

HG

中华人民共和国化工行业标准

HG/T XXXXX—XXXX

工业废水深度处理及回用技术规范 吸附法

Technical specification for advanced treatment and reuse of industrial wastewater-
Adsorption

（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

中华人民共和国工业和信息化部 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 1

4 总体要求 2

5 废水水量与水质 2

 5.1 设计水量 2

 5.2 设计水质 2

6 工艺设计 3

 6.1 一般规定 3

 6.2 工艺流程 3

 6.3 工艺设计要求 3

7 排放及再生回用 6

8 二次污染物控制 6

 8.1 吸附剂再生废液 6

 8.2 废渣 6

 8.3 废气 6

 8.4 噪声 6

附录 A（资料性） 再生吸附装置结构 7

参考文献 错误!未定义书签。

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。

本文件由中国石油和化学工业联合会提出。

本文件由全国化学标准化技术委员会水处理剂分技术委员会（SAC/TC63/SC5）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

工业废水深度处理及回用技术规范 吸附法

1 范围

本文件规定了吸附法用于工业废水深度处理及回用的术语和定义、总体要求、工艺设计、排放及再生回用和二次污染控制。

本文件适用于工业废水生化尾水的深度处理及回用。

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 5085.7 危险废物鉴别标准 通则
GB/T 7702.6 煤炭颗粒活性炭试验方法 亚甲基蓝吸附值的测定
GB/T 7702.7 煤炭颗粒活性炭试验方法 碘吸附值的测定
GB 8978 污水综合排放标准
GB 12348 工业企业厂界噪声标准
GB 16297 大气污染物综合排放标准
GB 18597 危险废物贮存污染控制标准
GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
GB/T 19923 城市污水再生利用：工业用水水质
GB 50014 室外排水设计标准
GB/T 50087 工业企业噪声控制设计规范
CJ/T 345 生活饮用水净水厂用煤质活性炭
HJ/T 2006 污水混凝与絮凝处理工程技术规范
HJ/T 2008 污水过滤处理工程技术规范
HJ 2014 生物滤池法污水处理工程技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工业废水 industrial wastewater

工艺生产过程中产生的废水和废液，其中包含随水流失的工业生产用料、中间产物、副产品以及生产过程中产生的污染物。

[来源：GB/T 32327—2015, 3.1]

3.2

生化尾水 biotreated wastewater

废水经生物处理工艺处理后的排水。

3.3

深度处理 advanced treatment

经常规生化处理后，对工业废水生化尾水进行进一步处理以实现达标排放或回用的过程。

3.4

吸附 adsorption

在相界面上,物质的浓度自动发生累积或浓集的现象。在污水处理过程中主要利用固体物质表面对污水中物质的吸附作用。

[来源: HJ 2016—2012, 3.4.4]

3.5

固定床吸附装置 fixed bed adsorber

吸附过程中,吸附剂料层处于静止状态的吸附设备。

[来源: HJ 2026—2013, 3.8]

3.6

移动床吸附装置 moving bed adsorber

吸附过程中,吸附剂由上向下移动、废水由下向上流动,形成逆流操作的吸附设备。

3.7

流化床吸附装置 fluidized bed adsorber

吸附过程中,吸附剂在高速水流的作用下,强烈搅动,上下浮沉呈流化状态的吸附设备。

[来源: HJ 2026—2013, 3.10, 有修改]

3.8

吸附剂再生 adsorbent regeneration

在不破坏吸附剂原有结构的前提下,用物理或化学方法,使吸附于吸附剂表面的吸附质脱离或分解,恢复其吸附性能,使吸附剂可重复使用的过程。

[来源: HJ 2016—2012, 4.4.20]

3.9

原位再生 in-site adsorbent regeneration

经吸附过程后,吸附剂在吸附装置中直接进行再生的操作。

[来源: HJ 2026—2013, 3.15, 有修改]

3.10

异位再生 ex-site adsorbent regeneration

经吸附过程后,将吸附剂从吸附装置转移到专门再生装置中进行再生的操作。

4 总体要求

4.1 吸附法工业废水深度处理及回用工艺的总布置应根据各构筑物的功能和处理流程要求,结合地形、气象、运行和环境安全等因素,经技术经济比较后确定,并符合 GB 50014 的规定。

