

关于发布《包装印刷业有机废气治理工程技术规范》等7项国家生态环境标准的公告

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》，规范相关行业污染防治工程建设和运行管理，现批准《包装印刷业有机废气治理工程技术规范》等为国家生态环境标准，并予公布。

标准名称、编号如下。

- 一、《包装印刷业有机废气治理工程技术规范》（HJ 1163-2021）；
- 二、《工业锅炉烟气治理工程技术规范》（HJ 462-2021）；
- 三、《污染土壤修复工程技术规范 异位热脱附》（HJ 1164-2021）；
- 四、《污染土壤修复工程技术规范 原位热脱附》（HJ 1165-2021）；
- 五、《医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程技术规范》（HJ 276-2021）；
- 六、《医疗废物化学消毒集中处理工程技术规范》（HJ 228-2021）；
- 七、《医疗废物微波消毒集中处理工程技术规范》（HJ 229-2021）。

以上标准自印发之日起实施，《工业锅炉及炉窑湿法烟气脱硫工程技术规范》（HJ 462—2009）、《医疗废物化学消毒集中处理工程技术规范》（HJT 228-2006）、《医疗废物微波消毒集中处理工程技术规范》（HJT 229-2006）和《医疗废物高温蒸汽集中处理工程技术规范》（HJT 276-2006）同时废止。

标准内容可在生态环境部网站（<http://www.mee.gov.cn>）查询。

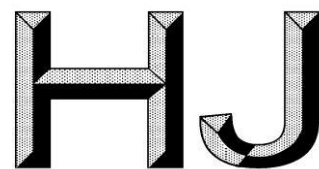
特此公告。

生态环境部

2021年4月30日

生态环境部办公厅

2021年5月7日印发



中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 1163—2021

包装印刷业有机废气治理工程技术规范

Technical specifications for organic waste gas treatment of package
printing industry



2021-04-30 发布

2021-04-30 实施

生态环境部 发布

目 次

前 言 ii

1 适用范围 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义 2

4 污染物与污染负荷..... 5

5 总体要求 6

6 工艺设计 7

7 主要工艺设备和材料..... 10

8 检测与过程控制..... 11

9 主要辅助工程..... 12

10 劳动安全与职业卫生..... 12

11 施工与验收..... 13

12 运行与维护 14

附录 A（资料性附录） 包装印刷业有机废气排放特征 16



前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国大气污染防治法》等法律法规，防治环境污染，改善生态环境质量，规范包装印刷业有机废气治理工程建设和运行管理，制定本标准。

本标准规定了包装印刷业有机废气治理工程的设计、施工、验收和运行维护的技术要求。

本标准附录 A 为资料性附录。

本标准为首次发布。

本标准由生态环境部科技与财务司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：中国环境保护产业协会、中国科学院大学、北人伯乐氛（西安）环境技术有限公司、嘉园环保有限公司、江苏天通源环保装备有限公司、武汉旭日华环保科技股份有限公司。

本标准生态环境部 2021 年 4 月 30 日批准。

本标准自 2021 年 4 月 30 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

包装印刷业有机废气治理工程技术规范

1 适用范围

本标准规定了包装印刷业有机废气治理工程的污染物与污染负荷、总体要求、工艺设计、主要工艺设备和材料、检测与过程控制、主要辅助工程、劳动安全与职业卫生、施工与验收、运行与维护等。

本标准适用于包装印刷生产过程中印前处理、印刷、印后加工等工序有机废气治理工程的建设和运行管理，可作为建设项目环境影响评价和环境保护设施的工程咨询、设计、施工、验收及建成后运行与管理的技术依据。

其他印刷业有机废气治理工程可参照本标准执行。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 2893	安全色
GB 2894	安全标志及其使用导则
GB/T 3003	耐火纤维及制品
GB/T 3077	合金结构钢
GB/T 3274	碳素结构钢和低合金结构钢 热轧钢板和钢带
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 7231	工业管道的基本识别色、识别符号和安全标识
GB/T 7701.1	煤质颗粒活性炭 气相用煤质颗粒活性炭
GB/T 11651	个体防护装备选用规范
GB/T 12801	生产过程安全卫生要求总则
GB 12348	工业企业厂界环境噪声排放标准
GB/T 13347	石油气体管道阻火器
GB/T 13869	用电安全导则
GB 15930	建筑通风和排烟系统用防火阀门
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 16400	绝热用硅酸铝棉及其制品
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 19686	建筑用岩棉绝热制品
GB/T 19839	工业燃油燃气燃烧器通用技术条件
GB 37822	挥发性有机物无组织排放控制标准
GB 50016	建筑设计防火规范
GB 50019	工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
GB 50029	压缩空气站设计规范

GB 50051	烟囱设计规范
GB 50052	供配电系统设计规范
GB 50054	低压配电设计规范
GB 50057	建筑物防雷设计规范
GB 50058	爆炸危险环境电力装置设计规范
GB/T 50087	工业企业噪声控制设计规范
GB 50093	自动化仪表工程施工及质量验收规范
GB 50116	火灾自动报警系统设计规范
GB 50140	建筑灭火器配置设计规范
GB 50187	工业企业总平面设计规范
GB/T 50252	工业安装工程施工质量验收统一标准
GB 50254	电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范
GB 50257	电气装置安装工程 爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范
GB 50275	风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范
GB 50300	建筑工程施工质量验收统一标准
GB 50727	工业设备及管道防腐蚀工程施工质量验收规范
HJ/T 1	气体参数测量和采样的固定位置装置
HJ 38	固定污染源废气 总烃、甲烷和非甲烷总烃的测定 气相色谱法
HJ/T 389	环境保护产品技术要求 工业有机废气催化净化装置
HJ/T 397	固定源废气监测技术规范
HJ 732	固定污染源废气 挥发性有机物的采样 气袋法
HJ 734	固定污染源废气 挥发性有机物的测定 固相吸附-热脱附/气相色谱-质谱法
HJ 1089	印刷工业污染防治可行技术指南
HJ 1093	蓄热燃烧法工业有机废气治理工程技术规范
HJ 2026	吸附法工业有机废气治理工程技术规范
HJ 2027	催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范
GBZ 1	工业企业设计卫生标准
GBZ 2.1	工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素
GBZ 2.2	工作场所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素
GBZ/T 194	工作场所防止职业中毒卫生工程防护措施规范
AQ 3009	危险场所电气防爆安全规范
HG/T 3922	活性炭纤维毡
HG/T 20642	化学工业炉耐火陶瓷纤维炉衬设计技术规定
JB/T 10563	一般用途离心通风机技术条件

《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

包装印刷 package printing

使用印版或其他方式将图文信息转移到包装材料（纸及纸板、金属、塑料、玻璃等）上的工艺过程。

3.2

有机废气 organic wastegas

生产过程中排放的含挥发性有机物的废气。

3.3

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。

在表征 VOCs 总体排放情况时，根据行业特征和环境管理要求，可采用总挥发性有机物（以 TVOC 表示）、非甲烷总烃（以 NMHC 表示）作为污染物控制项目。

3.4

总挥发性有机物 total volatile organic compounds (TVOC)

采用规定的监测方法，对废气中的单项 VOCs 物质进行测量，加和得到 VOCs 物质的总量，以单项 VOCs 物质的质量浓度之和计。实际工作中，应按预期分析结果，对占总量 90% 以上的单项 VOCs 物质进行测量，加和得出。

3.5

非甲烷总烃 non-methane hydrocarbons (NMHC)

采用规定的监测方法，氢火焰离子化检测器有响应的除甲烷外的气态有机化合物的总和，以碳的质量浓度计。

3.6

爆炸极限 explosive limit

可燃气体或蒸汽与空气混合后能发生爆炸的浓度范围，又称爆炸浓度极限。

3.7

爆炸极限下限 lower explosive limit (LEL)

爆炸极限的最低浓度值。

3.8

蜂窝活性炭 honeycomb-type activated carbon

把粉末状活性炭、水溶性黏合剂、润滑剂和水等经过配料、捏合后挤出成型，再经过干燥、炭化、活化后制成的蜂窝状吸附材料。

3.9

蜂窝分子筛 honeycomb-type molecular sieve

把粉末状分子筛、水溶性黏合剂、润滑剂和水等经过配料、捏合后挤出成型，再经过干燥、活化后制成的蜂窝状吸附材料；或者把粉末状分子筛、水溶性黏合剂和水等配制的浆料涂覆在纤维材料上，经过折叠、干燥后制成的类似蜂窝状吸附材料。

3.10

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。

3.11

转轮吸附装置 rotatory wheel adsorber

利用颗粒状、毡状或蜂窝状吸附材料制备而成的具有一定料层厚度、处于连续旋转状态的吸附装置。根据工作过程，该吸附装置的圆形扇面上分为吸附区、再生区和冷却区。

3.12

动态吸附量 dynamic adsorption capacity

一定质量的吸附剂填充于吸附柱中，使一定浓度的污染空气在恒温、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设定温度、压力、浓度和流速下的动态吸附量，单位为 mg/g。

3.13

吸附剂再生 regeneration of adsorbent

利用高温水蒸气、热空气/氮气吹扫或降压等方法将被吸附物质从吸附剂中解吸的过程。

3.14

热力燃烧装置 thermal oxidizer (TO)

对有机废气进行高温氧化处理的净化装置。

3.15

蓄热燃烧装置 regeneration thermal oxidizer (RTO)

对有机废气进行高温氧化处理，同时利用蓄热体对待处理废气进行换热升温、对净化后排气进行换热降温的净化装置。蓄热燃烧装置通常由换向设备、蓄热室、燃烧室和控制系统等组成。

3.16

蓄热体 heat regenerator

在蓄热燃烧装置运行过程中，实现热量储存与交换的功能材料。

3.17

换向设备 divert device

改变待处理废气和净化后排气流向的阀门或旋转式气体分配器。

3.18

换向时间 divert interval

气体流向改变的间隔时间。

3.19

催化燃烧装置 catalytic oxidizer (CO)

在催化剂作用下对有机废气进行氧化处理的净化装置。催化燃烧装置通常由催化反应室、热交换室、加热室和控制系统等组成。

3.20

蓄热催化燃烧装置 regeneration catalytic oxidizer (RCO)

利用蓄热体进行直接接触换热的催化燃烧装置。蓄热催化燃烧装置通常由换向设备、蓄热室、催化反应室、加热室和控制系统等组成。

3.21

空速 space velocity

单位时间内单位体积催化剂处理的废气体积流量，称为空间速度，简称空速；单位为 $\text{m}^3/(\text{h m}^3)$ ，简写为 h^{-1} 。

3.22

热回收效率 thermal recovery efficiency (TRE)

蓄热燃烧装置（含蓄热催化燃烧装置）内预热废气实际利用热量与最大可利用热量之比，以百分数表示。计算公式如下：

$$TRE = \frac{T_{\text{com}} - T_{\text{out}}}{T_{\text{com}} - T_{\text{in}}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：TRE——热回收效率，%；

T_{com} ——蓄热燃烧装置燃烧室温度，℃；

T_{in} ——蓄热燃烧装置进口废气温度，℃；

T_{out} ——蓄热燃烧装置出口排气温度，℃。

3.23

净化效率 destruction and removal efficiency (DRE)

有机废气治理系统销毁或去除的 VOCs 质量流量与进入治理系统的 VOCs 质量流量之比,以百分数表示。计算公式如下:

$$DRE = \frac{C_{in} \times Q_{in} - C_{out} \times Q_{out}}{C_{in} \times Q_{in}} \times 100\% \quad (2)$$

式中: DRE——净化效率, %;

C_{in} ——标准状态下,有机废气治理系统进口 VOCs 浓度,以 NMHC 计, mg/m^3 ;

C_{out} ——标准状态下,有机废气治理系统出口 VOCs 浓度,以 NMHC 计, mg/m^3 ;

Q_{in} ——标准状态下,有机废气治理系统进口干气体流量, m^3/h ;

Q_{out} ——标准状态下,有机废气治理系统出口干气体流量, m^3/h 。

4 污染物与污染负荷

4.1 有机废气来源与特征

4.1.1 包装印刷业有机废气主要来源于印前处理工序(印铁制罐涂布等)、印刷工序、印后加工工序(覆膜、复合、上光等),以及油墨、胶粘剂等的调配与供给系统、清洗系统。

4.1.2 根据废气性质及排放方式,包装印刷业有机废气可分为三类:

(1) 中高浓度有组织废气;

(2) 低浓度有组织废气;

(3) 无组织收集废气。

各类废气的排放特征见附录 A。

4.1.3 印刷工艺流程、使用的含 VOCs 原辅材料、产污环节及产生 VOCs 的浓度水平可参见 HJ 1089。

4.2 污染负荷的确定

4.2.1 现场调查与资料收集

在工艺设计前,应开展现场调查,收集相关资料,确定生产工艺与污染排放相关信息,包括但不限于:

(1) 产生污染物的工艺设备情况及工作制度;

(2) 油墨、润版液、清洗剂、胶粘剂、涂布液、光油、稀释剂等的使用情况;

(3) 废气排放方式(有组织、无组织)和规律(连续、间歇、波动周期等);

(4) 废气温度、湿度、压力等工况条件。

4.2.2 设计风量

4.2.2.1 现有项目有组织废气量宜通过实际测量确定,无组织收集废气的废气量可根据相关标准规范计算确定。

4.2.2.2 新、改、扩建项目废气量可通过类比相同或相近工艺、根据相关标准规范计算、参考环境影响评价文件等方法确定。

4.2.2.3 设计风量的确定应考虑 10%~20%的裕量。

4.2.3 污染物设计浓度

4.2.3.1 现有项目应对主要的有机废气成分(VOCs 组成及含量)、TVOC、NMHC 进行实际监测,确定污染物设计浓度。还应同步调查或监测废气中颗粒物以及其他可能对治理工艺产生影响的污染物排放

情况。

4.2.3.2 新、改、扩建项目可通过类比相同或相近工艺的实测数据、参考环境影响评价文件等方法，确定污染物设计浓度。

4.2.3.3 如前述确定的污染物设计浓度处于爆炸极限范围内，应以爆炸极限下限的 25%作为污染物最大设计浓度。

5 总体要求

5.1 一般规定

5.1.1 包装印刷企业通过采用低 VOCs 含量原辅材料、清洁生产工艺技术，优先从源头减少污染物产生；优选回收治理措施，对可回收的物质、热量等进行回收利用；在达标排放的基础上，采用高效治理技术，最大程度削减污染物排放量。

5.1.2 治理工程应与包装印刷生产工艺相适配，对产生有机废气的设备、工位等进行系统收集和治理。治理工程应作为生产系统的一部分进行管理。

5.1.3 治理工程应符合国家和地方关于建设项目基本建设程序、建设项目环境保护设计等相关规定。

5.1.4 治理工程的废气排放应符合国家和地方大气污染物排放标准、排污许可、环境影响评价文件及其审批意见、总量控制等相关要求。

5.1.5 治理工程产生的废水（液）、固体废物（废吸附剂、废催化剂、废蓄热体、废过滤材料等）、噪声等应按照相关环境保护管理要求采取控制措施，防止产生二次污染。

5.1.6 包装印刷企业应按照环境管理规定开展自行监测，重点排污单位应安装大气污染物自动监控设备。

5.2 源头控制

5.2.1 包装印刷企业宜采用水性油墨、无苯无酮油墨、辐射固化油墨、水性胶粘剂、水性上光油、辐射固化上光油、无醇润版液、环保型清洗剂等清洁原辅材料，减少 VOCs 的产生量。

5.2.2 包装印刷企业宜采用柔版印刷、预涂覆膜、无溶剂复合等清洁生产工艺，减少 VOCs 的产生量。

5.3 工程构成

5.3.1 治理工程由主体工程和辅助工程构成。

5.3.2 主体工程包括废气收集系统、预处理单元、治理设施（设备）、风机与废气排放系统、工艺过程控制系统、污染物监测系统。

5.3.3 辅助工程包括电气系统、燃料供给与燃烧系统、压缩空气系统、给排水与消防系统等。

5.4 平面布置

5.4.1 治理工程平面布置应符合 GB 50187 的相关规定，与主体工艺布局相协调。

5.4.2 治理工程应遵循降低周边环境影响、节能降耗、方便施工与运行维护的原则，布局紧凑、合理。

5.4.3 治理工程应考虑主导风向对大气环境的影响，宜布置在周边居住区及厂内生活区的下风向；应考虑噪声对周边生活环境及厂内工作环境的影响。

5.4.4 治理工程平面布置应遵守安全生产与消防相关要求。

6 工艺设计

6.1 一般规定

6.1.1 应综合考虑有机废气来源、气量规模、废气成分与主要污染物浓度、废气性质（温度、湿度、压力等）、排放规律（连续、间歇等）、达标排放要求、投资费用与运行成本、二次污染、安全性、平面布置、使用年限等因素，选择治理工艺路线。

