

《工业废水深度处理及回用技术规范 吸附法》行业标准编制说明

（征求意见稿）

1 任务来源

根据国家工业和信息化部文件“工信厅科函〔2020〕263号《工业和信息化部办公厅关于印发2020年第三批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》”的要求，制定推荐性化工行业标准《工业废水深度处理及回用技术规范 吸附法》，计划编号为2020-1430T-HG。按标准制修订计划，本项目应于2021年完成。

本标准由南京大学、中海油天津化工研究设计院有限公司等负责起草。本标准由全国化学标准化技术委员会水处理剂分技术委员会（SAC/TC 63/SC 5）负责归口。

2 编制标准的背景、目的和意义

日益严格的环境管理政策及污染物排放标准的实施，持续推动我国工业废水处理从常规二级处理向深度处理转变。国家可持续发展战略及工业绿色发展规划的大力推进，对工业企业污染治理、资源循环、节水减污等方面提出了更高的要求，大量工业废水处理工程项目采用深度处理及回用处理技术。其中，吸附法因其价格低廉、运行简单、适应性强等优点被广泛使用，但相关标准和技术规范的空白，限值了该技术的推广应用。

《国家环境保护标准“十三五”发展规划》围绕《水十条》涉及的重点领域，重点推进造纸、焦化、氮肥、有色金属、印染、农副食品加工、原料药制造、制革、农药、电镀等工业行业环境工程技术规范制修订工作。《工业废水深度处理及回用技术规范 吸附法》的制定和实施，有助于补充完善工业行业和环境领域技术标准体系，提升工业废水深度处理及资源回用整体水平，为国家工信、住建、水利、生态环境等行政管理部门工业发展和污染防治奠定良好基础，对加快转变工业发展方式，建设资源节约型、环境友好型社会，增强可持续发展能力具有十分重要的意义。

3 编制原则和编制依据

3.1 编制原则

根据《国家环境保护标准制修订工作管理办法》，本标准的编制遵循下列基本原则：

（1）协调性、统一性原则

确保标准内容与现行国家有关法律法规及标准规定协调统一，并尽可能与国际通行标准接轨，使本标准成为有关法律法规及标准规定的有力支撑。

（2）科学性、成熟性原则

以国内外公认的主流和应用较广的先进技术为基础，充分考虑技术成熟程度和可行性，符合国家产业政策和行业污染防治政策，确保标准内容与当前我国各类吸附法工业废水深度处理及回用技术的发展水平相适应。

（3）完整性原则

根据污染控制全过程管理的要求，标准内容应以工艺路线为基础，重点涉及不同处理单元设计、废水排放及回用、二次污染物控制等各个环节，充分考虑不同行业废水治理所涉及技术和管理要求，力争形成对吸附法工业废水深度处理及回用系统的整体性指导。

（4）规范性原则

标准内容严格按照《标准化技术导则》（GB/T 1.1-2009）的规定进行编写和表述，力争在标准框架、

结构和内容方面符合标准要求。

3.2 编制依据

本标准的编制以国家环境保护现有法律、法规、标准为主要依据，结合工业废水的排放和污染现状、各行业的排放特点及其治理情况，参考水处理行业相关的技术规范和设计手册，充分考虑吸附法治理技术的发展水平、成熟程度、应用范围和覆盖度，确定本标准的指标要求，总结编制了本标准。

本技术规范依据的法律法规、标准主要有：

《标准化技术导则》（GB/T 1.1-2009）

《工业废水处理与回用技术评价导则》（GB/T 32327-2015）

《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2026-2013）

《室外排水设计规范》（GB 50014-2006）

《化学工业污水处理及回用设计规范》（GB 50684-2011）

《染料工业废水治理工程技术规范》（HJ 2036-2013）

《弹药装药废水处理设计规范》（GB 50816）

《含鱼推-3 的废水处理规范 活性炭吸附法》（CB 1202-1991）

《难降解有机废水深度处理技术规范》（GB/T 39308-2020）

《活性炭吸附罐 技术条件》（JB/T 10193-2010）

4 编制过程

接到标准编制任务后，2020 年 12 月，南京大学联合南京大学宜兴环保研究院组织成立了标准编制组，并召开编制组第一次工作会议，制定标准编制组工作计划，明确分工与责任。商定工作计划，包括：国内外资料收集分析；标准的起草及修改；现场调研；组织专家讨论；对相关单位进行专业咨询；技术内容及文本的具体审核工作等。