4.2 吸附法工业废水深度处理及回用工艺设计应与废水处理主体工程相适应,统筹考虑废水处理主体设施与吸附深度处理设施之间的关系,进行合理布局。

4.3 吸附法工业废水深度处理及回用工艺的排放水质、水量应符合国家或地方相关废水污染物排放标准的要求,再生水的水质应满足国家现行的水质标准的规定。

4.4 吸附法工业废水深度处理及回用工艺应考虑在工程建设、运行过程中产生的废水、废气、废渣及其他污染物的治理与排放,满足国家或地方环境保护法规和标准的相关规定,防止二次污染。

4.5 吸附法工业废水深度处理及回用工艺应按照国家相关法律法规、工业废水污染物排放标准和地方环境保护部门的要求设置在线连续监测设备。

5 废水水量与水质

5.1 设计水量

5.1.1 新(扩、改)建工业废水治理工程根据企业原料种类和用量、产品类别、清洁生产水平等,采用类比法或物料衡算法确定吸附法工业废水深度处理及回用工艺设计水量。

5.1.2 现有工业废水治理工程应以实测生化尾水水量为依据。

5.2 设计水质

5.2.1 新(扩、改)建工业废水治理工程应根据原料种类和用量、产品类别、清洁生产水平等,采用

类比的方法确定吸附法工业废水深度处理及回用工艺设计水质。
5.2.2 现有工业废水治理工程应以实测生化尾水水质为依据。

6 工艺设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 吸附法工业废水深度处理及回用工艺设计应根据目标处理废水性质和排放或回用水质要求确定，遵循技术成熟、经济可行、节能环保的原则。
- 6.1.2 吸附法工业废水深度处理及回用工艺设计应核算目标工业废水中无机物或有机物的回收价值及处理费用，优先选用回收工艺。

