

**《废活性炭微波再生技术规范》
团体标准编制说明**

《废活性炭微波再生技术规范》编制组

2022年11月

目 录

1 项目背景	1
1.1 废活性炭产生来源	1
1.2 废活性炭处置现状	1
1.3 废活性炭再生技术	2
2 任务来源	4
3 主要工作过程	5
4 编制的必要性	6
5 主要工作内容	7
5.1 编制原则	7
5.2 工作方法	7
5.3 技术路线	8
6 标准主要内容	9
7 主要条文	10
7.1 适用范围	10
7.2 规范性引用文件	11
7.3 术语和定义	12
7.4 总体要求	14
7.5 预处理技术要求	18
7.6 微波再生技术要求	18
7.7 污染物排放控制要求	24
7.8 质量和管理要求	25
7.9 监测要求	29

1 项目背景

1.1 废活性炭产生来源

活性炭是一种无毒无味的吸附材料，孔隙结构非常发达，比表面积大，对分子吸附能力很强。活性炭吸附目前在环境保护、工业与民用方面被大量使用。然而经过多次吸附反应后，活性炭内部产生的化学变化和结构变化会导致活性降低，比表面积下降，吸附能力无法满足生产需要而成为废活性炭。根据活性炭的用途，废活性炭通常来源于制药制造、食品加工、石油化工、能源等行业，产生于脱色除臭、净化废水、以及吸附甲醛、VOCs、烟尘等有毒有害物质等环节。

随着我国活性炭应用相关行业的迅猛发展，废活性炭产量逐年递增，数据显示，2016 年我国废活性炭产生量为 51 万吨，到 2019 年增长到了 65 万吨，增速约为 9.1%，按此增速预测，到 2025 年我国废活性炭产生量将会达到 110 万吨。如果废活性炭长时间堆存不但占用大量土地，更会对周围环境构成巨大威胁，但如果只是填埋、焚烧处置又会极大的浪费资源，企业运行成本居高不下。

1.2 废活性炭处置现状

按照《国家危险废物名录》规定，沾染危险废物的废活性炭属于危险废物。即活性炭吸附了 VOCs、甲醛、含苯废气、重金属等危险废物名录中规定的有毒有害物质，便属于危险废物，例如在废物类别 HW49 其他废物（废物代码 900-039-49）的描述明确地表示：VOCs 治

理过程中产生的废活性炭，也被认定为危废。虽然有些食品行业产生的废活性炭并不在危险废物的范畴，但是废活性炭再生处理技术规范缺失，技术手段匮乏，大部分企业对于所有种类的废活性炭的处理处置方式都是刚性填埋或者焚烧，而大部分刚性填埋场已满负荷，焚烧又会产生严重的空气污染，这两种处置方式不仅会造成资源浪费，还会对环境造成二次污染，不符合可持续发展理念。

1.3 废活性炭再生技术

废活性炭再生处理，就是将饱和吸附各种污染物的活性炭经过特殊处理，使活性炭恢复绝大部分的吸附能力，以便重新用于吸附过程，降低生产成本，减少资源的浪费。活性炭再生技术不仅可以促使活性炭材料的再次利用，同时也避免了对环境的危害。当前使用较多的废活性炭再生的方式有：生物再生法、湿式空气氧化、溶剂再生法和传统热再生法等。

(1) 生物再生法：生物再生法是利用经驯化过的细菌，解析活性炭上吸附的有机物，并进一步消化分解，从而达到活性炭再生的一种处理方法。生物再生法与污水处理中的生物法相类似，也有好氧法与厌氧法之分。但该方法所需时间较长，受水质和温度的影响很大，多次循环后再生效率明显降低。

(2) 湿式氧化再生法：在高温高压的条件下，用氧气或空气作为氧化剂，将处于液相状态下活性炭上吸附的有机物氧化分解成小分子的一种处理方法，称为湿式氧化再生法。但该方法操作复杂，需要

配备的附属设施较多，对有毒物质处理不当可能会产生污染危害更大的中间产物。

(3) 溶剂再生法：溶剂再生法是利用活性炭、溶剂与被吸附质三者之间的相平衡关系，通过改变温度、溶剂的 pH 值等条件，打破吸附平衡，将吸附质从活性炭上脱附下来的处理方法。但该方法再生不太彻底，微孔易堵塞，多次再生后吸附性能明显降低。

(4) 传统热再生法：该方法是目前应用较多、工业上较成熟的活性炭再生方法。根据加热到不同温度时有机物的变化，一般分为干燥、高温炭化及活化三个阶段。在干燥阶段，主要去除活性炭上的可挥发成分。高温炭化阶段是使活性炭上吸附的一部分有机物沸腾、汽化脱附，一部分有机物发生分解反应，生成小分子烃脱附出来，残余成分留在活性炭孔隙内成为“固定炭”。活化阶段是在 850℃ 左右通入少量活化气体（比如二氧化碳、水蒸气）进行气化反应，使活性炭表面微孔得到清理，恢复其吸附性能。此工艺的优点在于简单易操作，但传统加热方式占地面积大、能耗较高，消耗大量化石能源，无法做到节能减排，且产生的气体易引起大气污染，尾气治理工艺复杂，成本较高，存在一定的弊端。