6.1.2 治理工艺设计应遵循成熟可靠、技术先进、经济适用的原则，并考虑节能、安全和操作简便，确定治理工艺、技术与装备。

6.1.3 应优先对产生有机废气的设备、工位等进行废气密闭收集，不能密闭收集的，应对有机废气逸散点设置集气罩，转化为有组织排放进行控制。

6.1.4 根据有机废气性质、对有机废气治理设施（设备）产生干扰的物质浓度（如颗粒物，对吸附剂、催化剂产生毒化作用的物质）等因素，对有机废气进行必要的预处理。

6.1.5 治理工程应注意节能设计和绿色设计，回收可利用的物质或热量。充分考虑与生产工艺的协同性，对生产工艺中产生的蒸汽、余热等加以利用。

6.1.6 治理工艺设计应预留必要的设计裕量，具有一定的抗冲击、抗干扰能力，保证在污染负荷最大、最不利情况下系统的稳定运行。

6.1.7 排气筒设计应符合 GB 50051 的规定。

6.2 工艺选择

6.2.1 根据有机废气排放特点、排放标准及其他环境管理要求，参考 HJ 1089，通过技术经济可行性分析和安全性评价，确定治理工艺。

6.2.2 对于中高浓度有组织废气，如成分简单、具有物质回收价值，宜采用“颗粒活性炭/活性碳纤维吸附+水蒸气/热氮气再生+冷凝回收”工艺进行治理。

6.2.3 对于中高浓度有组织废气，如成分复杂、不具物质回收价值，宜采用 TO、RTO、CO、RCO 等燃烧工艺进行治理。可采取系统内废气循环等减风增浓措施，减少废气产生量，提高废气污染物浓度。

6.2.4 对于低浓度有组织废气、无组织收集废气，宜采用“吸附浓缩+燃烧”组合工艺进行治理。典型工艺流程包括：转轮吸附浓缩+RTO/CO、蜂窝活性炭吸附浓缩+CO。

6.2.5 包装印刷企业也可结合自身实际情况，选择采用其他适用的治理工艺。

6.2.6 进口 NMHC 浓度达到 100 mg/m³ 以上时，治理工艺的总净化效率应不低于 80%。

6.3 工艺设计要求

6.3.1 废气收集

6.3.1.1 废气收集系统设计应符合 GB 50019 的规定。在保证废气收集效果的前提下，力求结构简单，便于安装和维护管理。

6.3.1.2 应加强对包装印刷生产工艺过程废气的收集，减少 VOCs 无组织排放。VOCs 无组织废气的收集和控制应符合 GB 37822 的规定。

6.3.1.3 宜根据工况分别设置废气收集系统。烘干工段应采用密闭收集方式；调墨/调胶/调漆工段、印刷/复合/涂布工段、清洗工段等宜采用局部排风收集方式，有条件的可做区域密闭。

6.3.1.4 采用局部排风时使用集气罩，应保证罩口内负压均匀，距离集气罩开口面最远处的 VOCs 无组织排放位置，控制风速应不低于 0.3 m/s。集气罩的吸气方向应尽可能与污染气流运动方向一致，防止集气罩周围气流紊乱，避免或减弱干扰气流、送风气流等对吸气气流的影响。

6.3.1.5 通风管道系统设计应符合 JGJ/T 141 的规定，通风管道应有明显的颜色区分及走向标识。

6.3.1.6 当废气产生点较多、彼此距离较远时，应合理划分收集系统。

6.3.2 预处理

6.3.2.1 预处理工艺应根据废气的成分、性质，以及对吸附、燃烧等主体工艺产生影响的污染物性质及含量进行选择。

6.3.2.2 废气中颗粒物浓度应不影响处理装置的运行，否则应采用过滤等方式进行预处理。过滤装置前后应装设压差计，当过滤层阻力超过规定值时，应及时清理或更换过滤材料。

6.3.2.3 进入吸附装置的废气温度宜控制在 40℃ 以下，对于温度高于 40℃ 以上的，宜采取降温措施。

6.3.2.4 进入吸附装置的废气湿度宜控制在 80% 以下，相对湿度高于设计要求时，宜采取除湿措施。

6.3.3 燃烧装置工艺设计

6.3.3.1 燃烧装置工艺设计应符合 HJ 1093、HJ 2027 等规定，净化效率应不低于 95%。

6.3.3.2 TO、RTO 燃烧室的运行温度和有机废气在燃烧室内的停留时间，应根据废气成分及所需净化效率而定。运行温度一般应高于 760℃，停留时间一般应大于 0.75 s。根据运行温度、停留时间以及待处理废气通过燃烧室的有效体积流量等因素，计算确定燃烧室的结构和尺寸。

6.3.3.3 RTO、RCO 的热回收效率应考虑废气成分及浓度、余热回用需求，一般不低于 90%。根据热回收效率要求、蓄热体结构性能、系统压降等因素，计算确定蓄热室的结构和尺寸。蓄热室截面风速宜小于 2 m/s，应通过优化蓄热体结构、堆填方式等实现蓄热室气流均匀分布。

6.3.3.4 固定式 RTO 换向阀的换向时间宜为 60~180 s，旋转式 RTO 气体分配器的换向时间宜为 30~120 s。RTO 进出口气体温差宜小于 60℃。

6.3.3.5 CO、RCO 的运行温度、设计空速应考虑废气成分、催化剂种类等因素确定。运行温度宜为 250~500℃，设计空速宜为 10 000~40 000 h⁻¹。

6.3.3.6 系统压力损失受气流速度、蓄热体/催化剂结构形式等因素影响，CO 的设计压降宜低于 2 kPa，RTO 和 RCO 的设计压降宜低于 3 kPa。

6.3.3.7 升温、运行阶段的燃料供给量分别按公式（3）和公式（4）计算：

a) 升温阶段

$$V_1 = \frac{Q_{\text{升温}}}{H_{\text{燃料}}} \quad (3)$$

式中：V₁——升温阶段燃料消耗量，m³/h；

Q_{升温}——升温阶段需要的总热量，kcal/h；

H_{燃料}——燃料热值，kcal/m³。

b) 运行阶段

$$V_2 = \frac{Q_{\text{运行}} - Q_{\text{VOCs}}}{H_{\text{燃料}}} \quad (4)$$

式中：V₂——运行阶段燃料消耗量，m³/h；

Q_{运行}——运行阶段需要的总热量，kcal/h；

Q_{VOCs}——有机废气燃烧产生的热量，kcal/h；

H_{燃料}——燃料热值，kcal/m³。

6.3.4 吸附装置工艺设计

6.3.4.1 吸附装置工艺设计应符合 HJ 2026 等规定，当进口 NMHC 浓度达到 100 mg/m³ 以上时，净化效率应不低于 90%。

6.3.4.2 固定床吸附装置吸附床层的气流速度应根据吸附剂形态、废气浓度及治理要求而定。采用颗

粒活性炭时气流速度宜低于 0.6 m/s，采用活性炭纤维时气流速度宜低于 0.15 m/s，采用蜂窝活性炭时气流速度宜低于 1.2 m/s。

6.3.4.3 转轮吸附装置各扇区气体设计流速宜低于 4 m/s，设计转速宜为 2~6 r/h。

6.3.4.4 吸附床层的吸附剂用量应考虑废气处理量、污染物浓度、吸附剂的动态吸附量等因素，根据公式（5）计算确定。

$$W = \frac{(C_{in} - C_{out}) \times Q \times T \times 10^{-6}}{A} \quad (5)$$

式中：W——吸附剂用量，t；

C_{in} ——吸附装置进口废气浓度，mg/m³；

C_{out} ——吸附装置出口废气浓度，mg/m³；

Q——废气流量，m³/h；

T——有效吸附时间，h；

A——吸附剂动态吸附量，应根据实际工况通过实验测试得到，mg/g。

6.3.4.5 吸附剂再生过程工艺设计要求如下：

a) 采用热空气再生时，采用蜂窝活性炭、颗粒活性炭、活性炭纤维的固定床吸附装置，脱附温度宜低于 120℃，采用其他耐高温吸附材料的固定床吸附装置，可适当提高脱附温度；转轮吸附装置热空气脱附温度宜低于 220℃；

b) 采用水蒸气再生时，蒸汽脱附温度宜控制在 100~140℃，脱附蒸汽供汽压力宜高于 0.2 MPa；

c) 采用热氮气再生时，热气流脱附温度宜控制 120~200℃，脱附氮气压力宜为 0.05~0.1 MPa，要求恒压设计；

d) 固定床吸附装置单床脱附再生周期应考虑废气成分、脱附风量等因素确定，宜大于 4 h；

e) 脱附后气流中有机物浓度应控制在其爆炸极限下限的 25% 以下。

6.3.4.6 吸附装置采用活性炭纤维吸附剂时，设计压降宜低于 4 kPa；采用其他吸附剂时，设计压降宜低于 2.5 kPa。

6.3.5 冷凝回收装置工艺设计

6.3.5.1 冷凝回收装置排出的不凝尾气温度应低于废气中污染物的液化温度，若废气中有数种污染物，则不凝尾气的温度应低于主要污染物中液化温度最低的污染物的液化温度。

6.3.5.2 不凝尾气应引入吸附装置进行再次吸附处理。

6.3.6 二次污染控制

6.3.6.1 废气预处理或后处理过程产生的废水、冷凝回收单元产生的废水等，宜纳入厂区污水处理站进行集中处理，当不具备集中处理条件时，应单独处理并满足达标排放要求。

6.3.6.2 吸附剂再生完成后，吸附装置降温除湿过程产生废水、废气需达标排放或经过再次处理后达标排放，不产生二次污染。

6.3.6.3 废吸附剂、废催化剂、废过滤材料等危险废物贮存应符合 GB 18597 的相关规定。一般工业固体废物贮存应符合 GB 18599 的相关规定。

6.3.6.4 含 VOCs 废料（渣、液）应密闭包装，盛装过 VOCs 物料的废包装容器应加盖密闭，防止 VOCs 和恶臭污染。

6.3.6.5 噪声控制应符合 GB 12348 和 GB/T 50087 的规定。

6.3.7 安全措施

6.3.7.1 治理工程应有事故自动报警装置，并符合安全生产、事故防范的相关规定。

6.3.7.2 治理工程与主体生产装置之间的管道系统应安装阻火器或防火阀，阻火器应符合 GB/T 13347 的相关规定，防火阀应符合 GB 15930 的相关规定。

6.3.7.3 治理工程进风、排风管道采用金属材质时，应采取法兰跨接、系统接地等措施，防止静电产

生和积聚。

6.3.7.4 吸/脱附装置应设置温度指示、超温报警及应急处理系统。固定床炭层应设置多支热电偶/阻，宜设有二氧化碳/氮气/消防水保护系统；转轮各分区进出口应设有热电偶/阻，脱附区出口宜设有二氧化碳/氮气保护系统。

6.3.7.5 吸附剂再生时，当吸附装置内的温度超过 6.3.4.5 条规定的温度时，应能自动报警并立即终止再生操作、启动降温措施。

6.3.7.6 燃烧装置或其连接的管道应设置防爆泄压装置。燃烧装置应具有过热保护功能。燃烧装置主体的表面温度应低于 60℃（部分热点除外），并有明显安全标识。

6.3.7.7 燃烧装置应设有安全可靠的火焰控制系统、温度监测系统、压力控制系统等。

6.3.7.8 燃烧器点火操作应符合 GB/T 19839 的相关规定。燃料供给系统应设置高低压保护和泄漏报警装置。采用液化气、柴油等作为燃料的，其储存和使用应符合安全规定。

6.3.7.9 风机、电机和置于现场的电气仪表等设备的防爆等级应不低于现场防爆级别。

6.3.7.10 压缩空气系统应设置低压保护和报警装置。

6.3.7.11 整套装置应具备短路保护和接地保护功能，接地电阻应小于 4 Ω。

6.3.7.12 室外污染治理设施应安装符合 GB 50057 规定的避雷装置。

7 主要工艺设备和材料

7.1 燃烧设备和材料

7.1.1 燃烧装置可选用热力燃烧、蓄热燃烧、催化燃烧、蓄热催化燃烧方式，应根据废气的成分、浓度、性质和影响燃烧过程的物质性质及含量等因素进行选择。RTO、RCO 根据需要可采用两室或三室固定式设备，也可采用旋转式设备。

7.1.2 设备主体采用碳钢、不锈钢材料，按 10 年使用寿命设计。

7.1.3 换向阀宜采用提升阀、旋转阀、蝶阀等，其材质应具有耐磨、耐高温、耐腐蚀等性能，适应频繁切换，漏风率应低于 0.2%。

7.1.4 催化剂应符合 HJ/T 389 中关于催化剂性能的规定。

7.1.5 换热器宜采用列管式、板式，其材质应具有耐高温、耐腐蚀等性能。

7.1.6 蓄热体宜选用蜂窝式、组合式等规整材料，采用的莫来石、堇青石、石英陶瓷等材质的性能应符合 JC/T 2135 的相关规定。蓄热体比热容应高于 750 J/(kg·K)，短时间可承受 1200℃ 的高温冲击，使用寿命大于 40 000 h。

7.1.7 蓄热体支架（炉栅）应采用高强度、防腐耐温材料。

7.1.8 燃烧室内衬耐火绝热材料应选用陶瓷纤维，容重应高于 220 kg/m³。内衬设计应符合 HG/T 20642 的相关规定。

7.1.9 保温材料宜采用硅酸铝、玻璃/陶瓷纤维、岩棉等材质，性能应符合 GB/T 16400、GB/T 3003、GB/T 19686 等相关规定。

7.2 吸附设备和材料

7.2.1 吸附装置可选用固定床式、转轮式，应根据废气的成分、浓度、性质和影响吸附过程的物质性质及含量等因素进行选择。

7.2.2 设备主体采用碳钢、不锈钢材料，按 10 年使用寿命设计。

7.2.3 固定床吸附装置用于吸附回收工艺时，吸附材料宜采用颗粒活性炭、活性炭纤维或其他适宜的专用吸附材料，颗粒活性炭性能应满足 GB/T 7701.1 的相关要求，活性炭纤维性能应满足 HG/T 3922 的

相关要求；用于吸附浓缩工艺时，吸附材料宜采用蜂窝活性炭，BET 比表面积不应低于 $500 \text{ m}^2/\text{g}$ 。

7.2.4 转轮吸附装置的吸附材料宜采用蜂窝分子筛，分子筛的负载量应高于 $70 \text{ kg}/\text{m}^3$ ，蜂窝体的孔密度 $180\sim 300 \text{ 孔}/\text{in}^2$ ，吸水率应低于 10%。

7.2.5 转轮吸附装置各扇区密封材料的耐温应高于 250°C ，转轮驱动电机采用防爆型电机。

7.2.6 吸附装置吸/脱附入口应设置必要的布风系统，保证气流均匀通过床层。

7.3 冷凝设备和材料

7.3.1 冷凝装置可采用列管式、板式、螺旋式等冷凝器。

7.3.2 设备主体采用碳钢、不锈钢材料，按 10 年使用寿命设计。

7.3.3 当有机物沸点较高时，可采用常温水作为冷凝介质；当有机物沸点较低时，冷凝介质宜使用低温水（冷冻水）或采用常温—低温水多级冷凝。

7.4 风机、管道及其他

7.4.1 风机宜选用高效风机，风机的风量、风压应留有适当裕量，且符合 JB/T 10563 的相关规定。

7.4.2 接触腐蚀性气体、水蒸气的设备、管道和阀门等，应采用防腐材料及措施。

7.4.3 燃烧设备、吸附设备、冷凝设备、换热器、过滤器、平台、扶梯等钢制设备应符合 GB/T 3274 及 GB/T 3077 的规定。

8 检测与过程控制

8.1 污染物监测与热工参数检测

8.1.1 治理工程应在进气管道、排气管道的合适位置处设置永久性采样口、采样测试平台，符合 HJ/T 1、GB/T 16157、HJ/T 397 规定的采样条件要求，排气筒应设立排污口标志。