2021 年 1 月至 3 月，编制组完成了政策背景调研、文献资料调研以及国内外标准调研，梳理汇总了典型工业废水的主要特征及其现行国家标准、行业标准、地方标准中的相关处理规范，编写完成了标准草案和编制说明。

2021 年 4 月 26 日，编制组参加了 2021 年水处理剂国家/行业标准制修订工作方案及讨论会，专家组听取了标准编制工作介绍，审核了标准草案及编制说明，经讨论形成了标准修改意见。

2021 年 7 月，标准编制组根据专家意见修改，并进一步的调研，形成标准征求意见稿。经归口单位修改后，于 2021 年 7 月向水处理剂分技术委员会的委员、生产、使用及检验机构等单位发送了电子文件征求意见稿及编制说明，并在互联网上（<http://www.trici.cet.cnooc>）公开征求意见。

2021 年 8 月 18 日，编制组参加了 2021 年全国化学标准化技术委员会水处理剂分会国家、行业标准制修订工作预审会，专家组听取了标准编制工作介绍，审核了标准草案及编制说明，经讨论形成了标准修改意见。编制组根据专家意见对文本进行了修改。

5 主要参加单位和工作组成员及其所做的工作

5.1 起草工作组

本标准制定项目由南京大学和中海油天津化工研究设计院有限公司共同提出和申报，南京大学作为标准第一起草单位，由多家单位共同起草。

5.2 分工情况

天津院主要负责标准制定工作总体协调，组织起草单位开展文献及方法调研、资料收集，组织召开标准工作会议，组织开展技术论证，技术内容分析、编写修改标准各阶段草案、编制说明及相关附件等工作。

其他单位主要负责提供技术方案验证、数据统计、参加工作会议讨论、对标准过程草案及附件提出修改意见和审查等。

6 国内外相关标准研究

经查，无对应的国际标准或国外先进标准。国内外现行标准中有涉及吸附处理单元，如磷肥工业废水治理工程技术规范（HJ 2054-2018），但缺乏具体的工艺设计参数等。我国仅针对船舶废水（含鱼推-3 废水），制定活性炭吸附法相关标准，适用对象及范围的不同导致吸附处理工艺主要技术要求及规范差异较大，相关行政部门、科研院所、工业企业等无法参考执行。近年来我国对工业污染防治及绿色发展大力推进，亟需建立工业废水深度处理及回用相关标准及规范，促进工业向资源节约型、环境友好型转型升级，推进我国生态文明建设。

7 标准主要内容说明

7.1 适用范围

本部分首先简要说明了标准规定的主要内容和适用范围。在使用范围中表明了本标注适用的主体和对象。

本标准适用于工业废水生化尾水的深度处理及回用。

7.2 规范性引用文件

根据技术内容的需要，本标准引用了部分现行的国家标准和行业标准作为本标准的延伸技术规定，引用文件的管理规定和技术要求视为本标准的一部分。

7.3 术语与定义

为了便于对标准条文的理解，对本标准中涉及的技术名词予以定义。

对在其它法律、法规和技术规范上已经定义的术语如果适用于本标准的，本标准不再重新定义。对于有关标准和规范上没有标准定义而本标准中需要解释的给予了命名和规范。

对于本标准中涉及的一些最为核心的名词，虽然在其他标准中已有定义，在本标准中也重新进行了解释。

一些在其他标准中已经定义，但没有完全统一的名词在本标准重新进行了定义与说明。

以下内容撰写术语与定义的相关依据：

（1）工业废水：《工业废水回用处理与回用技术评价导则》（GB/T 32327-2015）中工业废水定义“工艺生产过程中排出的废水和废液，包括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”。根据本标准的内容及范围，编制组采用了本定义。

（2）生化尾水：编制组根据生化尾水特点，自定义“生化尾水”为“废水经生物处理工艺处理后的排水”。

（3）深度处理：《难降解有机废水深度处理技术规范》（GB/T 39308-2020）中将“深度处理”定义为“经前端预处理，难降解有机废水未达到排放标准的，进行进一步处理的过程”；《室外排水设计规范》（GB 50014-2006）中将“深度处理”定义为：“常规处理后设置的处理”。根据本标准的内容及范围，编制组在此基础上进行改写，将“深度处理”定义为“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的过程”。