废活性炭微波再生技术恰好可以弥补传统加热方式的局限性，即利用活性炭中吸附的极性物质分子在微波场中会受到诱导而产生偶极转向极化，将微波能转化为热能，吸附在孔道中的水和有机物质受热挥发、分解和炭化，活性炭的孔道重新打开，形成显著的多孔结构，恢复吸附活性。相对于由外向内加热的传统加热方法，微波对极性物

质的加热是由内向外的，加热时间短，降低了再生过程的炭损耗。与传统加热方式相比，微波加热具有只需用电、无需化石燃料、不引入二次污染、能耗低、加热速度快、加热均匀的特点，可解决传统工艺高能耗、二次污染大、资源化水平低等问题，对于废活性炭再生而言具有能耗低、再生效率高、再生效果好、炭损率低等显著优势。废活性炭微波再生技术充分响应国家“碳达峰、碳中和”的双碳战略目标，推动废活性炭再生技术向绿色、低碳、循环方向发展，有巨大的环境、社会和经济效益，发展前景非常广阔。

2 任务来源

目前国内没有废活性炭微波再生技术相关标准规范，对这一技术也缺乏全面梳理与分析总结，相关技术规范的缺失和不完善也导致再生过程难以控制，再生后的活性炭质量不达标，无法适应工业化应用的需要。因此，结合我国废活性炭现状，有必要对这一技术进行全面梳理与分析总结，建立行之有效、科学合理、管控结合的再生技术规范。

为改善生态环境质量，满足环境管理与循环经济的发展需求，突破生态环境标准发展瓶颈，根据 2022 全国标准化工作要点，深化标准化改革创新，着力提升标准质量效益，加强标准国际化工作，进一步构建推动高质量发展的标准体，依据《中华人民共和国标准化法》和《团体标准管理规定（试行）》的相关规定，山东产研绿洲环境产

业技术研究院有限公司决定立项并联合相关单位制定《废活性炭微波再生技术规范》团体标准。

3 主要工作过程

2022年3月-2022年9月，编制组广泛收集、分析了国内外相关资料，以山东产研绿洲环境产业技术研究院有限公司的废活性炭微波再生技术与生产线为基础，并深入微波再生装备和应用企业进行了现场调查研究，了解废活性炭的产生情况、处置中心及自建再生处理设施运行现状和运行参数、处理后产物控制指标，采集废活性炭样品，了解可资源化利用企业对于废活性炭的质量控制要求、废活性炭再生资源化利用现状。

2022年10月，山东产研绿洲环境产业技术研究院有限公司牵头组建了标准编制小组。编制组召开内部研讨会，初步拟定了标准编制的工作目标、工作内容，确定了标准技术路线以及任务分工。

2022年11月，编制组汇总并分析调研资料，完成了《废活性炭微波再生技术规范》（初稿）。

2022年12月，编制组将《废活性炭微波再生技术规范》（初稿）征求了企业代表和有关专家的意见，经过反复修改和完善，形成了《废活性炭微波再生技术规范》的征求意见稿及编制说明。

2023年1月，公开征求意见。

4 编制的必要性

活性炭作为一次性使用产品，每年会产生大量的废活性炭，废活性炭的长期堆积或是违法转移不仅占用土地，还对环境造成巨大威胁，有害物质及杂质流失，污染周围土壤，危及周围植被，同时对周边水源和农地造成污染。废活性炭作为危废或固废委外处置，处置成本较高。而且，随着燃煤价格不断上涨以及国家提倡保护环境严禁砍伐林木，活性炭价格飞速上涨，导致企业生产成本居高不下。

废活性炭的再生可以最大限度减少环境污染，同时资源得以循环利用，降低生产成本。微波具有只需用电、无需化石燃料、不引入二次污染、能耗低、加热速度快、加热均匀的特点，可解决传统加热再生工艺高能耗、二次污染大、资源化水平低等问题，对于废活性炭再生而言具有能耗低、再生效率高、再生效果好、炭损率低等显著优势。然而目前国内没有废活性炭微波再生相关技术规范，对这一技术也缺乏全面梳理与分析总结，山东产研绿洲环境产业技术研究院有限公司将结合我国废活性炭现状，分析总结废活性炭微波再生技术与经验，制订《废活性炭微波再生技术规范》，可促进废活性炭微波再生技术的进一步推广及应用，推动废活性炭再生技术向绿色、低碳方向发展。此外，废活性炭微波再生技术规范的制定与实施，有助于推进各行业废活性炭再生管理及技术提升，对废活性炭的再生利用具有重要的指导意义，助推危固废资源化利用，加快循环经济发展。

5 主要工作内容

5.1 编制原则

(1) 按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定编写本标准内容。

(2) 保护环境，控制微波再生过程可能造成的环境污染，包括再生过程废气污染排放控制、废水污染排放控制、产物环境安全控制。

(3) 保证标准的适用性、先进性；注意标准的统一性和协调性；注意标准的经济性和社会效益。

5.2 工作方法

根据工作计划及大纲，在国内外资料调研的基础上，开展废活性炭微波再生技术调研。采取现场调研、专家咨询、文献收集等方式，掌握企业现有再生处理水平和污染防治水平，在此基础上，编制标准初稿，根据专家意见进一步补充完善标准的内容，形成征求意见稿及编制说明，并公开征求意见，根据意见修改形成送审稿，然后进行审查修改形成报批稿，最后报批并发布。