8.1.2 重点排污单位应按照自动监控管理规定和技术规范的要求，安装大气污染物排放自动监测设备，并进行运行维护与管理。

8.1.3 有机废气的监测与分析应符合 GB/T 16157、HJ/T 397、HJ 732、HJ 734、HJ 38 等的规定。

8.1.4 热力燃烧设备应检测记录的关键参数：废气进气温度、炉膛温度、出气温度、燃料消耗量等。

8.1.5 蓄热燃烧设备应检测记录的关键参数：废气进气温度、炉膛温度、出气温度、蓄热体更换时间、加热器开关状态、换向阀门换向时间、各蓄热床层状态等。

8.1.6 催化燃烧/蓄热催化燃烧设备应检测记录的关键参数：废气进气温度、进催化剂床层温度、催化剂床层后温度、催化剂更换时间、加热器开关状态等。

8.1.7 固定床吸附设备应检测记录的关键参数：废气进气温度、各床层运行状态、炭层温度、脱附温度、运行时间（活性炭更换时间、转入吸附的时间、转入脱附的时间）、床层压差等。

8.1.8 转轮吸附设备应检测记录的关键参数：废气进气温度、吸附区出口温度、冷却区出口温度、脱附温度、脱附区出口温度、吸附区及脱附区压差、驱动电机频率等。

8.1.9 冷凝设备应检测记录的关键参数：冷凝介质进出口温度、废气排放温度等。

8.2 工艺过程控制

8.2.1 治理工程应先于产生有机废气的生产工艺设备开启，后于生产工艺设备停机，实现与生产工艺设备的连锁控制。

* $1 \text{ in (英寸)} = 2.54 \text{ cm}$ 。

8.2.2 应对治理工程的废气流量、温度、湿度、压力、运行时间、治理设备关键运行参数等进行实时检测，并在中控室集中显示。

9 主要辅助工程

9.1 电气系统

9.1.1 治理工程的电源系统可直接由生产主体工程配电系统接引，中性点接地方式应与生产主体工程一致。

9.1.2 电气系统设计应符合 GB 50052、GB 50054、GB 50058 等的规定。

9.2 燃料供给与燃烧系统

9.2.1 燃料供给系统一般由燃料源、过滤器、供给管路、压力调节装置、压力检测和保护系统及泄漏报警装置等组成。

9.2.2 辅助燃料应优先选用天然气、液化气等清洁燃料。

9.2.3 应根据辅助燃料类型、燃烧室结构和压力、待处理废气流量、蓄热/催化材料性质及装填量、预热时间等因素配置燃烧器。

9.2.4 燃烧器应具备温度自动调节的功能。

9.2.5 燃烧器应符合 GB/T 19839 的相关规定，优选低氮燃烧器。

9.3 压缩空气系统

9.3.1 压缩空气系统一般由空压机、储气罐、压力调节装置、供给管路和安全阀等组成。

9.3.2 压缩空气系统的设计应符合 GB 50029 的相关规定。

9.4 给排水与消防系统

9.4.1 治理工程的给水、排水设计应符合相关行业给排水设计规范的相关规定。

9.4.2 治理工程的消防设计应纳入包装印刷企业消防系统总体设计，并符合 GB 50016 的相关规定。治理工程所在区域应设置消防通道、安装消防设施。

9.4.3 治理工程应按照 GB 50116 的要求设置火灾探测及报警系统，并在各处理单元监控室、中控室设置控制屏。

9.4.4 治理工程应按照 GB 50140 的要求配置移动式灭火器。

10 劳动安全与职业卫生

10.1 一般要求

10.1.1 治理工程的建设和运行过程中，应遵守国家和地方关于劳动安全与职业卫生的法律、法规、标准和规范要求。

10.1.2 治理工程配套的安全、卫生设施应同步建成，安全卫生的基本要求、防护技术和管理措施应符合 GB/T 12801 的相关规定。

10.1.3 治理工程应建立相应的安全操作规程和职业卫生管理制度。

10.2 劳动安全

10.2.1 治理工程应建立并严格执行安全检查制度，及时消除潜在隐患，防止事故发生。

10.2.2 治理工程的用电安全应符合 GB/T 13869、AQ 3009 等相关规定。

10.2.3 治理工程的固定式钢梯、防护栏杆及平台的安全要求应符合 GB 4053.1、GB 4053.2 和 GB 4053.3 的相关规定。固定式钢梯宜采用斜梯或旋梯。

10.2.4 治理工程的安全标志设计应符合 GB 2893、GB 2894、GB 7231 等相关规定。

10.2.5 操作人员应按 GB/T 11651 的规定配备个体防护装备。

10.3 职业卫生

10.3.1 工作场所应符合 GBZ 1 和 GBZ 2.1、GBZ 2.2 的规定。

10.3.2 为防止职业中毒，治理工程工作场所的卫生工程防护措施应符合 GBZ/T 194 的相关规定。

10.3.3 宜采用低噪声的设备。对于噪声较高的设备，应采取减振消声等措施，尽可能将噪声源和操作人员隔离。

11 施工与验收

11.1 工程施工

11.1.1 治理工程的施工应符合国家和地方关于施工规范、施工程序及管理文件的要求。

11.1.2 工程施工应按设计文件、施工图纸和设备安装使用说明书等的规定进行，工程变更应取得设计单位确认并出具设计变更文件后再进行施工。

11.1.3 工程施工中使用的设备、材料、器件等应符合国家相关标准，有产品的合格证书、产品性能检测报告。

11.1.4 施工过程除遵守相关的施工技术规范以外，还应遵守国家的质量、劳动安全、职业卫生、消防等标准。

11.2 工程验收与调试

11.2.1 工程验收应符合建设项目竣工验收管理办法和程序的要求，建筑工程、安装工程、防腐工程等应按 GB 50300、GB/T 50252、GB 50254、GB 50257、GB 50093、GB 50275、GB 50727 等相关专业验收规范组织验收。

11.2.2 工程安装、施工完成后，首先对相关仪器仪表进行校验，然后根据工艺流程进行分项调试和整体调试。

11.2.3 通过整体调试，各系统运转正常，技术指标达到设计和合同要求后启动试运行。

11.3 环境保护验收

11.3.1 环境保护验收应按《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定执行。

11.3.2 在试运行期间应对治理工程的环保性能指标进行测试，性能测试的主要内容包括：

- (1) 特征污染物及 TVOC、NMHC 排放浓度；
- (2) 治理工程净化效率；
- (3) 废气排放量；
- (4) 运行温度等影响环保性能的其他指标。

12 运行与维护

12.1 一般规定

12.1.1 治理工程应与生产工艺设备同步运行。废气收集系统、处理设备等发生故障或检修时，对应的生产工艺设备应停止运行，待检修完毕后同步投入使用。

12.1.2 治理工程应在满足设计工况的条件下运行，不得超负荷运行。

12.1.3 企业应建立治理工程相关的各项运行、维护规程和管理制度，按规程进行操作，定期对各类设备、电气仪表、建（构）筑物等进行检查维护，确保治理工程稳定可靠运行。

12.1.4 企业应建立污染治理设施管理台账，记录治理设施的主要运行和维护信息。

12.1.5 企业应建立危险废物管理台账，废吸附剂等危险废物委托有资质单位进行处置，严格执行危险废物转移联单制度。

12.2 人员与运行管理

12.2.1 治理工程应纳入生产管理，配备管理人员和专业运行维护人员。

12.2.2 企业应对管理和运行维护人员进行培训，使其掌握必要知识和操作技能。培训内容包括：

- （1）基本原理和工艺流程；
- （2）启动前的检查和启动应满足的条件；
- （3）正常运行情况下设备的控制、报警和指示系统的状态和检查，保持设备良好运行的条件，以及必要时的纠正操作；
- （4）设备运行故障的发现、检查和排除；
- （5）事故或紧急状态下人工操作和事故排除方法；
- （6）设备日常和定期维护；
- （7）设备运行和维护记录，以及其它事件的记录和报告；
- （8）消防安全、职业卫生等安全卫生知识与技能等。

12.2.3 企业应建立治理工程运行状况、设施维护等的记录制度，主要记录内容包括：

- （1）治理设备的启动、停止时间；
- （2）吸附材料、过滤材料、催化剂、蓄热体等的质量分析数据、采购量、使用量、回收量及更换时间；
- （3）治理设备的主要工艺控制参数，如废气处理量、进出口污染物浓度、处理效率、操作温度、燃料消耗量等；
- （4）主要设备维修情况；
- （5）运行事故及维修情况；
- （6）定期检验、评价及评估情况；
- （7）污水排放、副产物处置情况等。

12.3 维护保养

12.3.1 治理工程的维护保养应纳入全厂的维护保养计划中。

12.3.2 维护人员应根据计划定期检查、维修或更换必要的部件和材料。

12.3.3 维护人员应做好相关记录。

12.4 事故应急

12.4.1 治理工程应急管理应纳入企业应急管理系统，分析可能的事故风险，制订并不断完善应急预案，配备人力、设备、通讯等资源，具备相应的应急处置能力。

12.4.2 企业应根据应急预案要求，对治理工程管理和运行维护人员开展应急培训、组织应急演练，保证事故发生时可及时有效开展应急救援行动。

12.4.3 治理工程发生异常情况或重大事故时，应及时分析、决策，启动应急预案，并向有关部门报告。



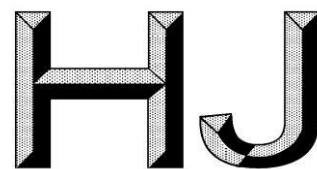
附 录 A
(资料性附录)
包装印刷业有机废气排放特征

A.1 包装印刷业有机废气排放特征见表 A.1。

表 A.1 包装印刷业有机废气排放特征

废气类型	废气来源示例	特征污染物	NMHC 初始排放浓度/ (mg/m ³)
中高浓度有组织废气	溶剂型凹版印刷工序烘干废气 干式复合工序烘干废气 印铁制罐涂布工序烘干废气	酯类、醇类、芳烃类等	800~5000
低浓度有组织废气	溶剂型凸版印刷工序烘干废气 复合、涂布、上光等烘干废气	酯类、醇类等	300~800
无组织收集废气 ^a	调墨、调胶、调漆等调配废气 印刷、涂布等挥发排气 清洗废气	酯类、醚类、酮类、醇类、 芳烃类、烷烃类等	<500

^a根据 GB 37822，使用的油墨、胶粘剂、涂料、清洗剂、润版液等物料中 VOCs 质量占比大于等于 10%，需要采取无组织废气收集措施。



中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 1164—2021

污染土壤修复工程技术规范 异位热脱附

Technical specifications of contaminated soil remediation
ex-situ thermal desorption

本电子版为正式标准文本，由生态环境部环境标准研究所审校排版。

2021-04-30 发布

2021-04-30 实施

生态环境部 发布

目 次

前 言 ii

1 适用范围1

2 规范性引用文件.....1

3 术语和定义1

4 污染物与污染负荷.....2

5 总体要求3

6 工艺设计4

7 主要工艺设备和材料.....7

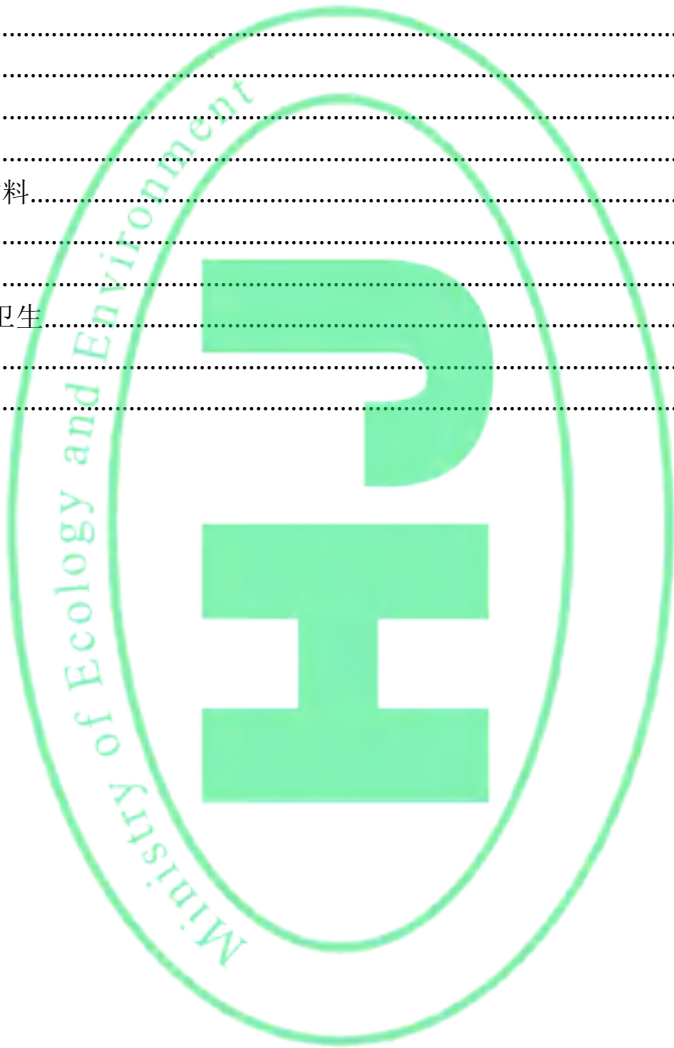
8 检测与过程控制.....8

9 主要辅助工程.....9

10 劳动安全与职业卫生.....10

11 施工与调试.....10

12 运行与维护11



前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国土壤污染防治法》《中华人民共和国大气污染防治法》《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》等法律法规，防治环境污染，改善生态环境质量，规范污染土壤异位热脱附修复工程的建设和运行，制定本标准。

本标准规定了污染土壤异位热脱附修复工程的设计、施工和运行维护的技术要求。

本标准首次发布。

本标准由生态环境部科技与财务司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：中国环境科学研究院、中科鼎实环境工程有限公司、中国环境保护产业协会、北京市环境保护科学研究院、杰瑞环保科技有限公司。

本标准生态环境部 2021 年 4 月 30 日批准。

本标准自 2021 年 4 月 30 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

污染土壤修复工程技术规范 异位热脱附

1 适用范围

本标准规定了污染土壤异位热脱附修复工程的污染物与污染负荷、总体要求、工艺设计、主要工艺设备和材料、检测与过程控制、主要辅助工程、劳动安全与职业卫生、施工与调试、运行与维护等。

本标准适用于有机污染物和汞污染土壤异位热脱附修复工程，可作为污染土壤异位热脱附修复项目工程设计、施工与运行管理的技术依据。

本标准不适用于放射性物质污染土壤的处理。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 8978	污水综合排放标准
GB 9078	工业炉窑大气污染物排放标准
GB/T 10067	电热和电磁处理装置基本技术条件
GB 12348	工业企业厂界环境噪声排放标准
GB 13271	锅炉大气污染物排放标准
GB 14554	恶臭污染物排放标准
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 50013	室外给水设计标准
GB 50015	建筑给水排水设计标准
GB 50028	城镇燃气设计规范
GB/T 50102	工业循环水冷却设计规范
GB 50759	油品装载系统油气回收设施设计规范
HJ 25.5	污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）
HJ 76	固定污染源烟气（SO ₂ 、NO _x 、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法
HJ 576	厌氧-缺氧-好氧活性污泥法 污水处理工程技术规范
HJ 916	环境二噁英类监测技术规范
HJ 1095	芬顿氧化法废水处理工程技术规范
HJ 2006	污水混凝与絮凝处理工程技术规范
HJ 2007	污水气浮处理工程技术规范
HJ 2026	吸附法工业有机废气治理工程技术规范
HG/T 20566	化工回转窑设计规定
JB/T 7679	螺旋输送机