（4）吸附：《环境工程 名词术语》（HJ 2016-2012）中将“吸附”定义为“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”。根据本标准的内容及范围，编制组采用了本定义。

(5) 固定床吸附装置：《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2026-2013）中将“固定床吸附装置”定义为“吸附过程中，吸附剂料层处于静止状态的吸附设备”。根据本标准的内容及范围，编制组采用了本定义。

(6) 移动床吸附装置：编制组根据移动床吸附装置的特点，自定义“移动床吸附装置”为“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”。

(7) 流化床吸附装置：《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2026-2013）中将“流化床吸附装置”定义为“吸附过程中，吸附剂在高速气流的作用下，强烈搅动，上下浮沉呈流化状态的吸附设备”。根据本标准的内容及范围，编制组在此基础上进行改写，将“流化床吸附装置”定义为“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”。

(8) 吸附剂再生：《环境工程 名词术语》（HJ 2016-2012）中将“吸附剂再生”定义为“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”。根据本标准的内容及范围，编制组采用了本定义。

(9) 原位再生：《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2026-2013）中将“吸附剂原位再生”定义为“指吸附了污染物的吸附剂在吸附装置中原地进行再生的过程”。根据本标准的内容及范围，编制组在此基础上进行改写，将“原位再生”定义为“经吸附过程后，饱和吸附剂在吸附装置中直接进行再生的操作”。

(10) 异位再生：编制组根据异位再生工艺的特点，自定义“异位再生”为“经吸附过程后，将饱和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”。

7.4 总体要求

本部分为工业废水深度吸附处理及回用系统的原则性要求。

1、规定了工业废水深度吸附处理及回用系统总体布置和设计的基本原则。

2、规定了工业废水深度吸附处理及回用技术设计的环境管理要求，切实满足工业废水污染物排放及回用目标，遵守环境监测制度，防止二次污染问题的产生。

本标准总体要求的撰写参考以下标准规范：

参考标准文件《标准化技术导则》（GB/T 1.1-2009）、《工业废水处理与回用技术评价导则》（GB/T 32327-2015）、《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2026-2013）、《室外排水设计规范》（GB 50014-2006）、《化学工业污水处理及回用设计规范》（GB 50684-2011）、《染料工业废水治理工程技术规范》（HJ 2036-2013）、《弹药装药废水处理设计规范》（GB 50816-2012）、《含鱼推-3 的废水处理规范 活性炭吸附法》（CB 1202-1991）、《难降解有机废水深度处理技术规范》（GB/T 39308-2020）、《活性炭吸附罐 技术条件》（JB/T 10193-2010）等相关规定。

7.5 废水水量与水质

废水水量和水质的确定是确定工业废水深度吸附处理及回用技术的重要依据和设计参数，本标准对废水水量的计算和水质数据的获取进行了规定。

对于现有工业废水治理工程，可以通过实际测量来确定工业废水生化尾水的排水量和废水水质。对于新（扩、改）建工业废水治理工程，本部分规定了采用类比法获取设计水量与水质的基本原则。

在进行工业废水深度吸附处理及回用技术设计时，设计单位应充分考虑不同废水水量和污染负荷的冲击对设施稳定运行的可能影响，明确规定治理设施受纳各种污染物的浓度限制应满足设计要求。

7.6 工艺设计

本标准工艺设计章节包括一般规定、吸附法工业废水深度处理及回用系统工艺流程、吸附预处理单元、吸附处理单元和吸附剂再生单元。

7.6.1 一般规定

1、在进行工艺设计上要本着技术成熟、国内先进、经济适用的基本原则，同时考虑节能、安全和可操作性。鼓励技术能力较强的治理厂家积极采用新工艺和新材料。

2、从资源利用角度，工业废水中所含的有机物和无机物成分应该尽量回收利用。因此，在成本相近且回收易行的前提下，应尽量采用吸附回收工艺对废水中有机物或无机物进行回收。

