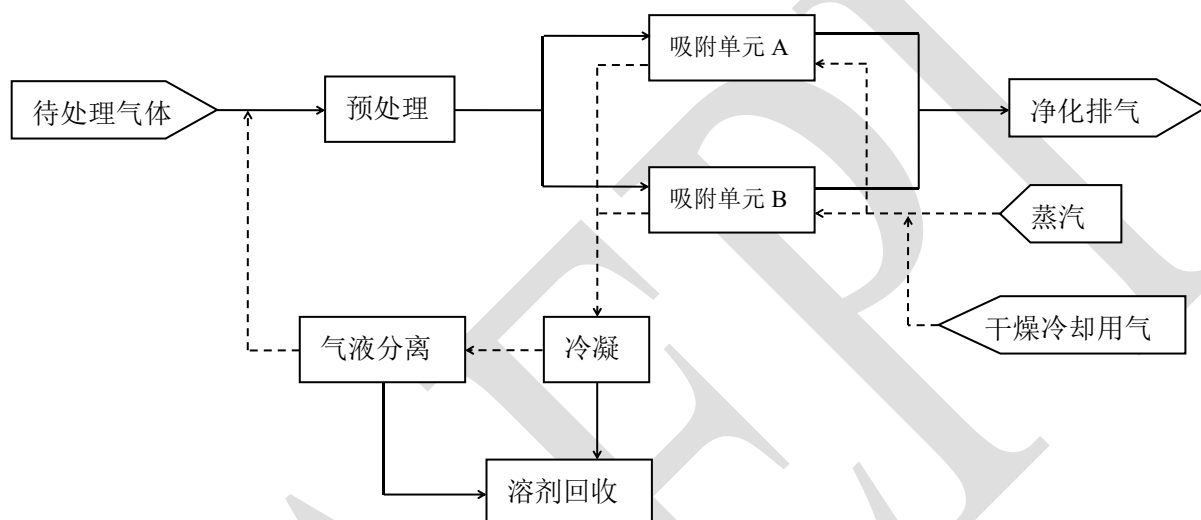


图 1 回收装置构成示意图

5.2.2 回收装置宜设置 2 个或 2 个以上并联吸附器单元，通过换向阀门切换满足连续吸附回收净化要求。

5.2.3 回收装置的控制系统应同时具备手动、自动操作功能。

5.2.4 吸附器可以为立式或者卧式。

5.2.5 吸附器应设置冷凝液排出口，并接入冷凝液分离槽。

5.2.6 吸附器箱体外壳制造材料宜采用厚度大于 3mm 的碳钢或不锈钢钢板等材质。

5.2.7 冷凝单元可使用管壳式、板式气-液冷凝器等冷凝装置，冷凝装置应符合 GB/T 151、NB/T 47004 的规定。当有机物沸点较高时，可采用常温水进行冷凝；当有机物沸点较低时，宜使用低温水进行冷凝或常温加低温水多级冷凝。

5.2.8 冷凝器应设置不凝气回流管道并连接至吸附单元的气体进口，回流管道应设置阀门。

5.2.9 冷凝回收单元及其相关的管道和阀门应采用相应防腐蚀材料制造。

5.2.10 人孔设置和设计应符合 HG/T 21515 的规定。

5.2.11 阀门应能在脱附温度下正常工作，应符合 JB/T 7928 的规定，其中气动调节阀应符合 GB/T 4213 的规定。

5.2.12 煤质颗粒活性炭的性能应满足或优于 GB/T 7701.1 中的溶剂回收用煤质颗粒活性炭技术指标中一级品的相关要求，其中四氯化碳吸附率不小于 60%，按 GB/T 7702.13 规定的方法测定，颗粒活性炭的丁烷工作容量按 GB/T 20449 规定的方法测定，应不小于 8.5g/dL。采用非煤质颗粒活性炭作吸附剂时可参考前述性能要求。