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

异位热脱附 ex-situ thermal desorption

将污染土壤从地块中发生污染的位置挖掘出来，转移或搬运到其他场所或位置，采用加热处理的方式将污染物从污染土壤中挥发去除的过程。

3.2

直接热脱附 direct-contact thermal desorption

热源通过直接接触对污染土壤进行加热将污染物从土壤中挥发去除的处理过程。

3.3

间接热脱附 indirect-contact thermal desorption

热源通过热传导或加热介质间接对污染土壤进行加热将污染物从土壤中挥发去除的处理过程。

3.4

预处理 pretreatment

为满足热处理设备进料要求，对待处理土壤预先进行的操作或处理，包括破碎、筛分、调节土壤含水率、混合、搅拌等。

3.5

土壤出料温度 soil discharge temperature

热处理设备出口的土壤温度。

3.6

土壤停留时间 soil residence time

土壤在热处理设备中停留的平均时间。

3.7

黏性土 clay soil

塑性指数大于 10 的土。

3.8

土壤含水率 soil water ratio

单位质量土壤中的水的百分比。

4 污染物与污染负荷

4.1 异位热脱附技术适用于修复受到挥发性有机物、半挥发性有机物、有机农药类、石油烃类及多氯联苯、多溴联苯和二噁英类等污染的土壤，也适用于修复汞污染土壤。

4.2 异位热脱附技术可用于焦化、农药制造、石油开采与炼制、有机化工等工业地块污染土壤的修复。

4.3 污染土壤异位热脱附修复工程实施前应收集以下资料：

- a) 污染物类型、浓度分布及修复方量；
- b) 土壤含水率、土壤质地等；
- c) 区域气候条件（气温、降雨量、风向、风速）；
- d) 地块的水文地质条件（地层结构、地下水位）；
- e) 地块用途（目前及未来规划）；
- f) 临水、临电、热源条件；
- g) 修复后土壤的去向。

4.4 污染土壤污染物类型、浓度分布及修复方量应依据土壤污染状况调查报告和土壤污染风险评估报告的结果确定。

4.5 进入热处理设备的污染土壤应满足以下条件：

a) 直接热脱附处理土壤中污染物的含量不宜超过 4%；间接热脱附处理土壤中污染物的含量不宜超过 60%；

b) 含水率不宜大于 30%；

c) 颗粒大小不宜大于 5 cm；

d) pH 不宜小于 4；

e) 塑性指数宜低于 10。

4.6 污染土壤异位热脱附修复过程产生的二次污染主要包括：

a) 废气：燃料燃烧产生的烟气、预处理车间废气、热脱附产生的烟气、恶臭等；

b) 废水：气液分离产生的废水、洗气废水、清洗废水等；

c) 固体废物：污染土壤预处理产生的固体废物、废水处理产生的污泥、除尘器收集的粉尘以及废活性炭等；

d) 噪声：设施运行过程中产生的噪声影响。

5 总体要求

5.1 一般规定

5.1.1 异位热脱附修复过程的能源选择、材料选用、工艺设计应遵循绿色可持续修复的理念。

5.1.2 异位热脱附修复工程的污染防治设施应与主体工程同时设计、同时施工、同时运行。

5.1.3 修复后的土壤应满足其使用功能修复目标值的要求，并恢复一定的含水率。

5.1.4 异位热脱附修复工程应建设或配备废气、废水、固体废物和噪声等二次污染控制设施或措施。

废气排放应满足 GB 9078、GB 13271、GB 16297、GB 37822、GB 14554 和地方污染物排放标准要求；

废水排放应满足 GB 8978 和地方污染物排放标准要求；噪声应满足 GB 12348 要求。

5.1.5 异位热脱附修复工程运行过程中应配备相应的检测设备，对污染物排放进行监测。在线监测装置应符合 HJ 76 要求。

5.2 场址选择

污染土壤异位热脱附修复的场址宜建在污染地块的场区内或根据自然条件、地理位置条件、周边敏感区域要求进行选择，并尽量远离居民区等敏感点。

5.3 工程构成

5.3.1 污染土壤异位热脱附修复工程由主体工程、辅助工程和配套设施组成。

5.3.2 主体工程宜包括：暂存、预处理、热处理、烟气处理、出料与存放、废水处理、检测及控制系统等。

5.3.3 辅助工程宜包括：能源供应、给排水及消防、供配电、通风与空气调节、实验室、库房等。

5.3.4 配套设施宜包括：办公室、值班室、厂区围挡、道路等。

5.4 总平面布置

5.4.1 处理场的总图设计应根据场址所在地区的自然条件，结合生产、运输、环境保护、劳动安全与职业卫生、职工生活、能源、电力、给排水等确定。

5.4.2 处理场总平面布置应围绕热脱附主体设备布置，其他设施应按污染土壤处理流程合理安排。热脱附处置设施应与办公和生活服务设施隔离建设。

5.4.3 处理场人流和物流的出入口设置应符合城市和场内交通的有关要求，实现人流和物流分离。

5.4.4 处理场的行车道路宜环形设置，路面宽度不宜小于 6 m。处理场外应设消防道路，道路的宽度不

应小于 3.5 m。

5.4.5 处理场周围应设置围墙或其它防护栅栏，防止无关人员进入。

6 工艺设计

6.1 一般规定

6.1.1 异位热脱附工艺设计宜采用节能设计理念，降低系统能耗。节能设计包括但不限于：

- a) 采用保温措施防止热量散失；
- b) 采用适宜的措施回收系统余热，将回收热量应用于工艺内部或外部。

6.1.2 异位热脱附修复工程宜开展小试试验，以获取修复所需的工艺参数。

6.1.3 异位热脱附设施宜采用自动化、信息化、模块化和橇装化设计。

6.1.4 异位热脱附设施应进行负压设计，以保障在运行过程中整个系统处于负压状态。

6.1.5 复合污染土壤采用热脱附技术和其他技术联合修复时，应优先采用热脱附技术处理挥发和半挥发性污染物。

6.2 工艺选择

6.2.1 根据热源与污染土壤接触方式的不同，异位热脱附工艺可分为直接热脱附工艺和间接热脱附工艺。直接热脱附典型工艺流程见图 1，间接热脱附典型工艺流程见图 2。

6.2.2 热脱附工艺的选择应根据污染土壤修复目标、修复方量、修复周期、污染物类型及污染物浓度等确定。

6.2.3 有机污染土壤浓度低且修复方量较大时，宜采用直接热脱附工艺；有机污染土壤修复方量较小时，宜采用间接热脱附工艺图 2（a）；汞污染土壤宜采用间接热脱附工艺图 2（b）。

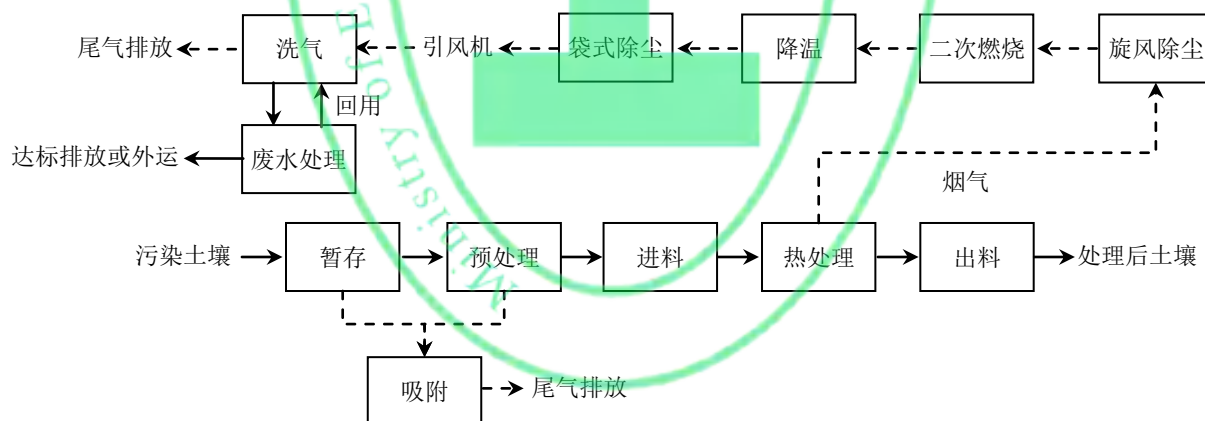


图 1 污染土壤直接热脱附修复工程典型工艺流程示意图

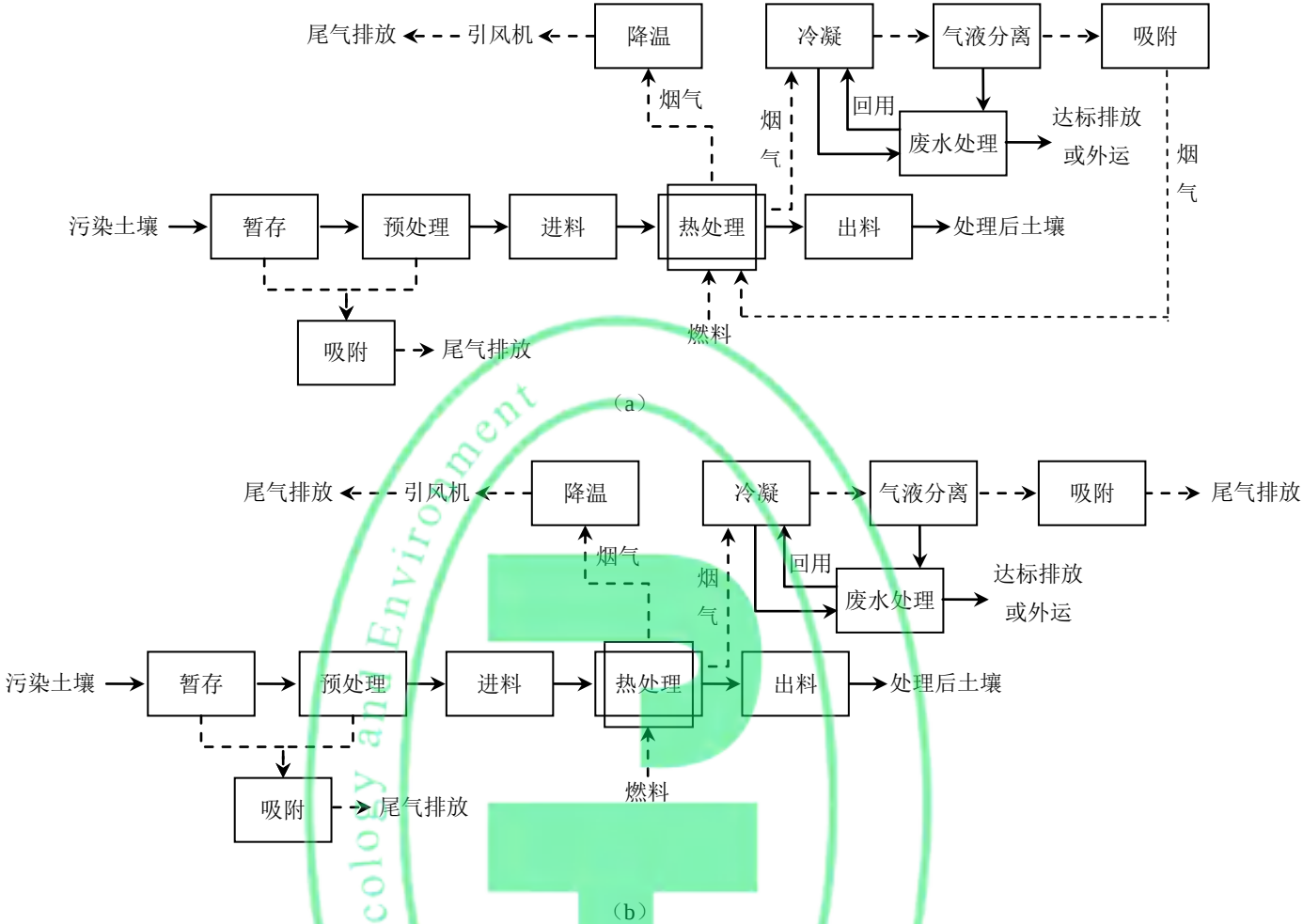


图2 污染土壤间接热脱附修复工程典型工艺流程示意图

6.3 工艺设计要求

6.3.1 暂存和预处理

6.3.1.1 异位热脱附修复工程应设置暂存和预处理车间。暂存和预处理车间应保持密闭和微负压状态，并设置机械通风，车间内排出的废气应经过滤、吸附处理或引入烟气处理设施处理，达标后方可排放。

6.3.1.2 暂存和预处理车间应根据预测总库存容量、配套设施要求及现有地块条件进行设计和建设，车间地面应作硬化或防渗处理。

6.3.1.3 暂存和预处理车间应进行功能区划分。可分为污染土壤卸车区、暂存区、预处理区、废气处理区等。

6.3.1.4 预处理区宜配置分选、脱水、破碎、筛分、混合、搅拌、输送等设备。

6.3.1.5 当污染土壤不满足热处理设备进料要求时，可采用以下措施进行预处理：

- a) 采用分选或分拣方式去除污染土壤中砖瓦、石块、木块、铁块等杂质；
- b) 高含水率污染土壤可在暂存和预处理车间内采用晾干、添加脱水剂（如生石灰）等预处理方式使土壤含水率降至进料要求；
- c) 黏性土可选择加入调理剂（如生石灰）或与低塑性指数土壤混合等方式降低黏性；
- d) 采用破碎、筛分降低大颗粒土壤的粒径。

6.3.2 进料

6.3.2.1 应根据污染土壤的特性、处理规模和设备性能的要求，选择适当的进料系统。

6.3.2.2 进料系统主要由料仓、投料装置、计量装置、传输装置组成。

6.3.2.3 进料系统应能自动进料，投料装置应可调节投料速率，保证给料均匀。

6.3.2.4 进料系统应密闭，防止污染物及粉尘污染场区周围环境。

6.3.3 热处理

6.3.3.1 直接热脱附处理设备宜选择回转窑，间接热脱附处理设备宜选择回转窑或螺旋推进式热脱附炉。

6.3.3.2 热处理设备的驱动装置应采用变频控制。转动速率宜在一定范围内实现可调，转速宜控制为 1~5 r/min。

6.3.3.3 不同污染土壤的停留时间及出料温度宜参见表 1。

表 1 不同污染土壤的停留时间及出料温度

污染物类型	停留时间/min	出料温度/℃
挥发性有机物	10~20	100~200
半挥发性有机物	10~30	150~500
有机农药类	10~40	300~650
多氯联苯、多溴联苯和二噁英类	30~60	300~600
石油烃类	10~30	150~600
汞	20~60	200~600

6.3.3.4 热处理设备的热源负荷应符合 65%~110%的要求。

6.3.3.5 采用燃料为热源的热处理设备，燃料和空气进气量应均可调节。

6.3.3.6 热处理设备的进出料口、与烟气处理连接处、检修口等的设计均应满足系统密闭性的要求。

6.3.4 出料与存放

6.3.4.1 出料口应配备抑尘设施。可采用水喷淋方式使出料土壤的含水率增至 10%~25%，实现抑尘。

6.3.4.2 降温抑尘后的土壤应转运至有防雨、防渗措施的堆放区，并按出料批次存放。

6.3.4.3 应对每批次存放土壤进行检测，并依据检测结果设置“合格”或“不合格”的标识。

6.3.5 烟气处理

6.3.5.1 直接热脱附宜采用二次燃烧法处理烟气；采用间接热脱附修复污染土壤，宜采用冷凝-吸附-二次燃烧法处理烟气；汞污染土壤宜采用冷凝-吸附法处理烟气。

6.3.5.2 二次燃烧法应满足以下要求：

a) 二次燃烧法宜包括旋风除尘、二次燃烧、降温、袋式除尘、喷淋净化等工艺环节。

b) 二次燃烧室的温度应大于 850℃，热脱附烟气的停留时间应大于 2 s，含二噁英的烟气宜在 1100℃以上停留时间大于 2 s。

c) 烟气经二次燃烧处理后应进行降温，降温方式可采用换热器，回收热量。

d) 易产生二噁英的烟气应设置急冷装置，使烟气在 1 s 内降到 200℃以下。急冷后的烟气应先喷入活性炭，再通过袋式除尘器去除二噁英等污染物。在喷入活性炭之前也可选择喷入氧化钙或氢氧化钙粉，吸收烟气中的酸性物质和过量水分。

e) 烟气可采用碱性溶液洗气脱酸，碱性溶液浓度一般为 2%~10%，应由专门的配制系统提供，洗气装置可采用喷淋塔。

6.3.5.3 冷凝-吸附法应满足以下要求：

a) 冷凝-吸附法应包括冷凝、气液分离、吸附等工艺环节。

b) 冷凝可采用直接或间接换热形式，并可采用一级或多级的方式，冷凝设备可采用喷淋塔、板式换热器、列管式换热器等设备。

c) 冷凝器的冷却介质应根据污染物种类及工艺要求确定，确保气相污染物至少被冷却至其沸点以下，可根据后续处理工艺进行合理调整。冷却介质可选择水、冷却液。

d) 冷凝器后应配置气液分离设备，以降低不凝气中的液体含量。

e) 气液分离设备可采取捕雾法气液分离，可采用一级或多级的方式，可采用折流板、丝网等形式。

f) 冷凝器和气液分离设备内应配置有液体收集及输送装置，确保冷凝液及时排出。

g) 气液分离后的烟气可采用活性炭、分子筛等吸附净化，吸附工艺设计宜参照 HJ 2026 的要求进行设计。

h) 含汞烟气应冷凝至 4℃ 以下，再采用吸附法去除烟气中残余的汞。

6.3.5.4 冷凝-二次燃烧-吸附法应包括冷凝、气液分离、吸附、二次燃烧、降温等工艺环节。各工艺环节的技术要求可参见 6.3.5.2 和 6.3.5.3。

6.3.5.5 排气筒的设置应满足 GB 16297 的相关要求，排气筒应设有采样口和在线监测装置。

6.3.6 废水处理

6.3.6.1 直接热脱附的洗气废水中污染物浓度较低，可与清洗废水混合后一并处理；间接热脱附冷凝、气液分离产生的废水中污染物浓度高且成分复杂，宜首先回收有利用价值的物质，然后再进行处理。