(1) 综合调研 通过广泛的文献和资料查询，对国内外废活性炭微波再生技术现状进行详细的综合调研，把握国内外废活性炭微波再生技术和方法，明确废活性炭微波再生技术的需求。

(2) 实地调研 在综合调研的基础上,明确废活性炭重点产废行业,梳理代表性产废企业及处理、再生处置单位,前往企业现场进行实地调研工作,为标准的编制提供依据。

(3) 专家咨询 经咨询涉及废活性炭再生处置的相关管理人员及领域内的专家学者、企业的技术人员,听取专家的技术意见,并结合多年来在废活性炭再生领域的经验,确定标准的框架结构、技术重点、条款内容。组织多学科、多部门的研讨会,对标准进行咨询论证,在充分吸收专家意见的基础上,不断完善文本,为废活性炭微波再生提供技术指导。

5.3 技术路线

主要技术路线见下图。

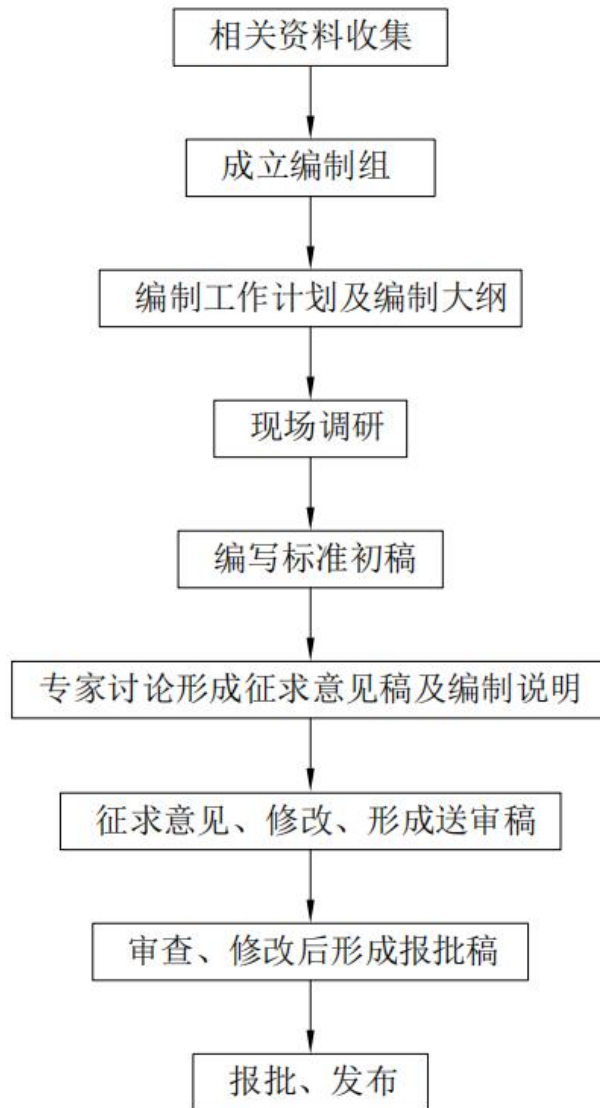


图 1 技术路线

6 标准主要内容

本规范规定了废活性炭微波再生过程中微波再生的术语和定义、总体要求、预处理技术要求、微波再生技术要求、环境保护要求以及质量管理要求。本规范适用于水处理、气体净化、食品加工、制药制造、石油化工等行业产生的废活性炭采用微波再生技术再生处理，其他类型废活性炭进行微波再生参照执行。

本标准的主要技术内容及框架如下：

- 1) 适用范围
- 2) 规范性引用文件
- 3) 术语和定义
- 4) 总体要求
- 5) 预处理技术要求
- 6) 微波再生技术要求
- 7) 污染物排放控制要求
- 8) 质量和管理要求
- 9) 监测要求

7 主要条文

7.1 适用范围

本规范规定了废活性炭微波再生过程中微波再生的术语和定义、总体要求、预处理技术要求、微波再生技术要求、污染物排放要求、质量和管理要求、检测要求。

本规范适用于水处理、气体净化、食品加工、制药制造、石油化工等行业产生的废活性炭采用微波再生技术再生处理，其他类型废活性炭进行微波再生参照执行。

7.2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的，凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 50140 建筑灭火器配置设计规范