7.6.2 工艺流程

编制组根据企业吸附法工业废水深度处理及回用案例，将工艺流程按照吸附剂再生方式分为原位再生和异位再生。考虑两种再生方式所需条件不同，原位再生一般用脱附剂再生，对吸附装置危害小，可直接在吸附装置内进行，减少装填操作次数；而异位再生一般需要高温高压等极端条件，对吸附设备要求高且危害大，因此应将吸附剂取出在专门的装置中再生。

7.6.3 工艺设计要求

7.6.3.1. 吸附预处理单元

工业废水生化尾水中存在大量大颗粒悬浮物，会导致后续吸附处理单元的堵塞，影响系统的处理效果和稳定运行能力。因此在吸附处理之前，应对工业废水生化尾水中的大颗粒悬浮物进行预先去除，以提高吸附剂吸附能力，延长吸附剂使用寿命。编制组参考《给排水设计手册 城镇排水》（上海市市政工程设计研究总院）、《化学工业污水处理与回用技术规范》（GB 50684-2012）、《活性炭吸附罐 技术条件》（JB/T 10193-2010）中的工艺参数及相关工艺规定，并结合企业反馈的工程应用案例对吸附预处理单元进行了规定。

本标准部分工艺参数推荐值编写依据如下：

1、《给水排水设计手册 城镇排水》（上海市市政工程设计研究总院）中规定“活性炭吸附常用的预处理方法主要是传统的混凝、澄清、过滤”，结合企业反馈的工程实例，本标准推荐吸附预处理单元工艺为混凝法和过滤法。

2、《化学工业污水处理与回用技术规范》（GB 50684-2012）中规定“活性炭吸附器进水浊度不宜大于 3 NTU”，《活性炭吸附罐 技术条件》（JB/T 10193-2010）中规定“用于废水处理是，进水浊度宜<20 NTU”，结合企业反馈的工程实例，本标准规定“吸附预处理后，工业废水生化尾水的浊度应降至 20 NTU 以下”。

7.6.3.2. 吸附处理单元

吸附装置设计时吸附法工业废水深度处理及回用的首要问题。编制组参考《环境工程设备设计手册》（周迟骏等）、《给水排水设计手册 城镇排水》（上海市市政工程设计研究总院）、《给排水设计手册 城镇给水》（上海市市政工程设计研究总院）、《室外排水设计规范》（GB 50014-2006）、《化学工业污水处理及回用设计规范》（GB 50684-2011）、《染料工业废水治理工程技术规范》（HJ 2036-2013）、《弹药装药废水处理设计规范》（GB 50816-2012）、《含鱼推-3 的废水处理规范 活性炭吸附法》（CB 1202-1991）、《难降解有机废水深度处理技术规范》（GB/T 39308-2020）、《活性炭吸附罐 技术条件》（JB/T 10193-2010）等内容及相关工艺规定，结合企业反馈的工程应用案例，综合考虑工艺的成熟性、稳定性和经济合理性，

编制组在本标准中给出了吸附处理单元的一般规定及工业常用活性炭固定床吸附装置、树脂固定床吸附装置、生物活性炭滤床吸附装置及电吸附装置的推荐工艺参数。本标准部分工艺参数推荐值编写依据如下：

1、《给水排水设计手册 城镇排水》（上海市市政工程设计研究总院）中规定“活性炭吸附滤床的吸附滤速一般为 6~15 m/h”，《室外排水设计规范》（GB50014-2006）中规定“活性炭吸附池下向流的空床滤速为 7 m/h~12 m/h；活性炭吸附罐升流式水力负荷为 2.5 L/(m²·s)~6.8 L/(m²·s)，降流式水力负荷为 2.0 L/(m²·s)~3.3 L/(m²·s)”，《化学工业污水处理及回用设计规范》（GB 50684-2011）中规定“当用于吸附水中有机物且位于多介质过滤器和反渗透之间时，流速宜为 8 m/h~10 m/h；当用于吸附水中有机物且位于超滤和反渗透之间时，流速宜为 10 m/h~15 m/h”，《活性炭吸附罐 技术条件》（JB/T 10193-2010）中规定“空塔滤速宜控制在（5~10）m/h”。结合企业反馈的工程案例，本标准将活性炭固定床吸附滤池的滤速规定为“6 m/h~15 m/h”，将升流式活性炭吸附罐滤速规定为“5 m/h~15 m/h”，将降流式活性炭吸附罐滤速规定为“3 m/h~12 m/h”。