6.3.6.2 洗气废水和清洗废水宜采用预处理+高级氧化的处理工艺；冷凝、气液分离废水宜采用预处理+高级氧化+吸附/生化的处理工艺。废水处理宜采用全封闭式结构。

6.3.6.3 预处理可采用中和、混凝、气浮等工艺，混凝和气浮的工艺设计可分别参照 HJ 2006 和 HJ 2007 的要求。

6.3.6.4 高级氧化可采用芬顿氧化法和臭氧氧化法等。芬顿氧化法工艺设计可参照 HJ 1095 的要求。

6.3.6.5 生化处理宜采用缺氧好氧活性污泥法，工艺设计可参照 HJ 576 的要求。

6.3.6.6 处理后的出水满足回用要求时宜进行回用。

6.3.7 固体废物处理处置

6.3.7.1 除尘器收集的粉尘应转运至出料堆放区，并按出料批次存放。

6.3.7.2 含二噁英烟气处理产生的旋风除尘器和袋式除尘器的粉尘与急冷设备产生的污泥，应密闭收集后重新投入进料系统或按固体废物处理处置。

6.3.7.3 废吸附剂宜进行再生，无法再生的应进行危险废物特性鉴别。

6.3.7.4 废水处理产生的污泥应脱水后进行危险废物特性鉴别，并依据其环境管理属性按国家相关规定进行管理。

6.3.7.5 预处理产生的砖瓦、石块、木块、铁块等固体废物应进行清洗，清洗后可按建筑垃圾处理处置，清洗过程产生的废水应进行收集处理。

7 主要工艺设备和材料

7.1 主要工艺设备

7.1.1 热处理设备应具备耐高温能力，并能在系统设计加热温度的条件下长期连续运行。热处理设备腔内应配置高效混合防板结装置。

7.1.2 回转窑的设计及制造宜参照 HG/T 20566 的要求。回转窑的长径比宜控制为 5:1~10:1，斜率宜控制为 1.3%~5.6%。

7.1.3 螺旋推进式热脱附炉的设计及制造应符合 JB/T 7679 的要求，壳体宜采用耐磨材质，需具备抗卡阻能力，防止被输送物料存在杂质造成卡死。

7.1.4 碱性溶液配制系统应至少包括以下主要设备：

a) 带搅拌器的配置罐；

- b) 罐体容积应能贮存满足 4 h 喷淋量的存储罐；
- c) 能实现变频调节喷淋液量的输送泵。

7.1.5 活性炭、氧化钙或氢氧化钙粉喷射装置应具有自动调节喷射量及计量功能，应至少包括以下主要设备：

- a) 存储物料的储料罐；
- b) 输送物料的气泵；
- c) 具有累计计量功能的计量装置。

7.1.6 引风机的选择应满足以下条件：

- a) 引风机流量范围调整应能满足系统风量变化要求；
- b) 引风机的工作压力应能满足最不利点所需风压的要求；
- c) 所选引风机应能经常保持在高效区内运行。

7.1.7 水泵的选型应根据其所输送介质的特性及水泵的用途来确定，并应满足下列条件：

- a) 水泵流量的调节范围应能满足指定用途中水量变化的要求；
- b) 水泵的工作压力应能满足最不利点所需水压的要求；
- c) 所选水泵应能经常保持在高效区内运行。

7.2 材料选择

7.2.1 热处理设备及高温烟道应采用耐酸性气体、耐高温腐蚀的耐火材料。

7.2.2 二次燃烧室内衬的耐火材料应能在 1250 °C 条件下长期稳定工作。

7.2.3 烟气的降温、冷凝、气液分离设备应使用耐腐蚀材料或做防腐处理。

7.2.4 碱性溶液喷淋装置的喷淋设备、管路及其他辅助配件应使用耐酸耐碱腐蚀的材料或做防腐处理。

8 检测与过程控制

8.1 一般要求

8.1.1 污染土壤热脱附修复过程应配置相关的检测设备和控制系统。

8.1.2 检测设备的配置应能准确反映处理设施的运行状况。

8.1.3 控制系统的配置应能保证设施的运行安全可靠、改善劳动条件、提高科学管理水平。

8.2 检测

8.2.1 热处理设施及烟气处理设施应设置温度、压力、烟气流量、烟气含湿量和烟气含氧量的测量仪表。

8.2.2 热工参数检测应包括以下内容：

- a) 工艺系统在各种工况下安全、经济运行的参数；
- b) 电动、气动和液动阀门的启闭状态及调节阀的开度；
- c) 仪表和控制用电源、气源、液动源及其他必要条件供给状态和运行参数；
- d) 气温、湿度、风力、风向等必需的环境参数。

8.2.3 大气污染物检测项目包括颗粒物、SO₂、NO_x、非甲烷总烃、特征污染物、恶臭等。可能产生二噁英时，应按 HJ 916 的要求开展监测。

8.2.4 应按照修复目标的要求对处理后的土壤进行采样检测，采样检测应符合 HJ 25.5 的要求。

8.3 过程控制

8.3.1 污染土壤热脱附修复设施应配置完善的自动控制系统。至少应包括热处理控制系统、烟气处理控制系统、能源供应控制系统、预警保安控制系统及工业电视监视系统。

8.3.2 应具备热脱附修复设施各工艺参数即时显示和关键参数的自动控制，主要显示及控制参数应至少包括以下内容：

- a) 热处理设备的进料量、转速、处理温度、压力和烟气含氧量；
- b) 二次燃烧室烟气的入口温度和压力；
- c) 二次燃烧室烟气的出口温度、压力、烟气含氧量及 CO 含量；
- d) 急冷装置内温度和压力；
- e) 袋式除尘器的入口温度和压力；
- f) 袋式除尘器的出口温度和压力；
- g) 冷却介质的温度、液位和流量；
- h) 吸附器的入口温度和压力。

8.3.3 热处理控制系统应设自动控制和现场手动控制两种操作方式。热处理控制系统应符合如下技术要求：

- a) 土壤进料量应能在额定量的 30%~100%之间可调；
- b) 热处理设备转速和风机转数应能在额定转数的 20%~100%之间可调；
- c) 热处理设备温度应在额定上下限温度内可调；
- d) 自动控制系统应具备主要工况参数超标时自动停止投料功能。

8.3.4 烟气处理控制系统应符合如下技术要求：

- a) 急冷喷淋水量应在额定量的 30%~100%之间可调；
- b) 喷入碱液量应在额定量的 50%~100%之间可调。

8.3.5 控制系统应能实现对热处理、烟气处理及辅助系统的远程监控及分散控制，并应设置独立于远程控制及分散控制系统的紧急停车系统。

8.3.6 自动控制设备应连接自动报警装置，可根据故障或异常情况，实现单个设备报警、单设备/部分生产线停机、整套生产线停机或紧急停机等功能。

8.3.7 对暂存、预处理、进料、热处理、出料、烟气处理的全过程，应设置现场工业电视监视系统。对进料、热处理、出料、烟气处理的重要环节，应在中央控制室设置工况参数集中显示和存储记录。

9 主要辅助工程

9.1 能源供应

9.1.1 修复工程使用的能源可为电、燃气、燃油等多种形式。鼓励使用清洁燃料作为污染土壤修复工程的能源。

9.1.2 电加热设备应符合 GB/T 10067 中的要求；燃气贮存及供给应符合 GB 50028 的要求；燃油的贮存及供给应符合 GB 50759 的要求。

9.1.3 电气系统的用电负荷应为 AC 380/220V，热脱附主体设备的负荷等级应为二级，并应设有应急电源。

9.1.4 高压配电装置、继电保护和安全自动装置、过电压保护和接地、照明设计应分别符合国家和地方标准的要求。

9.2 给排水及消防

9.2.1 生产用水应采用集中给水方式，设备冷却水应采用循环给水方式并符合 GB/T 50102 的要求，生活用水、消防用水、应急用水宜采用联合给水方式。给水设计应符合 GB 50013 和 GB 50015 的要求。

9.2.2 厂房内应设置室内消火栓给水系统，消防设计、厂房内的安全疏散及厂房内部装修设计应符合国家和地方标准的要求。

9.3 采暖通风与空气调节

9.3.1 采暖通风与空气调节设计应符合国家和地方标准的要求。

9.3.2 余热量大、有害气体散发量较多的作业场所，宜采用机械通风。

9.3.3 配电室及变电所应设置事故通风兼换气通风。

10 劳动安全与职业卫生

10.1 污染土壤修复工程的设计、施工和运行应符合国家和地方的劳动生产安全与职业卫生法规和标准。

10.2 应制定火灾、爆炸、自然灾害等意外事件的应急预案；生产作业区应配备消防器材；厂区各明显位置应配有禁烟、防火和限速等标志。

10.3 产生有害气体、易燃气体、异味和粉尘的场所应采取通风措施并设置报警装置。

10.4 工程设计应减少不必要的输送环节，降低物料转运的落差；加强设备的密闭，对不可避免产生粉尘的生产设备，应采取除尘措施；扬尘点应设置吸尘罩，保持负压；除尘净化后的气体应采取有组织排放形式。

10.5 在高温设备现场设置安全警示标志，防止操作人员烫伤灼伤。

10.6 应选用噪声小的设备。对于噪声较大的设备，应采用减震消音措施。

10.7 应对操作人员、技术人员及管理人员进行相关专业技术、安全防护、应急处理等理论知识和操作技能的培训。

10.8 岗位操作人员应配戴个人专用防护用品，防护用品应根据不同岗位合理配备。

10.9 所有从事生产作业的人员应定期体检并建立健康档案卡。应定期对职工进行职业卫生教育，加强防范意识。

11 施工与调试

11.1 施工

11.1.1 污染土壤修复工程的施工应符合国家和行业相应专项工程施工规范、施工程序及管理文件的要求。

11.1.2 施工中采用的工程技术文件、承包合同文件对施工质量验收的要求不得低于国家相关专项工程规范的规定。

11.1.3 施工应按设计文件、施工图纸和设备安装使用说明书的规定进行，工程变更应取得设计单位确认并出具设计变更文件后再进行施工。

11.1.4 设备、材料、器件等应符合国家相关标准，有产品的合格证书、产品性能检测报告。主要材料应有进场复验报告。

11.1.5 施工除遵守相关的施工技术规范以外，还应遵守国家的质量、劳动安全及卫生、消防等标准。

11.2 调试

11.2.1 调试前应先进行单机冷调试车、整体冷调联机空载运行、联机装载运行、联机热调装载运行，确定各环节运转正常、技术指标达到设计要求。

11.2.2 调试期应对工程进行不少于连续 72 h 的性能试验。性能试验应至少包括以下内容：

- a) 土壤最大处理量；
- b) 最大处理效率；
- c) 达标情况；
- d) 污染物排放；
- e) 能源和药剂消耗；
- f) 运行稳定性。

12 运行与维护

12.1 一般规定

12.1.1 热脱附技术修复污染土壤工程运行应在满足设计工况的条件下进行，并根据工艺要求，定期对设备、电气、自控仪表及建（构）筑物进行检查维护，确保系统稳定可靠运行。

12.1.2 应建立健全与污染土壤修复工程相关的各项规章制度，以及运行、维护和操作规程，建立主要设备运行状况的台账制度。

12.2 人员与运行管理

12.2.1 应对污染土壤修复工程的管理和运行人员进行定期培训，使管理和运行人员系统掌握正常运行的操作和应急情况的处理措施。

12.2.2 运行操作人员上岗前应进行以下内容的专业培训：

- a) 启动前的检查和启动要求的条件；
- b) 处置设备的正常运行，包括设备的启动和关闭；
- c) 控制、报警和指示系统的运行和检查，以及必要时的纠正操作；
- d) 最佳的运行温度、压力、污染物去除效率的控制和调节，以及保持设备良好运行的条件；
- e) 设备运行故障的发现、检查和排除；
- f) 事故或紧急状态下的操作和事故处理；
- g) 设备日常和定期维护；
- h) 设备运行及维护记录，其他事件的记录和报告。

12.2.3 应建立污染土壤修复工程运行状况、设施维护和生产活动等记录制度，主要记录内容包括：

- a) 系统启动、停止时间；
- b) 系统运行工艺控制参数记录，至少应包括热处理设备的进料量、转速、处理温度和压力以及二次燃烧室烟气出入口温度和压力、烟气含氧量等；
- c) 主要设备的运行和维修情况的记录；
- d) 烟气连续监测数据记录；
- e) 各种药剂如生石灰、活性炭、碱性液体药剂等的加药情况记录；
- f) 生产事故及处置情况的记录；
- g) 定期检测、评价及评估情况的记录等。

12.2.4 运行人员应按照规定落实交接班制度和巡检制度。

12.2.5 应对烟气排放口、厂区内及厂区周边无组织大气污染物排放进行定期检测。

12.3 热脱附设施启动

12.3.1 热脱附设施启动前，需先开启引风机 10~20 min，排空设施内存留的可燃气体。

12.3.2 热处理设备和二次燃烧室启动时宜采用控制燃料流量的方法，逐渐升温到设定温度。

12.3.3 升温过程中热处理设备应保持旋转，转速宜控制为 1~5 r/min，避免局部受热导致变形。

12.3.4 需在热脱附设施达到预定工况后再开始进料，宜采用由少到多的原则，避免系统参数出现较大波动。

12.4 热脱附设施关停

12.4.1 热脱附设施关停时需先停止进料，待土壤出料完毕后，方可关闭燃料。

12.4.2 热处理设备温度降低至 100℃后，方可停止旋转。

12.5 维护保养

12.5.1 维修人员应根据维护保养规定定期检查、更换或维修设备及其部件。

12.5.2 维修人员应做好维护保养记录。

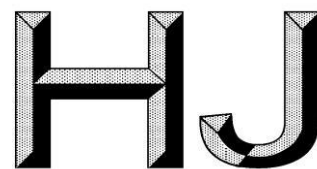
12.5.3 电力、燃气和燃油设施及其配套件应定期由具有相应资质的单位检验。

12.6 事故应急

12.6.1 制定污染土壤热脱附修复工程事故应急措施，当出现紧急事故时，应立即采取相应措施进行处理，尽可能降低事故对主体工程运行安全、人员伤亡、财产损失和环境破坏等的影响。

12.6.2 事故应急措施内容至少应包括人员伤亡应急救援措施、排放超标应急处理措施、事故停机应急处理措施、重要设备/系统故障应急处理措施、火灾事故应急处理措施、触电事故应急处理措施、突发停水/停电应急处理措施等。

12.6.3 事故处理时应做好记录、分析原因，防止同类事故重复发生。



中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 1164—2021

污染土壤修复工程技术规范 异位热脱附

Technical specifications of contaminated soil remediation
ex-situ thermal desorption