GB 15630 消防安全标志设置要求

GB 2894 安全标志及其使用导则

GB/T 11651 个体防护装备选用规范

GB 16297 大气污染物综合排放标准

GB 37822 挥发性有机物无组织排放控制标准

GB 8978 污水综合排放标准

GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准

GB 14554 恶臭污染物排放标准

GB/T 13803.3-1999 糖液脱色用活性炭

GB/T 13803.4-1999 针剂用活性炭

GB/T 13803.2-1999 木质净水用活性炭

LY/T 1581-2000 化学试剂用活性炭

LY/T 1617-2004 双电层电容器专用活性炭

LY/T 1582-2000 柠檬酸脱色用活性炭

LY/T 1623-2004 木糖液脱色用活性炭

YC/T 265-2008 烟用活性炭

LY/T 3279-2021 工业水处理用活性炭技术指标及试验方法

LY/T 1971-2011 变压吸附精制氢气用活性炭

GB/T 37386-2019 超级电容器用活性炭

LY/T 3012-2018 室内空气净化用活性炭

LY/T 3014-2018 杏壳净水用活性炭

LY/T 3154-2019 气相光催化净化用活性炭

LY/T 3284-2021 工业有机废气净化用活性炭技术指标及试验方法

LY/T 3156-2019 车内空气净化用活性炭

GB/T 13803.1 木质味精精制用颗粒活性炭

LY/T 1281-1998 味精用粉状活性炭

GB/T 7701.1-2008 煤质颗粒活性炭 气相用煤质颗粒活性炭

GB/T 7701.2-2008 煤质颗粒活性炭 净化水用煤质颗粒活性炭

GB/T 7701.3-2008 煤质颗粒活性炭 载体用煤质颗粒活性炭

GB 34330 固体废物鉴别标准通则

HJ 1091 固体废物再生利用污染防治技术导则

GB 18484 危险废物焚烧污染控制标准

GB 5959.6 电热装置的安全第六部分：工业微波加热设备的安全规范

7.3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

标准条款：

7.3.1 预处理 pretreatment

指在微波再生前对废活性炭进行除杂、干化等过程。

7.3.2 废活性炭微波再生 microwave regeneration of waste activated carbon

利用微波能加热，将使用过的吸附能力达不到工艺要求的活性炭进行处理，恢复其吸附活性的过程。

7.3.3 微波再生设备 microwave regeneration equipment

指微波再生废活性炭的设备，包括进料装置、再生反应装置、尾气净化装置、出料及产物收集装置、制氮系统、控制系统、报警系统等。

7.3.4 再生温度 regeneration temperature

活性炭进行再生处理的工作温度。

7.3.5 炭损率 ashing rate

活性炭经再生处理后损失的干活性炭百分率。

7.3.6 再生活性炭 regenerated activated carbon

将吸附饱和的活性炭经过物理、化学或生物等方法脱除吸附在活性炭上的物质后制得的多孔吸附剂。

7.3.7 吸附容量 adsorption capacity

单位重量干活性炭吸附特定物质的最大量。

7.3.8 吸附容量恢复率 recovery rate of adsorption capacity

吸附容量恢复率为再生活性炭的吸附容量与新炭的吸附容量的比率。即：

吸附容量恢复率=再生活性炭的吸附容量/新炭的吸附容量×100%

说明：本部分为执行本标准制定的专门的术语和对容易引起歧义的名词进行的定义。再生温度、炭损率、吸附容量、吸附容量恢复率定义均参考 YS/T 3000-2010 《活性炭再生炉技术规范》；再生活性炭定义参考《工业有机废气治理用活性炭质量标准》（征求意见稿）；废活性炭微波再生、微波再生设备的定义参考 YS/T 3000-2010 《活性炭再生炉技术规范》中“活性炭再生”术语的定义引申而来。

7.4 总体要求

7.4.1 一般要求

标准条款：

a) 废活性炭微波再生应根据废活性炭种类、特性和产生数量，实施分级分类收集和管理，利用废活性炭微波再生技术处理前，应确定预处理和微波再生工艺。

b) 废活性炭微波再生过程中，应采用二次污染少、环境风险低、自动化程度高、安全可靠的微波再生设备以及其他辅助设施。

c) 废活性炭微波再生后的活性炭优先回用原工艺，当无法满足原工艺要求时，实施梯级利用。

d) 废活性炭贮存设施、再生处理装置应采用耐酸碱、抗腐蚀材料。

说明：根据调研结果，废活性炭具体成分因其来源而异，具有组分差异大、特征不固定等特点，因此，在利用废活性炭微波再生技术处理前，应根据废活性炭种类、特性和产生数量针对性地进行干化预处理和微波再生工艺设定。对废活性炭微波再生过程中，企业应选取成熟可靠的技术、工艺和设备，应确保其安全、稳定、高效率运行以降低环境风险。废活性炭通常来源于污水吸附、食品脱色、VOCs 吸附等应用场景，价值高低不一，因此，废活性炭微波再生后的活性炭优先回用原工艺，实现资源循环利用效益最大化，当无法满足原工艺要求时，实施梯级利用。考虑到废活性炭的酸碱性、腐蚀性，废活性炭在储存、处理过程中应考虑到设备设施耐酸碱、抗腐蚀的要求。

7.4.2 场地要求

标准条款：

a) 作业场地应为封闭或半封闭空间，且地面应硬化。

b) 再生作业厂区应配备消防设施和器材，灭火器材应按 GB 50140 的规定配备，并应定期检查。

c) 再生作业区域应按 GB 15630 的规定设置消防安全标志，按

GB 2894 的规定设置安全标志。

d) 禁止将活性炭以外的易燃易爆物品存放在再生作业厂区。

说明：热再生工艺过程可能存在引发火灾等安全事故的情况，因此微波再生作业场地一般设置在封闭式或半封闭式的空间，按 GB 50140《建筑灭火器配置设计规范》的规定配备消防设施和器材，且灭火器材应放置显眼、易取的位置，根据要求定期检查，确保在有效期内。按 GB 15630《消防安全标志设置要求》要求设置消防安全标志，且按 GB 2894《安全标志及其使用导则》要求设置安全标志。同时，禁止将易燃易爆物品存放在再生作业厂区。