2、《给水排水设计手册 城镇排水》（上海市市政工程设计研究总院）中规定“活性炭吸附滤床的炭层厚度通常在 4~12 m 之间选用，常用厚度为 4~8 m，炭层应考虑超高，炭床膨胀率按 20%~50%考虑。单柱炭床的炭层厚度一般为 1.2~2.4 m，炭床多为串联工作，运行时依次顺序冲洗、再生，一组串联床数通常不多于 4 个”，《室外排水设计规范》（GB 50014-2006）中规定“吸附罐最小炭层厚度为 3 m，宜为 4.5 m~6 m”，结合企业反馈工程案例，本标准规定活性炭吸附滤池炭层串联总厚度宜为“4 m~12 m”，单床炭层厚度宜为“1.2 m~2.4 m”；活性炭吸附罐炭层厚度宜为“2 m~8 m”。

3、《室外排水设计规范》（GB50014-2006）中规定“活性炭吸附罐操作压力每 0.3 m 炭层 7 KPa”，《给水排水设计手册 城镇排水》（上海市市政工程设计研究总院）中规定“活性炭吸附滤床的操作压力通常为每 30 cm 炭层不大于 7.1 KPa”，结合企业反馈的工程案例，本标准规定活性炭固定床吸附滤池及吸附罐的操作压力均为“每 30 cm 炭层不宜高于 7.1 KPa”。

4、《化学工业污水处理及回用设计规范》（GB 50684-2011）中规定“活性炭吸附器经常性冲洗周期宜为 3 d~6 d，水冲洗强度宜为 11 L/(m²·s)~13 L/(m²·s)。冲洗水宜采用活性炭吸附器产水”，《室外排水设计规范》（GB50014-2006）中规定“常温下经常性冲洗时，水冲洗强度为 11 L/(m²·s)~13 L/(m²·s)，历时 10 min~15 min，膨胀率宜为 15%~20%。经常性冲洗周期宜为 3 d~5 d。冲洗水可用砂滤水或炭滤水，冲洗水浊度宜小于 5 NTU”，《活性炭吸附罐 技术条件》（JB/T 10193-2010）中规定“当设备进出水压力差>0.05 MPa 时，应进行反冲洗，反冲洗强度为（5~10）L/(s·m²)”结合企业反馈的工程案例，本标准规定“活性炭固定床吸附装置反冲洗水宜采用吸附滤水，冲洗水浊度宜小于 5 NTU”。活性炭吸附滤池反冲洗条件为“2 d~5 d 进行周期性反冲洗”，水冲洗强度宜为“11 L/(m²·s)~13 L/(m²·s)”。活性炭吸附罐反冲洗条件为“进出水压力差>0.05 MPa”，反冲洗强度为“5 L/(m²·s)~10 L/(m²·s)”。

5、《给水排水设计手册 城镇排水》（上海市市政工程设计研究总院）中规定“炭吸附池承托层宜采用砾石分层级配，粒径 2~16 mm，厚度不小于 250 mm”，《活性炭吸附罐 技术条件》（JB/T 10193-2010）中规定“设备对活性炭的支撑采用滤板形式”，结合企业反馈的工程案例，本标准规定“活性炭吸附滤池支撑层宜包含级配砾石承托层及滤板，砾石粒径宜为 2 mm~16 mm，厚度≥250 mm；活性炭吸附罐支撑层宜采用滤板”。

6、《室外排水设计规范》（GB 50014-2006）中规定“吸附罐的最小高度与直径比可为 2:1”，结合企业反馈的工程案例，有企业活性炭吸附罐炭层高径比为 2，有企业活性炭吸附罐高径比为 2.22。本标准规定“活性炭吸附罐高径比宜≥2”。

7、《给排水设计手册 城镇给水》（上海市市政工程设计研究总院）中规定“炭池中失效炭的运出和新

炭补充，可采用水力输送、整池出炭，进炭总时间不宜小于 24 h，输炭一般采用水射器”，结合企业反馈的工程案例，本标准规定“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”。