6.2 工艺流程

6.2.1 利用脱附剂对失效吸附剂进行再生时，宜采用吸附法原位再生工艺，工艺流程示意图如图 1 所示。

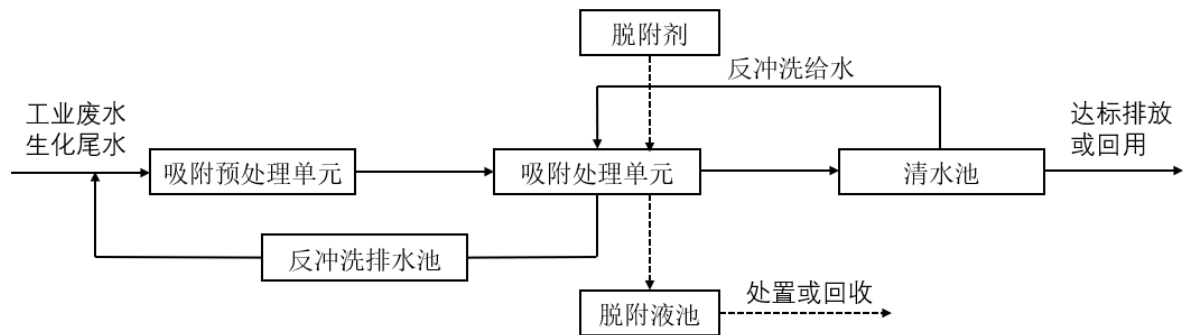


图1 吸附法原位再生工艺流程图

6.2.2 利用高温高压等条件对失效吸附剂进行再生时，宜采用吸附法异位再生工艺，工艺流程示意图如图 2 所示。

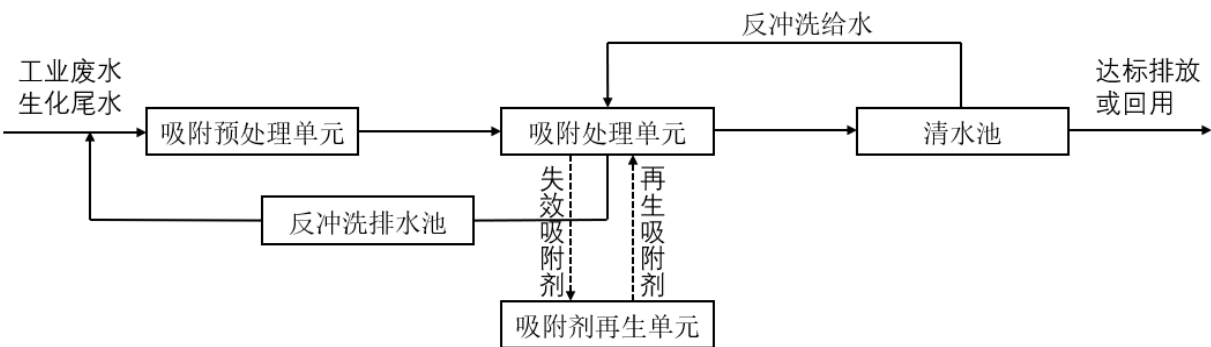


图2 吸附法异位再生工艺流程图

6.3 工艺设计要求

6.3.1 吸附预处理单元

- 6.3.1.1 含有大颗粒悬浮物的工业废水生化尾水吸附处理前应进行适当预处理，预处理后工业废水生化尾水的浊度应降至 20 NTU 以下。
- 6.3.1.2 吸附预处理单元工艺应根据生化处理出水的成分、性质和影响吸附过程的物质性质及含量进行选择，宜选用混凝法或过滤法。
- 6.3.1.3 吸附预处理单元工艺采用混凝法时，应根据 HJ 2006 中的相关要求进行设计。
- 6.3.1.4 吸附预处理单元工艺采用过滤法时，应根据 HJ 2008 中的相关要求进行设计。

6.3.1.5 吸附预处理单元可根据主要目标污染物性质特征增设 pH 调节池强化吸附剂的吸附容量。

6.3.2 吸附处理单元

6.3.2.1 一般规定

6.3.2.1.1 吸附法工业废水深度处理及回用工艺吸附处理单元设备宜选用滤床吸附装置。

6.3.2.1.2 以去除废水中 COD、色度和臭味为目标时，可选用活性炭固定床吸附装置和树脂固定床吸附装置。以去除废水中低浓度（进水 COD 宜小于 100 mg/L，BOD 宜小于 30 mg/L）、可被吸附和生物降解的有机物为目标时，可选用生物活性炭滤床吸附装置。以盐离子为主要目标污染物，进水电导率范围在 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ~5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 时可选用电吸附装置。

6.3.2.1.3 滤床吸附装置根据吸附剂料层状态可分为固定床吸附装置、移动床吸附装置和流化床吸附装置。

6.3.2.1.4 滤床吸附装置形式的选择，应根据处理规模及污水处理厂的运行条件，经技术经济比较后确定。

6.3.2.1.5 滤床吸附装置和电吸附装置应为并联工作，并联组数应不少于 2 组。

6.3.2.1.6 滤床吸附装置吸附剂可采用活性炭、树脂和活性氧化铝小球等；电吸附极板材料可选用活性炭基极板等。

6.3.2.1.7 滤床吸附装置和电吸附装置的相关设计参数宜根据静态或动态试验确定，合理选择吸附剂类型、吸附剂用量、接触时间、水力负荷和再生周期。

6.3.2.2 活性炭固定床吸附装置

6.3.2.2.1 活性炭吸附装置宜以吸附滤水 COD 浓度降低 20 mg/L~30 mg/L 为设计出水指标。

6.3.2.2.2 活性炭固定床吸附装置应采用过渡孔（中孔）发达的颗粒活性炭，煤质颗粒活性炭性能应符合 CJ/T 345 的有关规定，非煤质颗粒活性炭可参照执行。

6.3.2.2.3 活性炭固定床吸附装置类型可分为吸附滤池和吸附罐，通水方式可采用升流式或降流式，具体设计选择应综合原水水质，构筑物衔接方式、排水要求、再生方式、运行管理经验和工程地形等条件，通过技术经济比较后确定。活性炭吸附滤池及吸附罐设计参数可参考表 1 选择。