5.2.13 活性炭层进出气两侧均应设置丝网限位，足量填充，以防止因装填不均、气流扰动等因素造成炭层厚度不均或变化。

5.2.14 根据待处理气体的性质及成分，可采用除尘、调温、调湿等手段或其组合方式进行预处理以去除颗粒物及其他不适宜组分，调节待处理气体的温度和相对湿度。

5.2.15 当废气中含有腐蚀性物质或因吸附质的水解、氧化等产生腐蚀性物质时，吸附装置、管道、阀门和风机等与腐蚀性物质接触的相应部位应按 HG/T 20229 等进行防腐蚀处理和验收。

5.3 制造、加工与装配

5.3.1 回收装置的制造、安装、调试、验收应符合经规定程序批准的图纸和技术文件的要求，并符合 HJ/T 386 和本标准的要求。

5.3.2 回收装置的焊缝、管道连接处等均应严密，不得漏气，焊接接头的基本形式与尺寸应符合 GB/T 985.1 和 GB/T 985.2 等相关规定。

5.3.3 回收装置气体进出口管道上应设置采样口，符合 GB/T 16157、HJ/T 397 要求。

5.3.4 吸附器的制造符合 NB/T 47003.1 的规定。

5.3.5 回收装置的换热器应符合 GB/T 151 等相关规定。

5.4 安全要求

5.4.1 在吸附装置进口安装进口浓度监测仪器并与废气导入阀进行防爆联锁。

5.4.2 回收装置排气口及每个活性炭单元的炭层应各设置至少 1 处温度传感器，以及相应的温度显示、超温声光报警装置。

5.4.3 吸附/脱附单元应设置压力指示装置和泄压装置，当压力 $>25000\text{Pa}$ 时，应能够自动启动泄压操作。

5.4.4 回收装置中的蒸汽管道等高温区域应有必要的保温措施和防烫伤安全措施。回收装置主体的吸附

器吸附时表面温度不应大于环境温度 20℃。

5.4.5 整套系统应采用符合要求的防爆风机及电机、防爆或隔爆控制柜。防爆照明系统、电器连接符合规范要求。风机、电机和置于现场的电器仪表等设备的防爆等级应符合 GB 50058 的规定，且不低于现场环境的防爆级别，外壳防护等级应符合 GB/T 4208 的规定。