7.4.3 人员要求

标准条款：

a) 操作人员应实行培训上岗制度，并定期进行安全操作和应急处理方面的培训。

b) 操作人员在作业过程中应按 GB/T 11651 的要求穿戴和使用防护装备。

c) 操作人员应熟悉微波再生设备运行原理，具备设备设施操作与检修技能。

d) 微波再生设备启动、运行时应至少保证 2 名操作人员进行操作、巡检和监控。

说明：进行废活性炭微波再生工作的操作人员必须具备安全操作和应对突发事件的能力，为此操作人员应实行培训上岗制度，并定期

进行安全操作和应急处理方面的培训，并按 GB/T 11651 的要求穿戴和使用防护装备，需熟悉微波再生设备运行原理，具备设备设施操作与检修技能，微波再生设备启动、运行时应至少保证 2 名操作人员进行操作、巡检和监控。

7.4.4 作业安全要求

标准条款：

- a) 再生作业前，应全面检查设备设施，确定设备设施功能正常后方可操作；每次上料前应确保设备运转正常，必要时先进行预处理。
- b) 操作人员应按规划路线到达操作平台，并应按操作规程操作。
- c) 设备停机全面检修间隔时长不超过 1 年。检修前确保设备处于完全关闭状态，温度恢复至室温。
- d) 再生设备操作位置应具备良好的可视性，确保操作人员安全。

说明：废活性炭微波再生作业前，应全面检查设备设施，确定设备设施功能正常后方可进行作业，每次上料前要对设备进行检查，确保设备运转正常，还要确保物料中没有混入废活性炭外的其他杂物，尤其是易燃易爆的物品。同时，禁止将易燃、易爆物品堆放或暂存在再生作业厂区，防止引发火灾或爆炸事故。再生设备连续作业一段时间后，内部会累积一定的残留物，对设备造成损害，因此需要定期停机进行全面检修。考虑企业的运行成本和设备的使用寿命，一般规定设备停机全面检修间隔时长应不超过 1 年，为了确保停机检修工作人员的安全，检修前确保设备处于完全关闭状态，温度恢复室温。

7.5 预处理技术要求

标准条款：

7.5.1 预处理后的废活性炭应该具备以下特性：

- a) 无明显其他杂质，理化性质较为均匀，保证工况连续稳定运行。
- b) 废活性炭含水率 $<20\%$ 。

7.5.2 应根据入厂废活性炭的种类、特性和微波再生处理的要求，选择性的对废活性炭进行除杂、干化等预处理。

说明：预处理的目的是去除与活性炭不相关的大块杂质（比如砖头瓦砾、编织袋等），满足已有设施进行输送、投加的要求，同时，对含水率较高的废活性炭需要进行干化处理，使再生前废活性炭含水率降至 20% 以下，保证再生效果的同时提高再生效率，降低再生能耗。一般而言，粉末状活性炭含水率较高，需要干化预处理，而颗粒状、柱状等活性炭含水率较低，不需要干化预处理。

常用的干化设备包括桨叶干燥机、带式干燥机等。

7.6 微波再生技术要求

标准条款：

7.6.1 技术原理

废活性炭微波再生技术是以连续化微波阶梯式加热为核心，在控温和控氧条件下，利用微波能量，使活性炭吸附的极性物质分子（如水分子、有机物等）在微波场中会受到诱导而产生偶极转向极化，短时间内将微波能迅速转化为热能，从而使吸附在活性炭孔隙内部的有机物分子和水分子达到高温活化条件，发生有机物的分解、炭化及与高温水分子间的活化反应，活性炭的吸附性能得以恢复，同时一部分有机物受热分解成二氧化碳和水蒸气，产生的蒸气压从原料内部向外部爆炸般的喷出，产生强烈的扩散作用，使得活性炭的大部分孔隙得到恢复，形成显著的多孔结构，从而使活性炭吸附性能恢复甚至有所提升。

说明：该条款阐明了废活性炭微波再生技术原理。

7.6.2 技术特点

标准条款：

- a) 只需用电，无需化石燃料。
- b) 不引入二次污染。
- c) 升温速度快，再生效率高。
- d) 尾气产生量少。

说明：废活性炭微波再生技术，是以微波替代化石燃料作为新的能源介质，只需用电，无需化石燃料，不产生化石燃料燃烧带来的二次污染；微波再生过程中，物料受到微波辐射后，内部极性粒子得以

加速运动，相互之间得以碰撞及摩擦后内部产生高热效应，升温迅速，加热均匀，避免了传统加热方式带来的外焦里嫩、有机物碳化严重的问题。同时，尾气只来源于废活性炭再生产生的废气，没有其他烟气产生，因此尾气产生量少，尾气治理负荷低。