本电子版为正式标准文本，由生态环境部环境标准研究所审校排版。

2021-04-30 发布

2021-04-30 实施

生态环境部 发布

目 次

前 言 ii

1 适用范围1

2 规范性引用文件.....1

3 术语和定义1

4 污染物与污染负荷.....2

5 总体要求3

6 工艺设计4

7 主要工艺设备和材料.....7

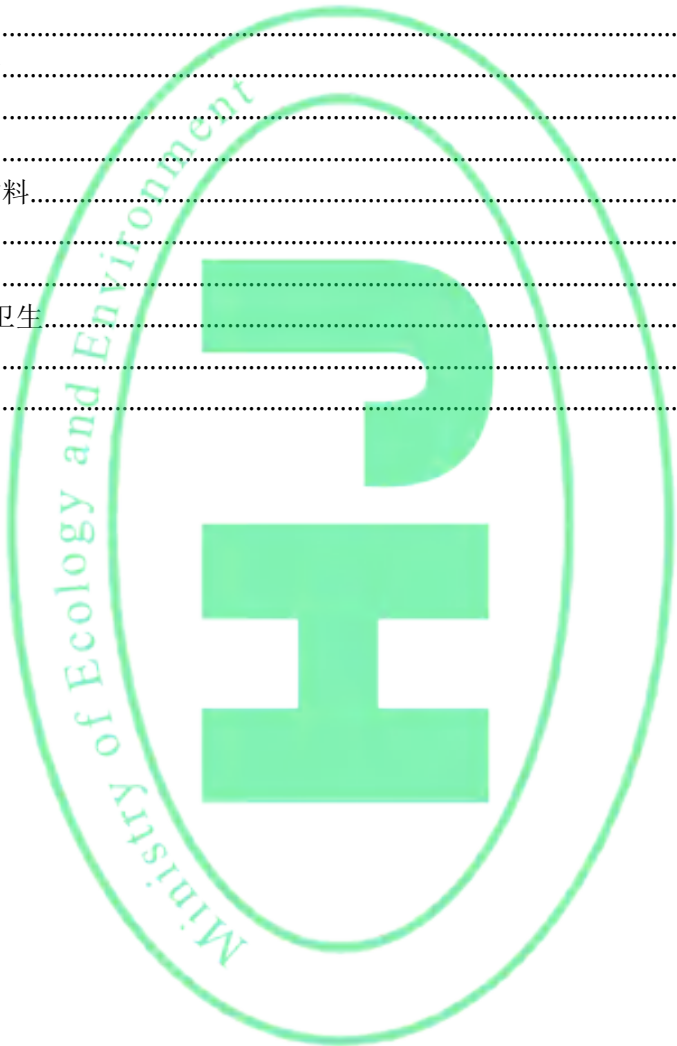
8 检测与过程控制.....8

9 主要辅助工程.....9

10 劳动安全与职业卫生.....10

11 施工与调试.....10

12 运行与维护11



前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国土壤污染防治法》《中华人民共和国大气污染防治法》《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》等法律法规，防治环境污染，改善生态环境质量，规范污染土壤异位热脱附修复工程的建设和运行，制定本标准。

本标准规定了污染土壤异位热脱附修复工程的设计、施工和运行维护的技术要求。

本标准首次发布。

本标准由生态环境部科技与财务司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：中国环境科学研究院、中科鼎实环境工程有限公司、中国环境保护产业协会、北京市环境保护科学研究院、杰瑞环保科技有限公司。

本标准生态环境部 2021 年 4 月 30 日批准。

本标准自 2021 年 4 月 30 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

污染土壤修复工程技术规范 异位热脱附

1 适用范围

本标准规定了污染土壤异位热脱附修复工程的污染物与污染负荷、总体要求、工艺设计、主要工艺设备和材料、检测与过程控制、主要辅助工程、劳动安全与职业卫生、施工与调试、运行与维护等。

本标准适用于有机污染物和汞污染土壤异位热脱附修复工程,可作为污染土壤异位热脱附修复项目工程设计、施工与运行管理的技术依据。

本标准不适用于放射性物质污染土壤的处理。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本标准。

GB 8978	污水综合排放标准
GB 9078	工业炉窑大气污染物排放标准
GB/T 10067	电热和电磁处理装置基本技术条件
GB 12348	工业企业厂界环境噪声排放标准
GB 13271	锅炉大气污染物排放标准
GB 14554	恶臭污染物排放标准
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 50013	室外给水设计标准
GB 50015	建筑给水排水设计标准
GB 50028	城镇燃气设计规范
GB/T 50102	工业循环水冷却设计规范
GB 50759	油品装载系统油气回收设施设计规范
HJ 25.5	污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则(试行)
HJ 76	固定污染源烟气(SO ₂ 、NO _x 、颗粒物)排放连续监测系统技术要求及检测方法
HJ 576	厌氧-缺氧-好氧活性污泥法 污水处理工程技术规范
HJ 916	环境二噁英类监测技术规范
HJ 1095	芬顿氧化法废水处理工程技术规范
HJ 2006	污水混凝与絮凝处理工程技术规范
HJ 2007	污水气浮处理工程技术规范
HJ 2026	吸附法工业有机废气治理工程技术规范
HG/T 20566	化工回转窑设计规定
JB/T 7679	螺旋输送机

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

异位热脱附 ex-situ thermal desorption

将污染土壤从地块中发生污染的位置挖掘出来，转移或搬运到其他场所或位置，采用加热处理的方式将污染物从污染土壤中挥发去除的过程。

3.2

直接热脱附 direct-contact thermal desorption

热源通过直接接触对污染土壤进行加热将污染物从土壤中挥发去除的处理过程。

3.3

间接热脱附 indirect-contact thermal desorption

热源通过热传导或加热介质间接对污染土壤进行加热将污染物从土壤中挥发去除的处理过程。

3.4

预处理 pretreatment

为满足热处理设备进料要求，对待处理土壤预先进行的操作或处理，包括破碎、筛分、调节土壤含水率、混合、搅拌等。

3.5

土壤出料温度 soil discharge temperature

热处理设备出口的土壤温度。

3.6

土壤停留时间 soil residence time

土壤在热处理设备中停留的平均时间。

3.7

黏性土 clay soil

塑性指数大于 10 的土。

3.8

土壤含水率 soil water ratio

单位质量土壤中水的百分比。

4 污染物与污染负荷

4.1 异位热脱附技术适用于修复受到挥发性有机物、半挥发性有机物、有机农药类、石油烃类及多氯联苯、多溴联苯和二噁英类等污染的土壤，也适用于修复汞污染土壤。

4.2 异位热脱附技术可用于焦化、农药制造、石油开采与炼制、有机化工等工业地块污染土壤的修复。

4.3 污染土壤异位热脱附修复工程实施前应收集以下资料：

- a) 污染物类型、浓度分布及修复方量；
- b) 土壤含水率、土壤质地等；
- c) 区域气候条件（气温、降雨量、风向、风速）；
- d) 地块的水文地质条件（地层结构、地下水位）；
- e) 地块用途（目前及未来规划）；
- f) 临水、临电、热源条件；
- g) 修复后土壤的去向。

4.4 污染土壤污染物类型、浓度分布及修复方量应依据土壤污染状况调查报告和土壤污染风险评估报告的结果确定。

4.5 进入热处理设备的污染土壤应满足以下条件：

a) 直接热脱附处理土壤中污染物的含量不宜超过 4%；间接热脱附处理土壤中污染物的含量不宜超过 60%；

b) 含水率不宜大于 30%；

c) 颗粒大小不宜大于 5 cm；

d) pH 不宜小于 4；

e) 塑性指数宜低于 10。

4.6 污染土壤异位热脱附修复过程产生的二次污染主要包括：

a) 废气：燃料燃烧产生的烟气、预处理车间废气、热脱附产生的烟气、恶臭等；

b) 废水：气液分离产生的废水、洗气废水、清洗废水等；

c) 固体废物：污染土壤预处理产生的固体废物、废水处理产生的污泥、除尘器收集的粉尘以及废活性炭等；

d) 噪声：设施运行过程中产生的噪声影响。

5 总体要求

5.1 一般规定

5.1.1 异位热脱附修复过程的能源选择、材料选用、工艺设计应遵循绿色可持续修复的理念。

5.1.2 异位热脱附修复工程的污染防治设施应与主体工程同时设计、同时施工、同时运行。

5.1.3 修复后的土壤应满足其使用功能修复目标值的要求，并恢复一定的含水率。

5.1.4 异位热脱附修复工程应建设或配备废气、废水、固体废物和噪声等二次污染控制设施或措施。

废气排放应满足 GB 9078、GB 13271、GB 16297、GB 37822、GB 14554 和地方污染物排放标准要求；

废水排放应满足 GB 8978 和地方污染物排放标准要求；噪声应满足 GB 12348 要求。

5.1.5 异位热脱附修复工程运行过程中应配备相应的检测设备，对污染物排放进行监测。在线监测装置应符合 HJ 76 要求。

5.2 场址选择

污染土壤异位热脱附修复的场址宜建在污染地块的场区内或根据自然条件、地理位置条件、周边敏感区域要求进行选择，并尽量远离居民区等敏感点。

5.3 工程构成

5.3.1 污染土壤异位热脱附修复工程由主体工程、辅助工程和配套设施组成。

5.3.2 主体工程宜包括：暂存、预处理、热处理、烟气处理、出料与存放、废水处理、检测及控制系统等。

5.3.3 辅助工程宜包括：能源供应、给排水及消防、供配电、通风与空气调节、实验室、库房等。

5.3.4 配套设施宜包括：办公室、值班室、厂区围挡、道路等。

5.4 总平面布置

5.4.1 处理场的总图设计应根据场址所在地区的自然条件，结合生产、运输、环境保护、劳动安全与职业卫生、职工生活、能源、电力、给排水等确定。

5.4.2 处理场总平面布置应围绕热脱附主体设备布置，其他设施应按污染土壤处理流程合理安排。热脱附处置设施应与办公和生活服务设施隔离建设。

5.4.3 处理场人流和物流的出入口设置应符合城市和场内交通的有关要求，实现人流和物流分离。

5.4.4 处理场的行车道路宜环形设置，路面宽度不宜小于 6 m。处理场外应设消防道路，道路的宽度不

应小于 3.5 m。

5.4.5 处理场周围应设置围墙或其它防护栅栏，防止无关人员进入。

6 工艺设计

6.1 一般规定

6.1.1 异位热脱附工艺设计宜采用节能设计理念，降低系统能耗。节能设计包括但不限于：

- a) 采用保温措施防止热量散失；
- b) 采用适宜的措施回收系统余热，将回收热量应用于工艺内部或外部。

6.1.2 异位热脱附修复工程宜开展小试试验，以获取修复所需的工艺参数。

6.1.3 异位热脱附设施宜采用自动化、信息化、模块化和橇装化设计。

6.1.4 异位热脱附设施应进行负压设计，以保障在运行过程中整个系统处于负压状态。

6.1.5 复合污染土壤采用热脱附技术和其他技术联合修复时，应优先采用热脱附技术处理挥发和半挥发性污染物。

6.2 工艺选择

6.2.1 根据热源与污染土壤接触方式的不同，异位热脱附工艺可分为直接热脱附工艺和间接热脱附工艺。直接热脱附典型工艺流程见图 1，间接热脱附典型工艺流程见图 2。

6.2.2 热脱附工艺的选择应根据污染土壤修复目标、修复方量、修复周期、污染物类型及污染物浓度等确定。

6.2.3 有机污染土壤浓度低且修复方量较大时，宜采用直接热脱附工艺；有机污染土壤修复方量较小时，宜采用间接热脱附工艺图 2（a）；汞污染土壤宜采用间接热脱附工艺图 2（b）。

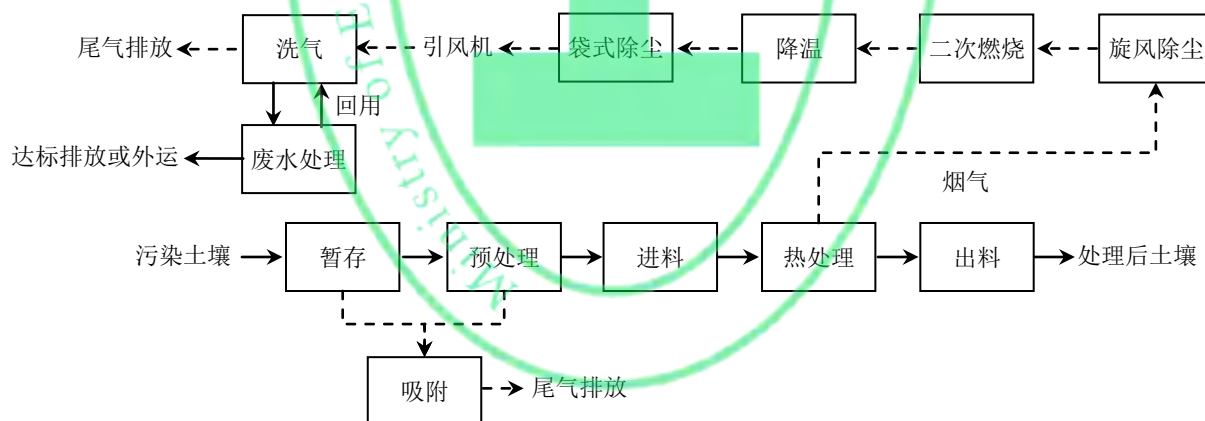


图 1 污染土壤直接热脱附修复工程典型工艺流程示意图

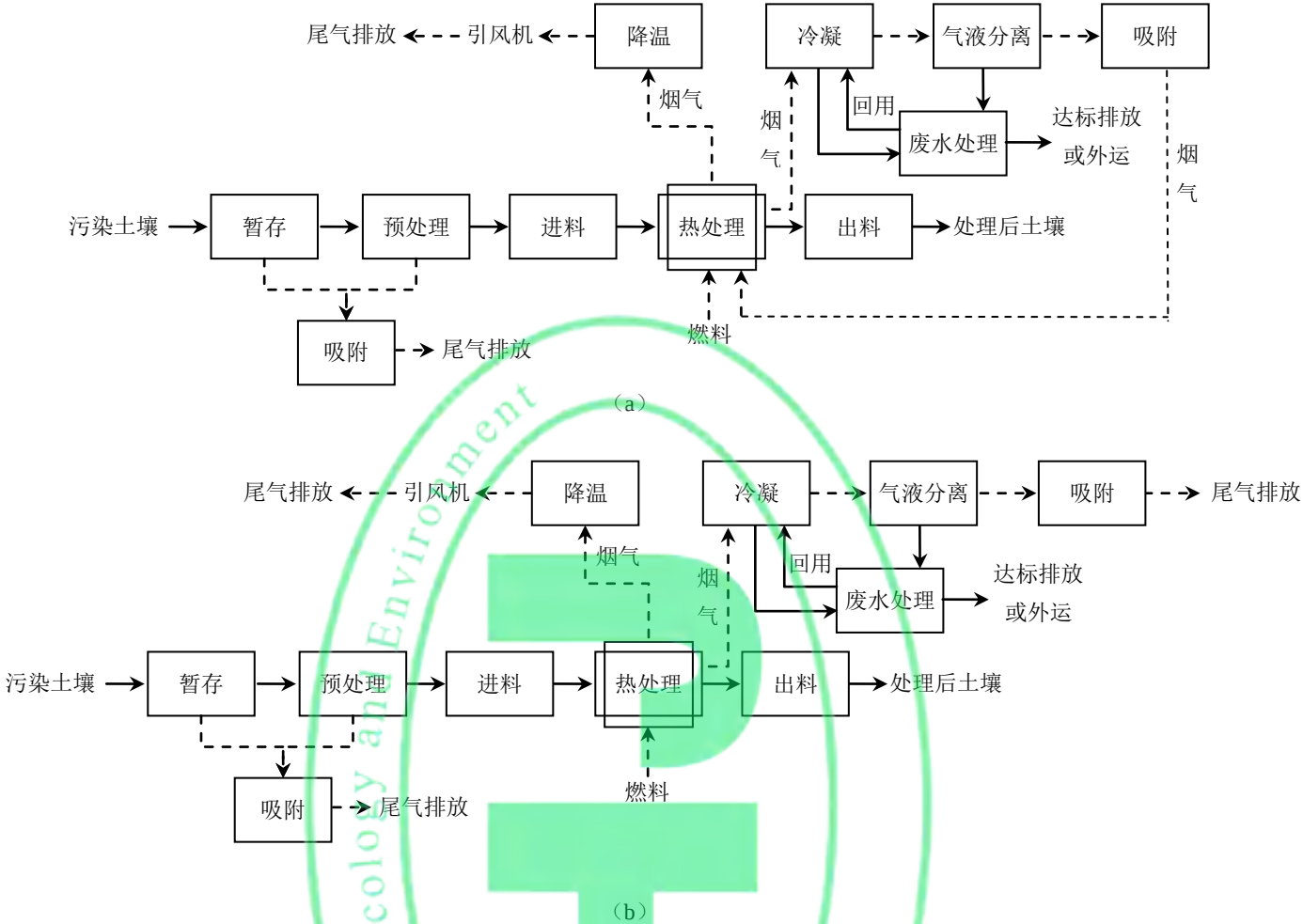


图2 污染土壤间接热脱附修复工程典型工艺流程示意图

6.3 工艺设计要求

6.3.1 暂存和预处理

6.3.1.1 异位热脱附修复工程应设置暂存和预处理车间。暂存和预处理车间应保持密闭和微负压状态，并设置机械通风，车间内排出的废气应经过滤、吸附处理或引入烟气处理设施处理，达标后方可排放。