表 1 活性炭固定床吸附装置设计参数

工艺	通水方式	滤速 m/h	炭层厚度 m	操作压力 kPa	反冲洗条件	水冲洗强度 L/(m ² ·s)
吸附滤池	升流式	6~15	单床：1.2~2.4 串联总厚度：4~8	每 0.3 m 炭层≤7.1 kPa	2 d~5 d 周期 性反冲洗	11~13
	降流式					
吸附罐	升流式	5~15	2~8		进出水压差 >0.05 MPa	5~10
	降流式	3~12				

6.3.2.2.4 活性炭固定床异位再生吸附装置由进水系统，布水及反冲洗布水布气系统、支撑层、活性炭层、反冲洗系统、排炭及输炭系统构成。附录 A 给出了不同再生吸附装置的结构图，降流式活性炭异位再生吸附滤池结构图见图 A.1；升流式活性炭异位再生吸附滤池结构图见图 A.2；降流式异位再生活性炭吸附罐结构图见图 A.3；升流式异位再生活性炭吸附罐结构图见图 A.4；原位再生吸附装置由进水系统，布水及反冲洗布水布气系统、支撑层、活性炭层、反冲洗系统、再生系统和出水系统构成。降流式原位再生活性炭吸附罐结构图见图 A.5。

6.3.2.2.5 活性炭吸附滤池支撑层宜包括级配砾石承托层及滤板，砾石粒径宜为 2 mm~16 mm，厚度应≥250 mm；活性炭吸附罐支撑层宜采用滤板。

6.3.2.2.6 活性炭吸附罐高径比宜≥2。

6.3.2.2.7 活性炭固定床吸附装置反冲洗宜采用气洗、水洗或气-水联合反冲洗，反冲洗水宜采用吸附滤水，冲洗水浊度宜小于 5 NTU。

6.3.2.2.8 活性炭固定床吸附装置新炭补充和失效炭运出宜采用水力输送，整池进、出炭总时间不宜小于 24 h，输炭宜采用水射器。

6.3.2.2.9 活性炭固定床吸附装置与炭接触部位应采取电化学腐蚀防护措施。

6.3.2.3 树脂固定床吸附装置

6.3.2.3.1 树脂固定床吸附装置所用树脂 BET 比表面积应大于 $500 \text{ m}^2/\text{g}$ ，湿真密度宜为 $1.04 \text{ g/mL} \sim 1.3 \text{ g/mL}$ ，视湿密度宜为 $0.6 \text{ g/mL} \sim 0.85 \text{ g/mL}$ ，含水率宜在 50% 左右，使用寿命宜为 4~6 年。

6.3.2.3.2 树脂固定床吸附装置所用离子交换树脂性能应符合 DL/T 519 的规定。

6.3.2.3.3 树脂固定床吸附装置吸附流速宜为 $2 \text{ BV/h} \sim 5 \text{ BV/h}$ 。

6.3.2.3.4 树脂固定床吸附装置在寒冷的北方地区应设置保温措施。

6.3.2.4 生物活性炭滤床吸附装置

6.3.2.4.1 生物活性炭滤床吸附装置应采用过渡孔（中孔）发达颗粒活性炭，煤质颗粒活性炭性能应符合 CJ/T 345 的有关规定，非煤质颗粒活性炭可参照执行。

6.3.2.4.2 生物活性炭滤床吸附装置的微生物挂膜方式宜采用人工固定法，一般宜在 15 天内完成；挂膜成功的判定条件宜采用 COD、氨氮等污染物的稳定去除和镜检结果。

6.3.2.4.3 生物活性炭滤床吸附装置的设计参数可参照生物滤池的相关标准执行，符合 HJ 2014 的相关规定。

6.3.2.4.4 生物活性炭滤床吸附装置炭层高度不宜过高，一般宜为 $1 \text{ m} \sim 2 \text{ m}$ ，空床滤速宜为 $4 \text{ m/h} \sim 5 \text{ m/h}$ 。