7.6.3 工艺流程

标准条款：

a) 根据分类收集的废活性炭种类、特性，选择性的对分类收集的废活性炭进行预处理，预处理过程需符合本标准规定的预处理技术要求，再由上料系统将废活性炭输送至微波再生设备进行再生处理，处理后的再生活性炭通过出料系统排出，冷却系统对微波再生设备以及再生活性炭进行冷却降温处理，微波再生过程产生的尾气经过尾气治理装置后达标排放，微波再生过程中所需的氮气由制氮系统提供。

b) 废活性炭微波再生技术工艺流程见图 2。

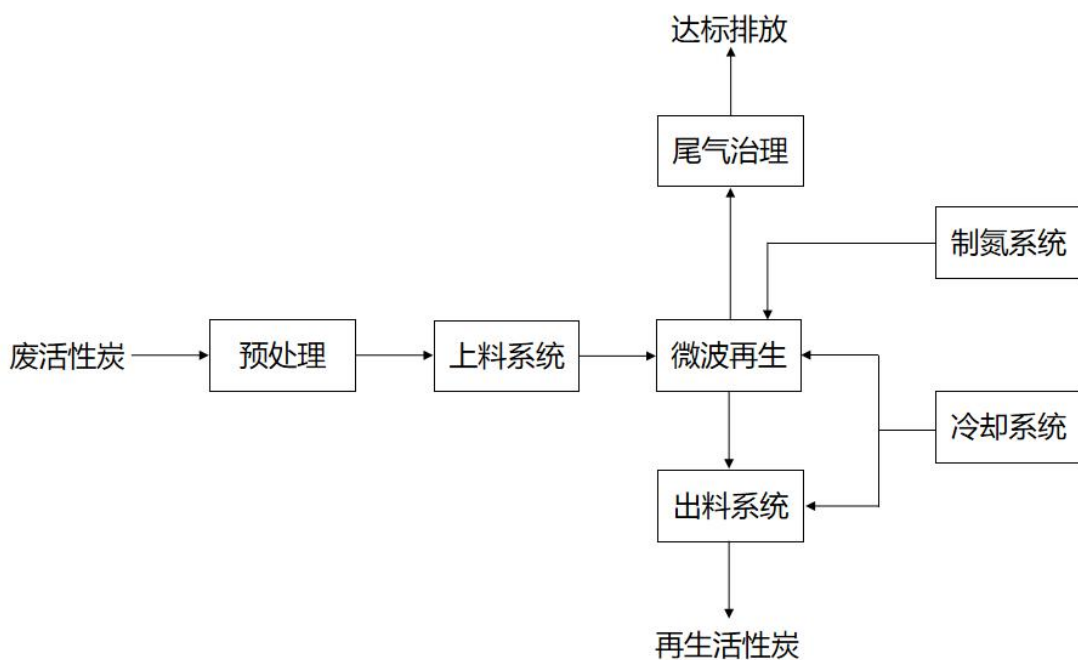


图 2 废活性炭微波再生技术工艺流程框图

说明：该条款阐明了微波再生工艺流程，废活性炭微波再生工艺主要包括预处理系统、上料系统、微波再生系统、制氮系统、冷却系统、出料系统、尾气治理系统、远程控制系统、在线监测系统等组成。

7.6.4 控制条件

标准条款：

- a) 再生温度：200℃~800℃。
- b) 再生时间：20min~60min。
- c) 微波功率密度： $\geq 100\text{W/kg}$ 。
- d) 吸附容量恢复率： $\geq 95\%$ 。

说明：根据废活性炭的物理特性和化学组成，为了确保废活性炭微波再生技术能够科学有效实施，该条款规定了应用微波再生技术再生废活性炭的控制条件。一般而言，废活性炭中吸附饱和的有机组分脱附所需要的微波加热温度稳定在 400℃~600℃，另外，对于木质活性炭，微波再生温度在 700℃以内基本可恢复吸附性能，对于煤质活性炭，微波再生温度在 750℃以内基本可恢复吸附性能。因此再生温度在 200℃~800℃。在再生过程中，不同的废活性炭再生时间一般在 20min~60min，此时不再发生失重变化。结合再生效果及能耗，微波功率密度一般 $\geq 100\text{W/kg}$ 。

7.6.5 主要工艺设备和材料

标准条款：

a) 一般规定

1) 微波再生设备宜优先选择自动化程度高、安全、节能、环保的设备。

2) 采用微波再生工艺的设备材质应根据防腐要求选择。

说明：为了提高生产效率、确保操作人员安全和健康及达到生态环境保护要求，微波再生设备宜优先选择符合国家相关规定，并具备自动化程度高、安全、节能、环保的性能的设备。部分废活性炭具有腐蚀性，采用微波再生工艺的设备应根据防腐要求选择材质。