8、《染料工业废水治理工程技术规范》（HJ 2036-2013）中规定“树脂比表面积应大于 $500 \text{ m}^2/\text{g}$ ，树脂设计使用年限一般不超过 4~6 年”，《环境工程设备设计手册》（周迟骏等）中规定“树脂湿真密度一般在 $1.04\sim 1.3 \text{ g/mL}$ ，湿视密度一般为 $0.6\sim 0.85 \text{ g/mL}$ ，含水率一般在 50%左右”，结合企业反馈的工程实例，本标准规定“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”。

9、《难降解有机废水深度处理技术规范》（GB/T 39308-2020）中规定“树脂吸附苯系物吸附滤速：2 BV/h~5 BV/h”，结合企业反馈的工程实例，本标准规定“树脂固定床吸附装置吸附流速宜为 2 BV/h~5 BV/h”。

10、生物活性炭工艺适用于低浓度有机废水的深度处理。一般而言微生物对有机物降解存在最小基质浓度，当废水中有机物浓度小于这一浓度时，微生物降解速率较低。生物活性炭工艺可利用活性炭吸附作用将污染物富集到炭表面，提高微生物的降解性能，对有机物浓度低且可生化性较差的工业废水具有独特的处理优势。根据目前已有研究及企业反馈的工程案例，生物活性炭对进水 COD 小于 100 mg/L ，BOD 小于 30 mg/L 的有机废水处理性能最佳。因此，本标准规定“生物活性炭滤床吸附装置的处理对象应为低浓度（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废水”。

11、生物活性炭的形成方法主要分为自然挂膜法与人工固定法两种。根据目前已有研究及企业反馈的工程实例，自然挂膜通过控制废水连续通过炭层，使活性炭表面逐渐形成生物膜，但该挂膜法周期较长一般在 1~2 个月以上。人工固定法使用预先富集、驯化的菌液，通过其循环通过炭层或将活性炭混合菌液闷曝的方法，使微生物迅速固定在活性炭上，该方法大大缩短了挂膜周期，一般在 15 天内即可挂膜完成。因此，本标准规定“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”。

12、生物活性炭工艺的炭层高度不宜过高。一般好氧微生物可以提高活性炭的吸附容量，延长活性炭使用寿命，而厌氧或兼氧型微生物会还原部分化合物（如，硝酸根及亚硝酸根等），将阻碍吸附装置的正常运行。根据目前已有研究及企业反馈的工程案例，由于氧气传质效率有限，炭层越高越易产生厌氧区，一般宜设为 $1 \text{ m}\sim 2 \text{ m}$ 。因此，本标准规定“生物活性炭滤床吸附装置炭层高度不宜过高，一般宜为 $1 \text{ m}\sim 2 \text{ m}$ ”。

13、由于降解速率的要求，生物活性炭中的微生物需要与污染物接触足够的时间，因而空床滤速不宜过大。根据目前已有研究以及企业反馈的工程案例，生物活性炭空床滤速一般设置为 $4 \text{ m/h}\sim 5 \text{ m/h}$ 。因此，本标准规定“生物活性炭滤床吸附装置的空床滤速宜为 $4 \text{ m/h}\sim 5 \text{ m/h}$ ”。

14、为满足好氧微生物生存需要，生物活性炭装置中需存在足够的溶解氧。根据目前已有研究及企业反馈的工程案例，生物活性炭工艺一般宜以气水比(4~6):1 设计，出水中溶解氧浓度应大于 1 mg/L 。因此，本标准规定“生物活性炭滤床吸附装置气水比宜为(4~6):1，出水溶解氧应 $>1 \text{ mg/L}$ ”。

15、生物活性炭工艺需定期进行反冲洗。长期运行时，生物活性炭装置内存在大量微生物及进水携带的悬浮物，易造成炭层的堵塞。同时由于生物膜的长期附着增厚，活性炭表面无法与废水发生传质效应，影响其吸附性能。根据目前已有研究及企业反馈的工程案例，生物活性炭吸附装置一般每天反冲洗一次，反冲洗强度为 $10 \text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})\sim 15 \text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，反冲洗时间为 $10 \text{ min}\sim 20 \text{ min}$ 。因此，本标准规定“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 $10 \text{ min}\sim 20 \text{ min}$ ”。