6.3.2.4.5 生物活性炭滤床吸附装置气水比宜为 $(4 \sim 6):1$ ，出水溶解氧应 $>1 \text{ mg/L}$ 。

6.3.2.4.6 生物活性炭滤床吸附装置反冲洗可采用气洗、水洗或气-水联合反冲洗，周期宜为 $1 \text{ d} \sim 2 \text{ d}$ ，水冲洗强度宜为 $10 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) \sim 15 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ，反冲洗时间宜为 $10 \text{ min} \sim 20 \text{ min}$ 。

6.3.2.5 电吸附装置

6.3.2.5.1 电吸附装置宜采用模块化设备，一般由电极片、集电极、隔离体、固定端板、紧固件及电引线和配套管路管件等组成。

6.3.2.5.2 电吸附装置进水压力宜小于 0.2 MPa 。

6.3.2.5.3 电吸附装置的电压范围应根据电极材料厚度，通道宽度等特征确定，一般宜在 $1.5 \text{ V} \sim 2.0 \text{ V}$ 之间。

6.3.2.5.4 电吸附装置产水率宜高于 75%，除盐率宜高于 65%。

6.3.3 吸附剂再生单元

6.3.3.1 一般规定

6.3.3.1.1 吸附剂再生单元根据再生方式分为原位再生和异位再生两种，再生方式的选择应根据吸附剂类型、污染物回收需求、再生条件以及运行管理经验，通过技术经济比较后确定。

6.3.3.1.2 吸附剂再生周期宜以目标去除物接近指定标准值的 95%~98% 作为控制条件。

6.3.3.1.3 高温再生后的吸附剂应降温后使用。

6.3.3.2 活性炭及生物活性炭再生

6.3.3.2.1 活性炭再生周期宜采用碘值小于 600 mg/g 或亚甲蓝指标小于 85 mg/g 作为控制条件，测定方法应遵循 GB/T 7702.6 和 GB/T 7702.7 的相关要求。

6.3.3.2.2 生物活性炭再生周期较活性炭长，宜以目标去除物接近指定标准值的 95%~98% 作为控制条件。

6.3.3.2.3 活性炭再生可采用原位或异位再生方式，再生方法可采用高温加热法或过热蒸汽法；生物活性炭再生宜采用异位再生方式，再生方法宜采用高温加热法。

6.3.3.2.4 活性炭及生物活性炭高温加热法再生可选用回转再生炉、流动床式再生炉、移动床式再生炉和多层耙式再生炉等。

6.3.3.2.5 活性炭过热蒸汽法再生可选用原位蒸汽碳系统或异位蒸汽碳系统。

6.3.3.3 树脂再生

6.3.3.3.1 树脂再生宜采用原位再生方式，再生方法宜采用脱附剂再生。

6.3.3.3.2 树脂再生脱附剂的选择应根据吸附物的性质确定，尽量选择环境友好型物质；当树脂用于吸附弱酸性物质时，宜采用氢氧化钠作为脱附剂；吸附弱碱性物质时，宜采用盐酸作为脱附剂；吸附挥发性物质时，宜采用热水或蒸汽作为脱附剂。

6.3.3.3.3 树脂再生脱附液占废水的比例宜低于 1/10。

6.3.3.3.4 树脂再生宜采用对流再生工艺或分流再生工艺。

6.3.3.3.5 树脂再生脱附剂流速宜为 1 BV/h~3 BV/h，脱附剂温度应低于树脂允许的最高使用温度。

6.3.3.4 电吸附极板再生

6.3.3.4.1 电吸附极板再生宜采用原位再生方式。

6.3.3.4.2 电吸附极板再生时应将阴阳两极短接，脱附液可采用吸附预处理后原水。

6.3.3.4.3 电吸附极板再生周期宜为整个运行周期的 1/3~1/2。

6.3.3.4.4 电吸附极板再生完成宜采用再生排水电导率等于原水电导率作为判定条件。

7 排放及再生回用

7.1 吸附法深度处理后的工业废水宜作为再生水优先补充所在工厂或园区内企业用水水源，再生水基本控制项目、指标限值及利用方式应符合 GB/T 19923 的有关要求。