6.3.1.2 暂存和预处理车间应根据预测总库存容量、配套设施要求及现有地块条件进行设计和建设，车间地面应作硬化或防渗处理。

6.3.1.3 暂存和预处理车间应进行功能区划分。可分为污染土壤卸车区、暂存区、预处理区、废气处理区等。

6.3.1.4 预处理区宜配置分选、脱水、破碎、筛分、混合、搅拌、输送等设备。

6.3.1.5 当污染土壤不满足热处理设备进料要求时，可采用以下措施进行预处理：

- a) 采用分选或分拣方式去除污染土壤中砖瓦、石块、木块、铁块等杂质；
- b) 高含水率污染土壤可在暂存和预处理车间内采用晾干、添加脱水剂（如生石灰）等预处理方式使土壤含水率降至进料要求；
- c) 黏性土可选择加入调理剂（如生石灰）或与低塑性指数土壤混合等方式降低黏性；
- d) 采用破碎、筛分降低大颗粒土壤的粒径。

6.3.2 进料

6.3.2.1 应根据污染土壤的特性、处理规模和设备性能的要求，选择适当的进料系统。

6.3.2.2 进料系统主要由料仓、投料装置、计量装置、传输装置组成。

6.3.2.3 进料系统应能自动进料，投料装置应可调节投料速率，保证给料均匀。

6.3.2.4 进料系统应密闭，防止污染物及粉尘污染场区周围环境。

6.3.3 热处理

6.3.3.1 直接热脱附处理设备宜选择回转窑，间接热脱附处理设备宜选择回转窑或螺旋推进式热脱附炉。

6.3.3.2 热处理设备的驱动装置应采用变频控制。转动速率宜在一定范围内实现可调，转速宜控制为1~5 r/min。

6.3.3.3 不同污染土壤的停留时间及出料温度宜参见表1。

表1 不同污染土壤的停留时间及出料温度

污染物类型	停留时间/min	出料温度/℃
挥发性有机物	10~20	100~200
半挥发性有机物	10~30	150~500
有机农药类	10~40	300~650
多氯联苯、多溴联苯和二噁英类	30~60	300~600
石油烃类	10~30	150~600
汞	20~60	200~600

6.3.3.4 热处理设备的热源负荷应符合65%~110%的要求。

6.3.3.5 采用燃料为热源的热处理设备，燃料和空气进气量应均可调节。

6.3.3.6 热处理设备的进出料口、与烟气处理连接处、检修口等的设计均应满足系统密闭性的要求。

6.3.4 出料与存放

6.3.4.1 出料口应配备抑尘设施。可采用水喷淋方式使出料土壤的含水率增至10%~25%，实现抑尘。

6.3.4.2 降温抑尘后的土壤应转运至有防雨、防渗措施的堆放区，并按出料批次存放。

6.3.4.3 应对每批次存放土壤进行检测，并依据检测结果设置“合格”或“不合格”的标识。

6.3.5 烟气处理

6.3.5.1 直接热脱附宜采用二次燃烧法处理烟气；采用间接热脱附修复污染土壤，宜采用冷凝-吸附-二次燃烧法处理烟气；汞污染土壤宜采用冷凝-吸附法处理烟气。

6.3.5.2 二次燃烧法应满足以下要求：

a) 二次燃烧法宜包括旋风除尘、二次燃烧、降温、袋式除尘、喷淋净化等工艺环节。

b) 二次燃烧室的温度应大于850℃，热脱附烟气的停留时间应大于2 s，含二噁英的烟气宜在1100℃以上停留时间大于2 s。

c) 烟气经二次燃烧处理后应进行降温，降温方式可采用换热器，回收热量。

d) 易产生二噁英的烟气应设置急冷装置，使烟气在1 s内降到200℃以下。急冷后的烟气应先喷入活性炭，再通过袋式除尘器去除二噁英等污染物。在喷入活性炭之前也可选择喷入氧化钙或氢氧化钙粉，吸收烟气中的酸性物质和过量水分。

e) 烟气可采用碱性溶液洗气脱酸，碱性溶液浓度一般为2%~10%，应由专门的配制系统提供，洗气装置可采用喷淋塔。

6.3.5.3 冷凝-吸附法应满足以下要求：

a) 冷凝-吸附法应包括冷凝、气液分离、吸附等工艺环节。

b) 冷凝可采用直接或间接换热形式，并可采用一级或多级的方式，冷凝设备可采用喷淋塔、板式换热器、列管式换热器等设备。

c) 冷凝器的冷却介质应根据污染物种类及工艺要求确定，确保气相污染物至少被冷却至其沸点以下，可根据后续处理工艺进行合理调整。冷却介质可选择水、冷却液。

d) 冷凝器后应配置气液分离设备，以降低不凝气中的液体含量。

e) 气液分离设备可采取捕雾法气液分离，可采用一级或多级的方式，可采用折流板、丝网等形式。

f) 冷凝器和气液分离设备内应配置有液体收集及输送装置，确保冷凝液及时排出。

g) 气液分离后的烟气可采用活性炭、分子筛等吸附净化，吸附工艺设计宜参照 HJ 2026 的要求进行设计。

h) 含汞烟气应冷凝至 4℃ 以下，再采用吸附法去除烟气中残余的汞。

6.3.5.4 冷凝-二次燃烧-吸附法应包括冷凝、气液分离、吸附、二次燃烧、降温等工艺环节。各工艺环节的技术要求可参见 6.3.5.2 和 6.3.5.3。

6.3.5.5 排气筒的设置应满足 GB 16297 的相关要求，排气筒应设有采样口和在线监测装置。

6.3.6 废水处理

6.3.6.1 直接热脱附的洗气废水中污染物浓度较低，可与清洗废水混合后一并处理；间接热脱附冷凝、气液分离产生的废水中污染物浓度高且成分复杂，宜首先回收有利用价值的物质，然后再进行处理。

6.3.6.2 洗气废水和清洗废水宜采用预处理+高级氧化的处理工艺；冷凝、气液分离废水宜采用预处理+高级氧化+吸附/生化的处理工艺。废水处理宜采用全封闭式结构。

6.3.6.3 预处理可采用中和、混凝、气浮等工艺，混凝和气浮的工艺设计可分别参照 HJ 2006 和 HJ 2007 的要求。

6.3.6.4 高级氧化可采用芬顿氧化法和臭氧氧化法等。芬顿氧化法工艺设计可参照 HJ 1095 的要求。

6.3.6.5 生化处理宜采用缺氧好氧活性污泥法，工艺设计可参照 HJ 576 的要求。

6.3.6.6 处理后的出水满足回用要求时宜进行回用。

6.3.7 固体废物处理处置

6.3.7.1 除尘器收集的粉尘应转运至出料堆放区，并按出料批次存放。

6.3.7.2 含二噁英烟气处理产生的旋风除尘器和袋式除尘器的粉尘与急冷设备产生的污泥，应密闭收集后重新投入进料系统或按固体废物处理处置。

6.3.7.3 废吸附剂宜进行再生，无法再生的应进行危险废物特性鉴别。

6.3.7.4 废水处理产生的污泥应脱水后进行危险废物特性鉴别，并依据其环境管理属性按国家相关规定进行管理。

6.3.7.5 预处理产生的砖瓦、石块、木块、铁块等固体废物应进行清洗，清洗后可按建筑垃圾处理处置，清洗过程产生的废水应进行收集处理。

7 主要工艺设备和材料

7.1 主要工艺设备

7.1.1 热处理设备应具备耐高温能力，并能在系统设计加热温度的条件下长期连续运行。热处理设备腔内应配置高效混合防板结装置。

7.1.2 回转窑的设计及制造宜参照 HG/T 20566 的要求。回转窑的长径比宜控制为 5:1~10:1，斜率宜控制为 1.3%~5.6%。

7.1.3 螺旋推进式热脱附炉的设计及制造应符合 JB/T 7679 的要求，壳体宜采用耐磨材质，需具备抗卡阻能力，防止被输送物料存在杂质造成卡死。

7.1.4 碱性溶液配制系统应至少包括以下主要设备：

a) 带搅拌器的配置罐；

- b) 罐体容积应能贮存满足 4 h 喷淋量的存储罐；
- c) 能实现变频调节喷淋液量的输送泵。

7.1.5 活性炭、氧化钙或氢氧化钙粉喷射装置应具有自动调节喷射量及计量功能，应至少包括以下主要设备：

- a) 存储物料的储料罐；
- b) 输送物料的气泵；
- c) 具有累计计量功能的计量装置。

7.1.6 引风机的选择应满足以下条件：

- a) 引风机流量范围调整应能满足系统风量变化要求；
- b) 引风机的工作压力应能满足最不利点所需风压的要求；
- c) 所选引风机应能经常保持在高效区内运行。

7.1.7 水泵的选型应根据其所输送介质的特性及水泵的用途来确定，并应满足下列条件：

- a) 水泵流量的调节范围应能满足指定用途中水量变化的要求；
- b) 水泵的工作压力应能满足最不利点所需水压的要求；
- c) 所选水泵应能经常保持在高效区内运行。

7.2 材料选择

7.2.1 热处理设备及高温烟道应采用耐酸性气体、耐高温腐蚀的耐火材料。

7.2.2 二次燃烧室内衬的耐火材料应能在 1250 °C 条件下长期稳定工作。

7.2.3 烟气的降温、冷凝、气液分离设备应使用耐腐蚀材料或做防腐处理。

7.2.4 碱性溶液喷淋装置的喷淋设备、管路及其他辅助配件应使用耐酸耐碱腐蚀的材料或做防腐处理。

8 检测与过程控制

8.1 一般要求

8.1.1 污染土壤热脱附修复过程应配置相关的检测设备和控制系统。

8.1.2 检测设备的配置应能准确反映处理设施的运行状况。

8.1.3 控制系统的配置应能保证设施的运行安全可靠、改善劳动条件、提高科学管理水平。

8.2 检测

8.2.1 热处理设施及烟气处理设施应设置温度、压力、烟气流量、烟气含湿量和烟气含氧量的测量仪表。

8.2.2 热工参数检测应包括以下内容：

- a) 工艺系统在各种工况下安全、经济运行的参数；
- b) 电动、气动和液动阀门的启闭状态及调节阀的开度；
- c) 仪表和控制用电源、气源、液动源及其他必要条件供给状态和运行参数；
- d) 气温、湿度、风力、风向等必需的环境参数。

8.2.3 大气污染物检测项目包括颗粒物、SO₂、NO_x、非甲烷总烃、特征污染物、恶臭等。可能产生二噁英时，应按 HJ 916 的要求开展监测。

8.2.4 应按照修复目标的要求对处理后的土壤进行采样检测，采样检测应符合 HJ 25.5 的要求。

8.3 过程控制

8.3.1 污染土壤热脱附修复设施应配置完善的自动控制系统。至少应包括热处理控制系统、烟气处理控制系统、能源供应控制系统、预警保安控制系统及工业电视监视系统。

8.3.2 应具备热脱附修复设施各工艺参数即时显示和关键参数的自动控制，主要显示及控制参数应至少包括以下内容：

- a) 热处理设备的进料量、转速、处理温度、压力和烟气含氧量；
- b) 二次燃烧室烟气的入口温度和压力；
- c) 二次燃烧室烟气的出口温度、压力、烟气含氧量及 CO 含量；
- d) 急冷装置内温度和压力；
- e) 袋式除尘器的入口温度和压力；
- f) 袋式除尘器的出口温度和压力；
- g) 冷却介质的温度、液位和流量；
- h) 吸附器的入口温度和压力。

8.3.3 热处理控制系统应设自动控制和现场手动控制两种操作方式。热处理控制系统应符合如下技术要求：

- a) 土壤进料量应能在额定量的 30%~100%之间可调；
- b) 热处理设备转速和风机转数应能在额定转数的 20%~100%之间可调；
- c) 热处理设备温度应在额定上下限温度内可调；
- d) 自动控制系统应具备主要工况参数超标时自动停止投料功能。

8.3.4 烟气处理控制系统应符合如下技术要求：

- a) 急冷喷淋水量应在额定量的 30%~100%之间可调；
- b) 喷入碱液量应在额定量的 50%~100%之间可调。

8.3.5 控制系统应能实现对热处理、烟气处理及辅助系统的远程监控及分散控制，并应设置独立于远程控制及分散控制系统的紧急停车系统。

8.3.6 自动控制设备应连接自动报警装置，可根据故障或异常情况，实现单个设备报警、单设备/部分生产线停机、整套生产线停机或紧急停机等功能。

8.3.7 对暂存、预处理、进料、热处理、出料、烟气处理的全过程，应设置现场工业电视监视系统。对进料、热处理、出料、烟气处理的重要环节，应在中央控制室设置工况参数集中显示和存储记录。

9 主要辅助工程

9.1 能源供应

9.1.1 修复工程使用的能源可为电、燃气、燃油等多种形式。鼓励使用清洁燃料作为污染土壤修复工程的能源。

9.1.2 电加热设备应符合 GB/T 10067 中的要求；燃气贮存及供给应符合 GB 50028 的要求；燃油的贮存及供给应符合 GB 50759 的要求。

9.1.3 电气系统的用电负荷应为 AC 380/220V，热脱附主体设备的负荷等级应为二级，并应设有应急电源。

9.1.4 高压配电装置、继电保护和安全自动装置、过电压保护和接地、照明设计应分别符合国家和地方标准的要求。

9.2 给排水及消防

9.2.1 生产用水应采用集中给水方式，设备冷却水应采用循环给水方式并符合 GB/T 50102 的要求，生活用水、消防用水、应急用水宜采用联合给水方式。给水设计应符合 GB 50013 和 GB 50015 的要求。

9.2.2 厂房内应设置室内消火栓给水系统，消防设计、厂房内的安全疏散及厂房内部装修设计应符合国家和地方标准的要求。

9.3 采暖通风与空气调节

9.3.1 采暖通风与空气调节设计应符合国家和地方标准的要求。

9.3.2 余热量大、有害气体散发量较多的作业场所，宜采用机械通风。

9.3.3 配电室及变电所应设置事故通风兼换气通风。

10 劳动安全与职业卫生

10.1 污染土壤修复工程的设计、施工和运行应符合国家和地方的劳动生产安全与职业卫生法规和标准。

10.2 应制定火灾、爆炸、自然灾害等意外事件的应急预案；生产作业区应配备消防器材；厂区各明显位置应配有禁烟、防火和限速等标志。

10.3 产生有害气体、易燃气体、异味和粉尘的场所应采取通风措施并设置报警装置。

10.4 工程设计应减少不必要的输送环节，降低物料转运的落差；加强设备的密闭，对不可避免产生粉尘的生产设备，应采取除尘措施；扬尘点应设置吸尘罩，保持负压；除尘净化后的气体应采取有组织排放形式。