16、不同工业废水生化尾水含盐量不同，直接影响电吸附的除盐效果，根据目前已有研究以及企业反馈的工程实例，现阶段电吸附除盐装置可以接受的污（废）水电导率范围是 $1000\ \mu\text{s}/\text{cm}\sim 5000\ \mu\text{s}/\text{cm}$ 。因此，本标准规定“电吸附装置进水电导率范围宜为 $1000\ \mu\text{s}/\text{cm}\sim 5000\ \mu\text{s}/\text{cm}$ ”。

17、电吸附模块内一般设有专门的水流通道，水流阻力小，根据企业反馈的工程实例，进水所需压力一般小于 $0.2\ \text{MPa}$ 。因此，本标准规定“电吸附装置进水压力宜小于 $0.2\ \text{MPa}$ ”。

18、电吸附过程是双电层在电场作用下的离子吸附。电极间电势差越大，电极表面自由电子形成的电荷密度越大，界面双电层越紧密，可以从溶液中吸附更多的离子，但同时电压的增加会引发电解等副反应，增加能耗。因此选择合适的工作电压是电吸附装置正常运行的关键。根据企业反馈的工程实例，在实际应用过程中，一般根据电极材料厚度、通道宽度等特征来控制加压大小，电压范围在 $1.5\ \text{V}\sim 2.0\ \text{V}$ 之间。因此，本标准规定“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”。

19、根据企业反馈的工程实例，某电镀废水电吸附装置产水率为 80% ，除盐率为 99.7% （铜离子低于 $0.3\ \text{mg}/\text{L}$ ，镍离子低于 $0.1\ \text{mg}/\text{L}$ ）；某石化企业炼油废水电吸附装置产水率为 75% ，除盐率为 65% ；某电力企业循环排污水电吸附装置产水率为 90% ，除盐率为 72% 。因此，本标准规定“电吸附装置产水率宜高于 75% ，除盐率宜高于 65% ”。

7.6.3.3. 吸附剂再生单元

为确保吸附剂的吸附效果，降低吸附工艺运行成本，在吸附剂失效后应进行吸附剂的再生和循环利用。编制组根据《给水排水设计手册 城镇排水》（上海市工程设计研究总院）、《化学工业污水处理及回用设计规范》（GB 50684-2011）、《难降解有机废水深度处理技术规范》（GB/T 39308-2020）、《染料工业废水治理工程技术规范》（HJ 2036-2013），结合企业反馈的工程应用案例，对常用吸附剂（活性炭和树脂）再生工艺进行了相关规定。

本标准部分工艺参数推荐值编写依据如下：

1、《给水排水设计手册 城镇排水》（上海市工程设计研究总院）中规定“活性炭的碘值和亚甲蓝值是表征其吸附性能的主要指标，当碘值小于 $600\ \text{mg}/\text{g}$ 、亚甲蓝值小于 $85\ \text{mg}/\text{g}$ 时认为活性炭失效”，结合企业反馈的工程实例，本标准规定“活性炭再生周期宜采用碘值小于 600 或亚甲蓝指标小于 $85\ \text{mg}/\text{g}$ 作为控制条件”。

2、根据企业反馈的工程实例，生物活性炭滤池不同于普通的活性炭吸附滤池，污染物的去除不仅仅依赖于活性炭的吸附能力，更多的是依靠附着在活性炭上生长微生物的净化能力，因此生物活性炭的使用周期较活性炭更长，一般为 $2\sim 3$ 年，活性炭再生的判定条件不适用于生物活性炭，应以目标去除物接近超标作为控制条件。本标准规定“生物活性炭再生周期较活性炭长，一般为 $2\sim 3$ 年，宜以目标去除物接近超标作为控制条件”。

3、《染料工业废水治理工程技术规范》（HJ 2036-2013）中规定“树脂吸附工艺脱附液占废水比例宜低于 $1/10$ ”，结合企业反馈的工程实例，本标准规定“树脂再生脱附液占废水的比例宜低于 $1/10$ ”。

4、《难降解有机废水深度处理技术规范》（GB/T 39308-2020）中规定“树脂吸附工艺解析流速： $1\ \text{BV}/\text{h}\sim 3\ \text{BV}/\text{h}$ ”，结合企业反馈的工程实例，本标准规定“树脂再生脱附剂流速宜为 $1\ \text{BV}/\text{h}\sim 3\ \text{BV}/\text{h}$ ”。