7.2 再生水输送应设置专门的管道系统，严禁与生活饮用水管道连接，明装时应有规定的标志颜色，埋地时应有带状标志；再生水管材质应根据水质、水压、外部荷载、地质条件，以及安装施工方便、经济合理的原则选择。

7.3 吸附法深度处理后的工业废水不能实现全部回收利用需外排的，应符合 GB 8978 及所属行业废水的排放要求。

8 二次污染物控制

8.1 吸附剂再生废液

吸附剂再生废液宜采用分质处置方式：

a) 对于含有组成单一且价值较高有机物或无机物的吸附再生液，应采用各种物理或化学过程将再生液中的有机物或无机物进行分离，用于各种生产环节或制造其他产品；分离后再生液可根据水质直接排放、回用或排入生物工艺进行二次处理；

b) 对于含较为复杂有机物或无机物的再生液，宜采用蒸发浓缩的方法进行浓缩、固化后按照 8.2 规定处理，或直接将浓缩液按照规定进行焚烧处理，也可根据水质条件排入生物工艺进行二次处理。

8.2 废渣

预处理过程中产生的污泥、更换后的过滤材料和吸附剂等废渣，应按《国家危险废物名录》确定是否为危险废物，或按照 GB 5085.7 的规定进行鉴别：

a) 经鉴别属于危险废物的，应根据自身条件进行深度无害化处理，或交由有资质的专业危险废物处理机构进行处置，危险废物在厂内的贮存和转移过程应遵守 GB 18597 的相关规定；

b) 经鉴别属于一般固体废物，应按 GB 18599 的要求进行处理。

8.3 废气

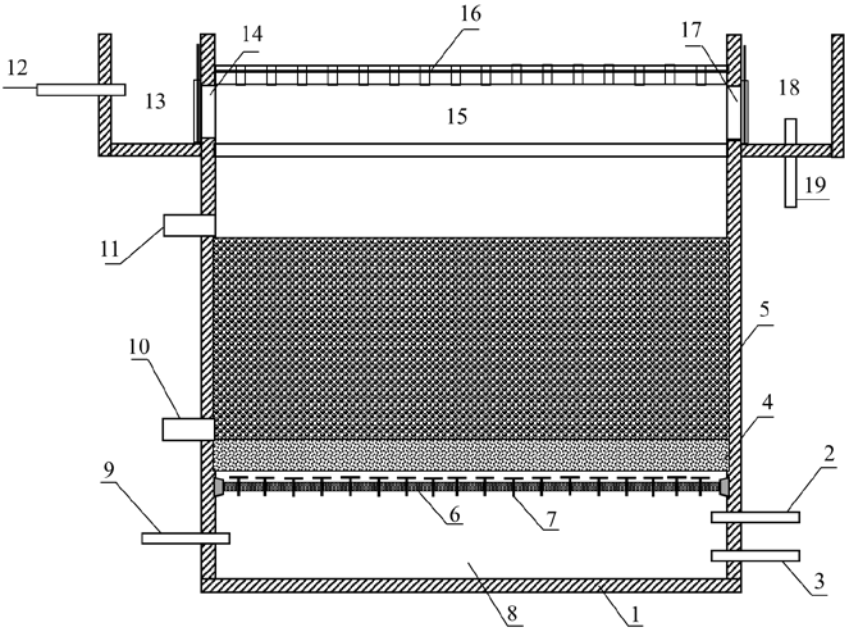
吸附剂再生热处理过程中产生的烟气应进行无害化处理，排放应符合 GB 16297 和其他相关废气排放标准，以及当地环保部门的要求。