b) 设备

标准条款：

1) 微波再生设备宜采用可实现自动化连续运行控制的设备。微波设备选型与处理规模相匹配。

2) 微波再生设备为专门再生废活性炭的设备，应具有耐酸碱、抗腐蚀、密封性能好的特点。

3) 微波再生设备应配置微波屏蔽装置或结构，并应配置具有自动报警功能的监测装置。

4) 微波再生设备应具备以下功能：

①应具有废气净化系统，同时配备尾气在线监测功能，尾气排放应满足 GB 16297 的要求。

②具备自动化水平，一键开关机功能及自动报警功能。

③设备集成化、模块化，方便施工。

④再生过程炭损率<10%。

⑤设备耐酸碱、抗腐蚀、密封性能好，可连续化稳定运行。

说明：为了提高废活性炭微波再生效率，确保无能源浪费，微波再生设备选型应与再生处理规模相匹配。废活性炭的物理特性和化学组成决定了废活性炭再生过程中易出现对设备酸碱腐蚀、盐腐蚀等现象，因此选择微波再生设备应避免以上问题。为保证再生效果以及设备运行的安全性，再生过程对设备的密封性能要求较高，保证整个过程在氮气保护下进行。为防止微波泄露对操作人员造成人身伤害，提出微波再生设备应配置微波屏蔽装置或结构，并应配置具有自动报警功能的监测装置。同时，用于废活性炭再生的微波再生设备应具有废气净化系统，配备尾气在线监测功能，尾气排放应满足 GB 16297 的要求。为保证设备连续稳定运行，微波再生设备还应具备自动化、集成化、模块化、耐酸碱、抗腐蚀等功能。

c) 材料

标准条款：

1) 微波再生设备主体应采用具有反射性和吸收性的材料，设备内腔应采用耐高温、耐酸碱、抗腐蚀的材料。

2) 微波再生设备的保温材料优先采用无铬耐火材料。

说明：微波作为一种电磁波也具有波粒二象性，微波的基本性质通常呈现为穿透、反射、吸收三个特性，基于这种特性，对微波再生设备材料提出相应的要求，同时，考虑废活性炭具有腐蚀性及再生温度较高，微波再生设备内腔应采用耐高温、抗腐蚀的材料制成。含铬耐火材料在高温、碱性和氧化性气氛下，耐火材料中的 Cr^{3+} 会转化成

水溶性 Cr^{6+} ，而 Cr^{6+} 强烈损坏人的皮肤、粘膜，可以引起丘疹、溃疡、鼻中隔穿孔和呼吸道炎症，还可引起皮肤癌和肺癌，因此微波再生设备的保温材料优先采用无铬耐火材料。

7.7 污染物排放控制要求

7.7.1 大气污染控制

标准条款：

- a) 贮存、再生过程中有组织及无组织废气应按 GB 37822 的规定收集和处理后达标排放。
- b) 微波再生过程中产生的废气排放应达到地方大气污染物排放标准或 GB 16297 的规定和要求。

说明：废活性炭在微波再生处理过程中，因为其本身含有吸附饱和的有机污染物，所以可能存在有机废气污染问题，因此在废活性炭贮存、微波再生处理过程中应对产生有组织及无组织废气应按 GB 37822 《挥发性有机物无组织排放控制标准》的要求进行治理，相应指标应达到 GB 16297 排放要求。

7.7.2 废水污染控制

标准条款：

微波再生处置过程中回收的冷凝水、车间清洗等环节产生的废水收集处理后应满足 GB 8978 和地方污染物排放标准要求。

说明：该条款规定了废水排放污染控制要求。

7.7.3 噪声污染控制

标准条款：

物料输送泵、风机、空压机等机械设备，宜选用低噪音设备，并采用合理的降噪、减噪措施，确保设备运转时厂界噪声符合 GB 12348 的要求。

搬运、车辆运输等非机械噪声产生环节，应采取减少固体振动和碰撞过程噪声产生的管理措施。

说明：为降低企业正常生产过程中产生的噪声对声环境的影响，厂界噪声应严格按照《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348 要求，对于物料输送泵、风机、空压机等机械设备，宜选用低噪音的设备，并采用合理的降噪、减噪措施；对于搬运、车辆运输等非机械噪声产生环节，应采取可减少固体振动和碰撞过程噪声产生的管理措施。

7.7.4 其他污染控制

标准条款：

厂界恶臭污染物限值应按 GB 14554 执行。

说明：为降低企业正常生产过程中产生的恶臭对环境的影响，厂界恶臭污染物应严格按照 GB 14554《恶臭污染物排放标准》执行。

7.8 质量和管理要求

标准条款：

废活性炭经微波再生处理后的再生活性炭质量指标达到或接近表 1 中对应的质量指标要求时宜进行原工艺回用或作为产品销售，否则宜进行梯级利用。

表 1 活性炭质量指标要求

序号	用途	质量指标要求	检测方法
1	糖液脱色用活性炭	参照 GB/T13803.3-1999 中表 1	参照 GB/T13803.3-1999 中第 4 部分-检验方法
2	针剂用活性炭	参照 GB/T13803.4-1999 中表 1	参照 GB/T13803.4-1999 中第 4 部分-检验方法
3	木质净水用活性炭	参照 GB/T13803.2-1999 中表 1	参照 GB/T13803.2-1999 中第 4 部分-检验方法
4	化学试剂用活性炭	参照 LY/T1581-2000 中表 1	参照 LY/T1581-2000 中第 4 部分-检验方法
5	双电层电容器专用活性炭	参照 LY/T1617-2004 中表 1	参照 LY/T1617-2004 中第 4 部分-检验方法
6	柠檬酸脱色用活性炭	参照 LY/T1582-2000 中表 1	参照 LY/T1582-2000 中第 4 部分-检验方法
7	木糖液脱色用活性炭	参照 LY/T1623-2004 中表 1	参照 LY/T1623-2004 中第 4 部分-检验方法
8	烟用活性炭	参照 YC/T265-2008 中表 1	参照 YC/T265-2008 中第 6 部分-检验方法
9	工业水处理用活性炭	参照 LY/T3279-2021 表 1	参照 LY/T3279-2021 中第 5 部分-检验方法
10	变压吸附精制氢气用活性炭	参照 LY/T1971-2011 表 1	参照 LY/T1971-2011 中第 4 部分-检验方法
11	超级电容器用活性炭	参照 GB/T37386-2019 表 3	参照 GB/T37386-2019 中第 6 部分-检验方法
12	室内空气净化用活	参照 LY/T3012-2018 表 1	参照 LY/T3012-2018