5、根据企业反馈的工程实例，当吸附达到饱和后，除去外加电源并将电极板阴阳两极短接及可将电极板上的离子释放到再生溶液中，再生溶液一般使用预处理后原水。因此，本标准规定“电吸附极板再生时应将阴阳两极短接，脱附液宜采用吸附预处理后原水”。

6、根据企业反馈的工程实例，电极板再生时间一般为 $36\sim 42\ \text{min}$ ，占整个周期的 $1/3\sim 1/2$ 。因此，本

标准规定“电吸附极板再生周期宜为整个运行周期的 $1/3 \sim 1/2$ ”。

7.7 排放及回用

工业企业是用水大户，将工业废水处理后回用于本企业，技术经济上会更合理。编制组根据《化学工业污水处理及回用设计规范》（GB 50684-2011），《给水排水设计手册 城镇排水》（上海市市政工程设计研究总院）对工业废水深度吸附处理后的排放及回用进行了规定。

（1）吸附深度处理后的工业废水宜作为再生水补充本企业工业用水，水质控制指标参照了《城市污水再生利用 工业用水水质》（GB/T 19923-2005）的规定，该标准规定了作为工业用水的再生水水质标准和再生水利用方式，适用于以城市污水再生水为水源，作为工业用水的冷却用水、洗涤用水、锅炉用水、工艺用水和产品用水。

（2）再生水不属于生活饮用水，为防止污染生活饮用水系统，严禁与生活饮用水管道连接。为防止管道误接，再生水管明装时应涂上规定标志颜色和再生水字样，埋地时应设置规定的带状标志，闸门井井盖应铸有再生水字样。

（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《污水综合排放标准》（GB 8987-1996）及所属行业废水的排放要求。

7.8 二次污染控制

在吸附法工业废水深度处理及回用系统运行过程中会产生大量废液，废渣、废气和噪声问题，如不进行控制将对环境造成二次污染，编制组根据《难降解有机废水深度处理技术规范》（GB/T 39308-2020）、《吸附法工业有机废气治理工程技术规范》（HJ 2026-2013）对吸附法工业废水深度处理及回用系统运行过程中易产生的二次污染问题进行了规定。

（1）吸附剂再生废液的处理和处置是吸附工艺应用的一大难题。根据企业反馈的工程实例，本标准规定了吸附剂再生废液的分质处置方式。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。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、固化后填埋处理，或直接将浓缩液进行焚烧处理。

（2）吸附法工业废水深度处理及回用系统产生废渣的主要来源是预处理（过滤或混凝）过程中产生的污泥以及更换下来过滤材料和吸附剂。对于这部分废渣的处理应首先根据现有《危险废物鉴别标准 通则》（GB 5085.7-2019）进行分类鉴定，属于危险废物的部分应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；属于一般固体废物的部分按照《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）进行处置。

（3）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《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-2017）的相关要求。

（4）噪声控制应符合《工业企业噪声控制设计规范》（GB/T 50087-2013）和《工业企业厂界噪声标准》（GB 12348-2008）的相关规定。

8 知识产权情况说明

本标准不涉及专利问题。

9 标准属性

建议本标准做推荐性标准使用。

10 采用国际标准和国外先进标准情况

未采标。

11 与现行法律、法规及国家标准的关系

尚无相关国家或行业标准。

12 实施本标准的管理措施及建议

本标准为首次制定，建议在实施过程中先试行一段时间，根据实际应用情况，进行进一步的修订完善，以满足指导吸附法工业废水深度处理及回用工艺技术的需要。此外，随着环境管理要求的提高以及吸附技术的进步，本标准的相关技术内容会相应发生变化，技术要求也应随之进行完善、调整、拓展和深入。因此，在本标准实施过程中，建议建立相关信息的长效反馈机制，广泛听取和收集各方面的意见和建议，适时解决标准应用中的问题，对本标准进行不断更新，使其实用性和可操作性不断提高，不断满足环境管理的需要。

《工业废水深度处理及回用技术规范 吸附法》编制小组

2021年8月