8.4 噪声

噪声控制应符合 GB/T 50087 和 GB 12348 的相关规定。

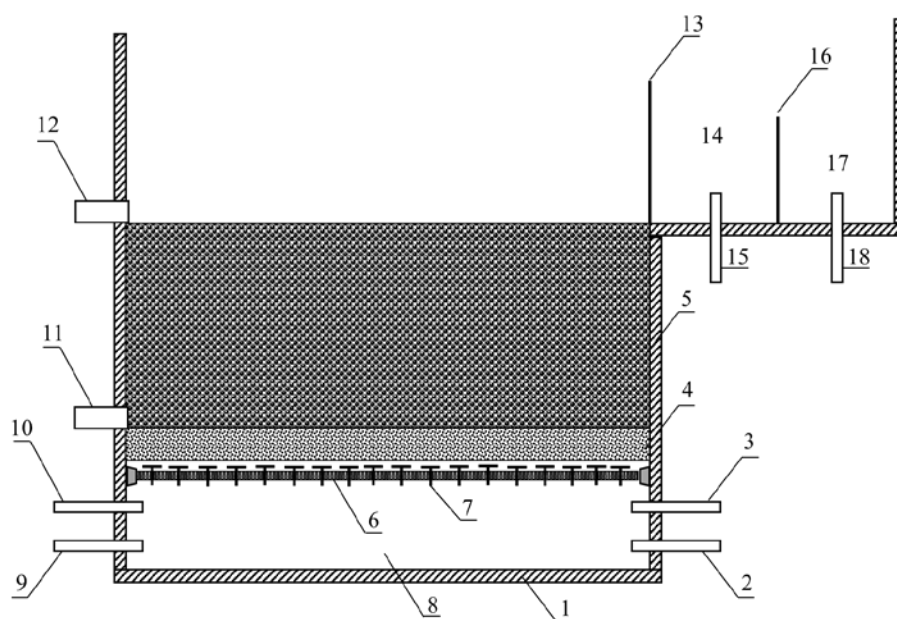
附录 A
(资料性)
再生吸附装置结构

再生吸附装置结构图图 A.1~图 A.5 给出了不同再生吸附装置的结构图。降流式活性炭异位再生吸附滤池。



- 标引序号说明：
- 1——吸附滤池池体；
 - 2——反冲洗进水管；
 - 3——反冲洗进气管；
 - 4——承托层；
 - 5——活性炭层；
 - 6——滤板；
 - 7——滤头；
 - 8——集水渠；
 - 9——出水管；
 - 10——排炭管；
 - 11——输炭管；
 - 12——进水管；
 - 13——进水总渠；
 - 14——进水阀；
 - 15——进水管；
 - 16——进水堰板；
 - 17——反冲洗阀；
 - 18——反冲洗排水渠；
 - 19——反冲洗排水管。

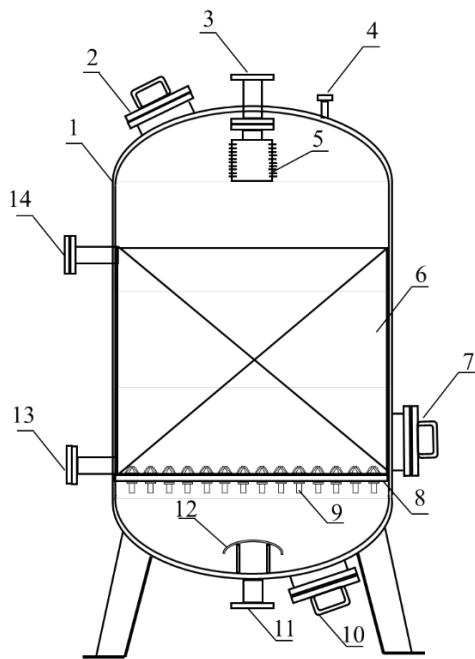
图 A. 1 降流式活性炭异位再生吸附滤池结构图



标引序号说明:

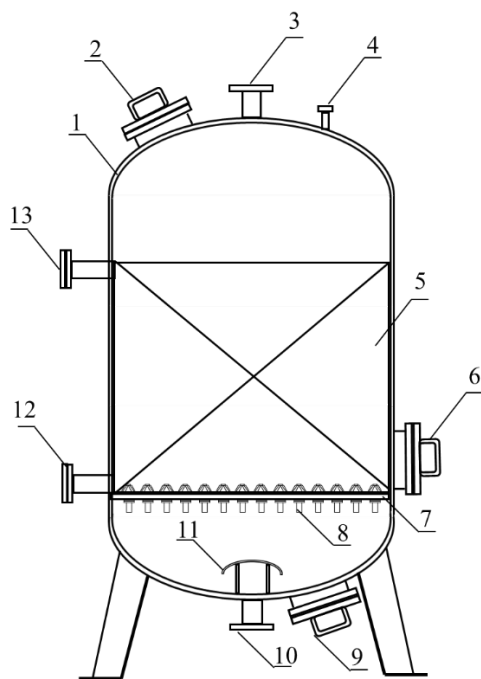
- 1——吸附滤池池体;
- 2——放空管;
- 3——进水管;
- 4——承托层;
- 5——活性炭层;
- 6——滤板;
- 7——滤头;
- 8——进水管;
- 9——反冲洗进气管;
- 10——反冲洗进水管;
- 11——排炭管;
- 12——输炭管;
- 13——出水堰;
- 14——反冲洗排水渠;
- 15——反冲洗排水管;
- 16——出水堰;
- 17——出水渠;
- 18——出水管。

图 A. 2 升流式活性炭异位再生吸附滤池结构图



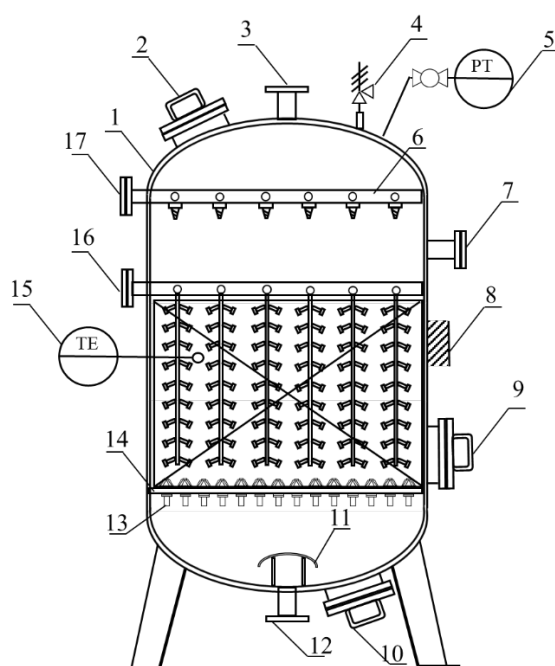
- 标引序号说明：
- 1——吸附罐罐体；
 - 2——上人孔；
 - 3——进水口、反冲洗出水口；
 - 4——排气管；
 - 5——上布水器；
 - 6——活性炭层；
 - 7——侧面人孔；
 - 8——滤板；
 - 9——滤头；
 - 10——下人孔；
 - 11——出水口、反冲洗进水进气口；
 - 12——下布水器；
 - 13——排炭口；
 - 14——输炭口。

图 A. 3 降流式异位再生活性炭吸附罐



- 标引序号说明：
- 1——吸附罐罐体；
 - 2——上人孔；
 - 3——出水口、反冲洗出水口；
 - 4——排气管；
 - 5——活性炭层；
 - 6——侧面人孔；
 - 7——滤板；
 - 8——滤头；
 - 9——下人孔；
 - 10——进水口、反冲洗进水进气口；
 - 11——下布水器；
 - 12——排炭口；
 - 13——输炭口。

图 A. 4 升流式异位再生活性炭吸附罐



标引序号说明:

- 1——吸附罐罐体;
- 2——上人孔;
- 3——冷却水进口、安全泄压口;
- 4——安全阀;
- 5——压力传感器;
- 6——布水/集水管;
- 7——气洗前排水口;
- 8——外侧保温层;
- 9——侧面人孔;
- 10——下人孔;
- 11——下布水器;
- 12——出水口、反冲洗进水进气口、脱附蒸汽出口;
- 13——滤头;
- 14——滤板;
- 15——温度传感器;
- 16——蒸汽入口;
- 17——进水口、反冲洗排水口。

图 A. 5 降流式原位再生活性炭吸附罐

参 考 文 献

- [1] GB/T 32327—2015 工业废水回用处理与回用技术评价导则
 - [2] HJ 2016—2012 环境工程 名词术语
 - [3] HJ 2026—2013 吸附法工业有机废气治理工程技术规范
-