	性炭		中第 4 部分-检验方法
13	杏壳净水用活性炭	参照 LY/T3014-2018 表 1	参照 LY/T3014-2018 中第 4 部分-检验方法
14	气相光催化净化用活性炭	参照 LY/T3154-2019 表 1	参照 LY/T3154-2019 中第 5 部分-检验方法
15	工业有机废气净化用活性炭	参照 LY/T3284-2021 表 1、2	参照 LY/T3284-2021 中第 5 部分-检验方法
16	车内空气净化用活性炭	参照 LY/T3156-2019 表 1	参照 LY/T3156-2019 中第 4 部分-检验方法
17	木质味精精制用颗粒活性炭	参照 GB/T13803. 1-1999 表 1	参照 GB/T13803. 1-1999 中第 4 部分-检验方法
18	味精用粉状活性炭	参照 LY/T1281-1998 表 1	参照 LY/T1281-1998 中第 4 部分-检验方法
19	气相用煤质颗粒活性炭	参照 GB/T7701. 1-2008 表 1、2、3、4	参照 GB/T7701. 1-2008 中第 5 部分-检验方法
20	净化水用煤质颗粒活性炭	参照 GB/T7701. 2-2008 表 1	参照 GB/T7701. 2-2008 中第 5 部分-检验方法
21	载体用煤质颗粒活性炭	参照 GB/T7701. 3-2008 表 1	参照 GB/T7701. 3-2008 中第 5 部分-检验方法

a)再生活性炭作为产品的，应符合 GB 34330 中要求的国家、地方制定或行业通行的产品质量标准，以及国家相关污染控制标准或技术规范要求。

b)再生活性炭可采用“点对点”定向利用的方式，直接销售给工业生产企业作为替代原料。

c)在不满足上述 2 种情况时，应按 HJ 1091 的相关要求，根据再生活性炭的用途实施梯级利用，同时确定环境保护目标，开展环境风

险定性、定量评价，识别其特征污染物或有害成分并判断其环境风险影响。

用于梯级利用的再生活性炭不应用于与人体直接接触产品的替代原辅料，或流向饮用水、食品、药品及养殖行业等。

说明：考虑到活性炭的用途非常广泛，针对不同用途的活性炭国家出台了相关的标准规范，因此再生活性炭达到或接近相关标准规范要求的指标要求时，宜进行原工艺回用，以实现资源循环利用效益最大化，否则宜进行梯级利用。

再生活性炭作为产品的，应符合 GB 34330 中要求的国家、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。《国家危险废物名录（2021 年版）》指明了“点对点”的利用方式，企业可选择交由“点对点”机构实行专料、专机再生后回收自用，也可购置专用设备在厂区将废活性炭再生后循环使用。本标准在此基础上明确了再生活性炭质量指标要求，为作为产品销售或原工艺回用提供参考。对于不能点对点利用的，参照行业内相关管理要求，实施梯级利用，梯级利用过程应符合 HJ 1091-2020《固体废物再生利用污染防治技术导则》中相关要求。为了做到环境污染风险可控，建议开展环境风险定性、定量评价，识别其特征污染物或有害成分并判断其环境风险影响。

为了确保在再生活性炭梯级利用过程中环境污染风险及人体危害风险可控，本标准建议要求再生活性炭不应用于与人体直接接触产

品的替代原辅料，或流向饮用水、食品、药品及养殖行业等，以保证产物在梯级利用全流程可控，确保不发生人身危害事故。

7.9 监测要求

标准条款：

7.9.1 应按照国家有关法律和排污单位自行监测技术指南等规定，建立企业监测制度，制定监测方案，对污染物排放状况及对周边环境质量的影响开展自行监测，保存原始监测记录，并公布监测结果。

7.9.2 应按照国家环境监测管理规定和技术规程要求，设计、建设、维护永久采样口、采样测试平台和排位口标志。

7.9.3 气体污染物监测项目及检验方法参照 GB 18484 执行。

7.9.4 微波辐射监测，微波辐射检测应符合 GB 5959.6 的要求。

说明：依据《固体废物再生利用污染防治技术导则》HJ 1091、《危险废物经营许可证管理办法》、《国家重点监控企业自行监测及信息公开办法（试行）》（环发〔2013〕81号）的相关要求，企业应具备相应的社会责任，对再生活性炭及企业周边的大气、土壤、地表水和地下水以要求的监测频次进行采样监测，并建立企业监测制度，制定监测方案，对污染物排放状况及对周边环境质量的影响开展自行监测，保存原始监测记录，并公布监测结果。气体污染物监测项目及检验方法参照 GB 18484 执行。为防止微波泄露危害操作人员的身体健康，微波辐射检测应符合 GB 5959.6 的要求。