5.4.6 回收装置应具备短路保护和接地保护，接地电阻应小于 4Ω 。

5.4.7 回收装置系统中输送有机废气的管道及连接件应采用法兰跨接、系统接地等措施，防止静电产生和积聚。

5.4.8 回收装置安装区域应按规设置消防设施。

5.4.9 楼梯、防护栏杆、平台等安全技术要求应符合 GB 4053.1、GB 4053.2 和 GB 4053.3 的规定。

5.4.10 楼梯、检修平台等处应设置照明装置。

6 性能要求

6.1 工艺参数

6.1.1 吸附单元吸附表观气速宜低于 0.50m/s。

6.1.2 活性炭装填厚度根据排气组分、负荷及生产工艺条件确定，一般不宜低于 600mm。

6.1.3 脱附蒸汽温度宜控制在 100℃~140℃。

6.2 使用性能

6.2.1 回收装置的净化效率应不低于 90%。

6.2.2 回收装置的有机溶剂回收率应不低于 75%。

6.2.3 回收装置蒸汽耗量宜小于 5kg 蒸汽/kg 回收溶剂。

6.2.4 回收装置的压力损失宜小于 2500Pa。

7 检验方法

7.1 气体流量测定

按照 GB/T 40200 规定的方法，测定回收装置处理的气体流量。

7.2 表观气速计算

废气在活性炭层的表观气速，按照公式（1）计算：

$$V_g = \frac{Q}{3600S} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

V_g ——废气在活性炭层的表观气速，m/s；

Q ——回收装置进口工况下气体流量，m³/h；

S ——回收装置吸附状态活性炭层的过风横截面面积，m²。

7.3 净化效率测定

按照 GB/T 40200 规定的方法，测定回收装置的净化效率。

7.4 有机溶剂回收率计算

回收装置的有机溶剂回收率，按公式（2）计算：

$$r = \frac{m_r}{m_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

r ——有机溶剂回收率，%；

m_r ——某一定工作时段有机溶剂回收量，kg；

m_0 ——某一定工作时段进入回收装置的有机溶剂量，kg。

7.5 蒸汽消耗比计算

回收装置的蒸汽消耗比，按公式（3）计算：

$$E = \frac{M}{m_r} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

E ——回收装置的蒸汽消耗比 kg/kg；

m_r ——某一定工作时段回收装置回收的有机溶剂量，kg；

M ——与回收量对应的某一定工作时段回收装置所消耗的蒸汽量，kg。

7.6 压力损失测定

按照 GB/T 40200 规定的方法，测定回收装置的压力损失。

8 检验规则

8.1 检验分类

回收装置的检验分为出厂检验和型式检验两类。

8.2 出厂检验

8.2.1 每套回收装置须经检验合格后方可出厂，出厂时应附有产品质量合格的文件。

8.2.2 回收装置满足基本要求的出厂检验项目至少包括：

- a) 装置各部件完整无漏项，符合本标准要求；
- b) 装置内外表面质量符合图纸要求，内部清洁无杂物；
- c) 装置的焊接外观质量、焊缝尺寸、焊缝缺陷等满足图纸要求，焊渣、飞溅清除干净；
- d) 装置的制造材料满足图纸要求，装填的活性炭材料性能满足本标准要求；
- e) 吸附器、风管等自加工设备部件的尺寸、管口方位及尺寸、内件位置及尺寸满足图纸要求；
- f) 法兰密封面形式满足图纸要求，法兰螺栓孔应与壳体主轴线或者铅垂线跨中布置；
- g) 吸附器压力试验：将吸附器密闭充气至设计压强（0.012MPa），保压 30min 后，压强降低应小于 1%。

8.2.3 如用户需要，可对表 1 中项目进行现场检验。

8.3 型式检验

8.3.1 当有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品投产鉴定时；
- b) 生产工艺或主要材料有重大改变时；
- c) 停产时间在半年以上又恢复生产时；
- d) 批量生产中定期抽检，每年至少进行一次。

8.3.2 型式检验的样品应从出厂检验合格的产品中随机抽取 1 套。

8.3.3 型式检验项目除出厂检验项目外，还应包括表 1 中的检验项目。

8.3.4 产品经检验符合标准要求，则判定为合格。

8.3.5 若抽检样品有不合格项，应加倍抽样检验；若复检结果全部合格，则判定型式检验合格；若仍有不合格，则判定型式检验不合格。

表 1 现场检验项目表

序号	项目	要求章条号	检验方法章条号
1	表观气速	6.1.1	7.1、7.2
2	净化效率	6.2.1	7.3
3	有机溶剂回收率	6.2.2	7.4
4	蒸汽消耗比	6.2.3	7.5
5	压力损失	6.2.4	7.6
备注：上述各项指标均需在正常工况下检验。			

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

产品标牌应符合 GB/T 13306 的有关规定。标牌内容应包含但不限于以下信息：

- a) 产品名称；
- b) 产品规格、型号；
- c) 本标准编号；
- d) 供方名称、地址；
- e) 出厂日期；
- f) 防水、防摔等标志。

9.2 包装

9.2.1 产品包装应符合 GB/T 13384 要求，外包装应该考虑防碰撞设计等，保证产品在运输途中不受损伤。

9.2.2 吸附器、换热器等设备与管道应进行封口措施。

9.2.3 阀门、仪表、电缆应分类装箱，并考虑防水设计。

9.2.4 控制柜应密封柜门后采用薄膜包裹，并考虑防水设计。

9.3 运输

产品运输应符合铁路、公路、水路、民航等运输部门的要求。

9.4 贮存

9.4.1 产品在库房存放时，不应与腐蚀性物品放在一起。

9.4.2 产品在室外存放时，应有防积水和防雨雪的措施。