10.5 在高温设备现场设置安全警示标志，防止操作人员烫伤灼伤。

10.6 应选用噪声小的设备。对于噪声较大的设备，应采用减震消音措施。

10.7 应对操作人员、技术人员及管理人员进行相关专业技术、安全防护、应急处理等理论知识和操作技能的培训。

10.8 岗位操作人员应配戴个人专用防护用品，防护用品应根据不同岗位合理配备。

10.9 所有从事生产作业的人员应定期体检并建立健康档案卡。应定期对职工进行职业卫生教育，加强防范意识。

11 施工与调试

11.1 施工

11.1.1 污染土壤修复工程的施工应符合国家和行业相应专项工程施工规范、施工程序及管理文件的要求。

11.1.2 施工中采用的工程技术文件、承包合同文件对施工质量验收的要求不得低于国家相关专项工程规范的规定。

11.1.3 施工应按设计文件、施工图纸和设备安装使用说明书的规定进行，工程变更应取得设计单位确认并出具设计变更文件后再进行施工。

11.1.4 设备、材料、器件等应符合国家相关标准，有产品的合格证书、产品性能检测报告。主要材料应有进场复验报告。

11.1.5 施工除遵守相关的施工技术规范以外，还应遵守国家的质量、劳动安全及卫生、消防等标准。

11.2 调试

11.2.1 调试前应先进行单机冷调试车、整体冷调联机空载运行、联机装载运行、联机热调装载运行，确定各环节运转正常、技术指标达到设计要求。

11.2.2 调试期应对工程进行不少于连续 72 h 的性能试验。性能试验应至少包括以下内容：

- a) 土壤最大处理量；
- b) 最大处理效率；
- c) 达标情况；
- d) 污染物排放；
- e) 能源和药剂消耗；
- f) 运行稳定性。

12 运行与维护

12.1 一般规定

12.1.1 热脱附技术修复污染土壤工程运行应在满足设计工况的条件下进行，并根据工艺要求，定期对设备、电气、自控仪表及建（构）筑物进行检查维护，确保系统稳定可靠运行。

12.1.2 应建立健全与污染土壤修复工程相关的各项规章制度，以及运行、维护和操作规程，建立主要设备运行状况的台账制度。

12.2 人员与运行管理

12.2.1 应对污染土壤修复工程的管理和运行人员进行定期培训，使管理和运行人员系统掌握正常运行的操作和应急情况的处理措施。

12.2.2 运行操作人员上岗前应进行以下内容的专业培训：

- a) 启动前的检查和启动要求的条件；
- b) 处置设备的正常运行，包括设备的启动和关闭；
- c) 控制、报警和指示系统的运行和检查，以及必要时的纠正操作；
- d) 最佳的运行温度、压力、污染物去除效率的控制和调节，以及保持设备良好运行的条件；
- e) 设备运行故障的发现、检查和排除；
- f) 事故或紧急状态下的操作和事故处理；
- g) 设备日常和定期维护；
- h) 设备运行及维护记录，其他事件的记录和报告。

12.2.3 应建立污染土壤修复工程运行状况、设施维护和生产活动等记录制度，主要记录内容包括：

- a) 系统启动、停止时间；
- b) 系统运行工艺控制参数记录，至少应包括热处理设备的进料量、转速、处理温度和压力以及二次燃烧室烟气出入口温度和压力、烟气含氧量等；
- c) 主要设备的运行和维修情况的记录；
- d) 烟气连续监测数据记录；
- e) 各种药剂如生石灰、活性炭、碱性液体药剂等的加药情况记录；
- f) 生产事故及处置情况的记录；
- g) 定期检测、评价及评估情况的记录等。

12.2.4 运行人员应按照规定落实交接班制度和巡检制度。

12.2.5 应对烟气排放口、厂区内及厂区周边无组织大气污染物排放进行定期检测。

12.3 热脱附设施启动

12.3.1 热脱附设施启动前，需先开启引风机 10~20 min，排空设施内存留的可燃气体。

12.3.2 热处理设备和二次燃烧室启动时宜采用控制燃料流量的方法，逐渐升温到设定温度。

12.3.3 升温过程中热处理设备应保持旋转，转速宜控制为 1~5 r/min，避免局部受热导致变形。

12.3.4 需在热脱附设施达到预定工况后再开始进料，宜采用由少到多的原则，避免系统参数出现较大波动。

12.4 热脱附设施关停

12.4.1 热脱附设施关停时需先停止进料，待土壤出料完毕后，方可关闭燃料。

12.4.2 热处理设备温度降低至 100℃后，方可停止旋转。

12.5 维护保养

12.5.1 维修人员应根据维护保养规定定期检查、更换或维修设备及其部件。

12.5.2 维修人员应做好维护保养记录。

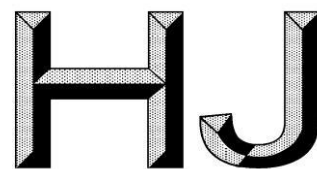
12.5.3 电力、燃气和燃油设施及其配套件应定期由具有相应资质的单位检验。

12.6 事故应急

12.6.1 制定污染土壤热脱附修复工程事故应急措施，当出现紧急事故时，应立即采取相应措施进行处理，尽可能降低事故对主体工程运行安全、人员伤亡、财产损失和环境破坏等的影响。

12.6.2 事故应急措施内容至少应包括人员伤亡应急救援措施、排放超标应急处理措施、事故停机应急处理措施、重要设备/系统故障应急处理措施、火灾事故应急处理措施、触电事故应急处理措施、突发停水/停电应急处理措施等。

12.6.3 事故处理时应做好记录、分析原因，防止同类事故重复发生。



中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 1165—2021

污染土壤修复工程技术规范 原位热脱附

Technical specifications for contaminated soil remediation

in-situ thermal desorption

本电子版为正式标准文本，由生态环境部环境标准研究所审校排版。

2021-04-30 发布

2021-04-30 实施

生态环境部 发布

目 次

前 言 ii

1 适用范围1

2 规范性引用文件.....1

3 术语和定义2

4 污染物与污染负荷.....3

5 总体要求3

6 工艺设计4

7 主要工艺设备和材料.....10

8 检测与过程控制.....11

9 主要辅助工程.....12

10 劳动安全与职业卫生.....12

11 施工与调试.....13

12 运行与维护13

附录 A（资料性附录） 不同加热方式的适用条件.....16

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国土壤污染防治法》《中华人民共和国大气污染防治法》《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》等法律法规，防治环境污染，改善生态环境质量，规范污染土壤原位热脱附修复工程建设和运行，制定本标准。

本标准规定了污染土壤原位热脱附修复工程的设计、施工、调试和运行维护的技术要求。

本标准附录 A 为资料性附录。

本标准首次发布。

本标准由生态环境部科技与财务司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：生态环境部南京环境科学研究所、江苏大地益源环境修复有限公司、北京建工环境修复股份有限公司、北京高能时代环境技术股份有限公司。

本标准生态环境部 2021 年 4 月 30 日批准。

本标准自 2021 年 4 月 30 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

污染土壤修复工程技术规范 原位热脱附

1 适用范围

本标准规定了污染土壤原位热脱附修复工程的污染物与污染负荷、总体要求、工艺设计、主要工艺设备和材料、检测与过程控制、主要辅助工程、劳动安全与职业卫生、施工与调试、运行与维护等。

本标准适用于污染土壤原位热脱附修复工程的建设与运行管理，可作为工程设计、施工、运行及维护的技术依据。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 3096	声环境质量标准
GB 3836.1	爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求
GB 3836.15	爆炸性环境 第15部分：电气装置的设计、选型和安装
GB 3838	地表水环境质量标准
GB 8978	污水综合排放标准
GB 9078	工业炉窑大气污染物排放标准
GB 12348	工业企业厂界环境噪声排放标准
GB/T 12917	油污水分离装置
GB 13271	锅炉大气污染物排放标准
GB 14554	恶臭污染物排放标准
GB/T 14848	地下水质量标准
GB 16297	大气污染物综合排放标准
GB/T 20801	压力管道规范 工业管道
GB/T 31962	污水排入城镇下水道水质标准
GB 37822	挥发性有机物无组织排放控制标准
GB 50016	建筑设计防火规范
GB 50058	爆炸危险环境电力装置设计规范
GB 50087	工业企业噪声控制设计规范
GB 50140	建筑灭火器配置设计规范
GB 50187	工业企业总平面设计规范
GB 50268	给水排水管道工程施工及验收规范
GB 50273	锅炉安装工程施工及验收规范
GB 50275	风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范
GB 50727	工业设备及管道防腐蚀工程施工质量验收规范
HJ 25.2	建设用土壤污染风险管控和修复监测技术导则
HJ 25.4	建设用土壤修复技术导则
HJ 25.5	污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则
HJ 25.6	污染地块地下水修复和风险管控技术导则
HJ/T 389	环境保护产品技术要求 工业有机废气催化净化装置

HJ 580	含油污水处理工程技术规范
HJ 1095	芬顿氧化法废水处理工程技术规范
HJ 2000	大气污染治理工程技术导则
HJ 2006	污水混凝与絮凝处理工程技术规范
HJ 2007	污水气浮处理工程技术规范
HJ 2015	水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 2027	催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范
CJJ 33	城镇燃气输配工程施工及验收规范

3 术语和定义

下列术语适用于本标准。

3.1

原位热脱附 in-situ thermal desorption

向地下输入热能，加热土壤、地下水，改变目标污染物的饱和蒸气压及溶解度，促进污染物挥发或溶解，并通过土壤气相抽提或多相抽提实现对目标污染物去除的处理过程，包括热传导加热、电阻加热及蒸汽强化抽提等。

3.2

热传导加热 thermal conductive heating

热量通过传导的方式由热源传递到污染区域从而加热土壤和地下水的处理过程。可以通过电能直接加热的方式对加热井进行加热，也可以通过燃气等能源产生的高温热烟气等介质对加热井进行加热。

3.3

电阻加热 electrical resistance heating

将电流通过污染区域，通过电流的热效应加热土壤和地下水的处理过程。也称为电流加热。

3.4

蒸汽强化抽提 steam enhanced extraction

通过将高温水蒸气注入污染区域，加热土壤、地下水，从而强化目标污染物抽提效果的处理过程。

3.5

爆炸极限 explosive limit

又称爆炸浓度极限。可燃气体或蒸汽与空气混合后能产生爆炸的浓度范围。

3.6

爆炸极限下限 lower explosive limit

爆炸极限的最低浓度值。

3.7

土壤气相抽提 soil vapor extraction

通过专门的地下抽提（井）系统，利用真空或注入空气产生的压力迫使非饱和区土壤中的气体发生流动，从而将其中的挥发性有机污染物和半挥发性有机污染物脱除，达到清洁土壤的目的。

3.8

多相抽提 multiple phase extraction

通过真空提取手段，抽取地下污染区域的土壤气体、地下水和油层到地面进行相分离及处理，以控制土壤和地下水有机污染的技术。

4 污染物与污染负荷

4.1 原位热脱附技术可用于污染土壤和地下水中苯系物、石油烃、卤代烃、多氯联苯、二噁英等挥发性有机污染物和半挥发性有机污染物的治理。

4.2 原位热脱附工程实施前，应按照国家相关标准规范对目标污染地块进行全面深入的调查。根据工程设计需要，收集相关资料，主要包括：

- a) 地块污染特征，包括污染物及浓度分布、污染深度、范围等，重点关注易挥发、恶臭类污染物；
- b) 地块地质和水文地质条件，包括：地层结构、土壤渗透性、导热导电特性、地下水位、流向等；
- c) 区域气象气候条件，包括气温、降水量、主导风向等；
- d) 地下构筑物或埋藏物分布；
- e) 地块用途（现状及规划）；
- f) 周边敏感点及分布，包括居民点、地表水源地及地下水源地等；
- g) 能源供应条件，包括燃气、电力、蒸汽供应等。

4.3 热传导加热技术的加热温度通常在水的沸点以上。当地下水流速较大（大于 10^{-4} m/s），影响到修复区域加热时，应考虑地下水阻隔。具体技术适用性要求参见附录 A。

4.4 电阻加热技术的加热温度通常在水的沸点以下。为保证加热区域良好的导电条件，土壤的含水率宜保持在 20% 以上。具体技术适用性要求参见附录 A。

4.5 蒸汽强化抽提技术的加热温度通常不超过 170°C 。为保证蒸汽传输和加热效果，土壤的渗透系数宜在 10^{-4} cm/s 以上。具体技术适用性要求参见附录 A。

4.6 修复过程中的二次污染主要包括：

- a) 废气：包括原位热脱附的抽提蒸汽、燃料燃烧产生的废气及无组织排放的废气等。废气污染物主要包括原位热脱附修复涉及的目标污染物、颗粒物、非甲烷总烃等。
- b) 废水：包括蒸汽冷凝水、抽出的污染地下水、建井施工过程产生的废水、井点降水、清洗废水等。废水的污染物主要包括原位热脱附修复涉及的目标污染物及中间产物等。
- c) 固体废物：包括生活垃圾、包装材料、安装废料、建井施工过程的泥浆，以及废水处理产生的污泥及冷凝废油/废液、废活性炭等。

5 总体要求

5.1 一般规定

5.1.1 原位热脱附修复工程需遵循绿色修复的理念，避免能源和资源浪费。

5.1.2 原位热脱附修复工程应符合环境影响评价文件及审批意见的要求，其防治污染设施应与主体工程同时设计、同时施工、同时运行。

5.1.3 原位热脱附处理后的土壤和地下水中目标污染物含量需满足修复目标值的要求。

5.1.4 原位热脱附修复工程应因地制宜、科学合理，具备针对性和有效性。修复工艺设计应本着成熟可靠、技术先进、经济适用的原则，并考虑节能、安全、操作简便。修复工程应与修复工艺水平相适应。

5.1.5 应对原位热脱附修复工程施工和运行过程中所产生的废气、废水、固体废物及其他污染物进行治理，并达到 GB 9078、GB 13271、GB 14554、GB 16297、GB 37822、GB 8978、GB 12348 等国家、地方和相关行业排放标准要求。

5.2 工程构成

5.2.1 原位热脱附修复工程由主体工程、辅助工程和配套设施组成。

5.2.2 主体工程包括：加热单元、抽提单元、废水废气处理单元、监测单元及控制单元等。加热单元主要为地下加热井；抽提单元包括地下抽提和地面抽提单元；废水废气处理单元包括冷凝、气液分离、废水处理和废气处理等单元；监测单元包括温度、压力等运行参数的监测；控制单元包括温度、压力、流量、液位等运行参数的控制。

5.2.3 辅助工程包括：供能单元、阻隔、给排水和消防等。

5.2.4 配套设施包括：办公室、值班室、厂区围挡、道路等。

5.3 总图布置

5.3.1 场址选择与总图布置应参照 GB 50187 的规定执行。

5.3.2 宜结合工艺特点和地块现状对办公区、加热区、设备控制区、能源供应区、材料加工区、废水废气处理区和危废暂存区等进行分区布置。

5.3.3 施工平面布置应遵从降低环境影响、方便施工及运行维护等原则，并按照消防要求留出消防通道和安全保护距离。

5.3.4 应综合考虑周边主要敏感点的分布，废气、废水处理设备宜布置在主要敏感点区域主导下风向处或远离主要敏感点区域，以减少有害气体等对人群或环境的影响。

5.3.5 修复区域周边需设置围护和警示标志，禁止无关人员进入。

6 工艺设计

6.1 一般规定

6.1.1 原位热脱附修复工程针对污染土壤和地下水进行治理，总体设计应满足 HJ 25.4、HJ 25.5、HJ 25.6 的规定。

6.1.2 工程设计前，应对地下构筑物或埋藏物进行彻底排查，排除安全隐患。

6.1.3 应根据地块污染特征、地质及水文地质条件、修复目标、修复周期、周边环境敏感点、能源供给条件等，并结合调研、小试、中试结果，确定原位热脱附系统的设计方案。

6.1.4 工艺设计方案主要包括加热单元、抽提单元、监测单元、控制单元、阻隔单元、废水废气处理单元等设计。其中加热单元设计包括加热模式、能源供应、加热/抽提井的布设、地下加热单元的构造及安装。

6.1.5 应开展原位热脱附中试试验确定加热/抽提井布设方案、系统运行参数等。

6.2 工艺流程

6.2.1 根据加热方式的不同，原位热脱附可采用热传导加热、电阻加热以及蒸汽强化抽提等单一或几种技术联用。

6.2.2 原位热脱附的工艺流程为：在污染区域范围内设置加热井或电极井，对目标污染区域的土壤及地下水进行加热，促进污染物挥发或溶解，利用真空抽提井对气相/液相的污染物进行抽提，通过冷凝分离，再对提取出的气体和液体分别进行无害化处理，最后达标排放。具体工艺流程见图 1。

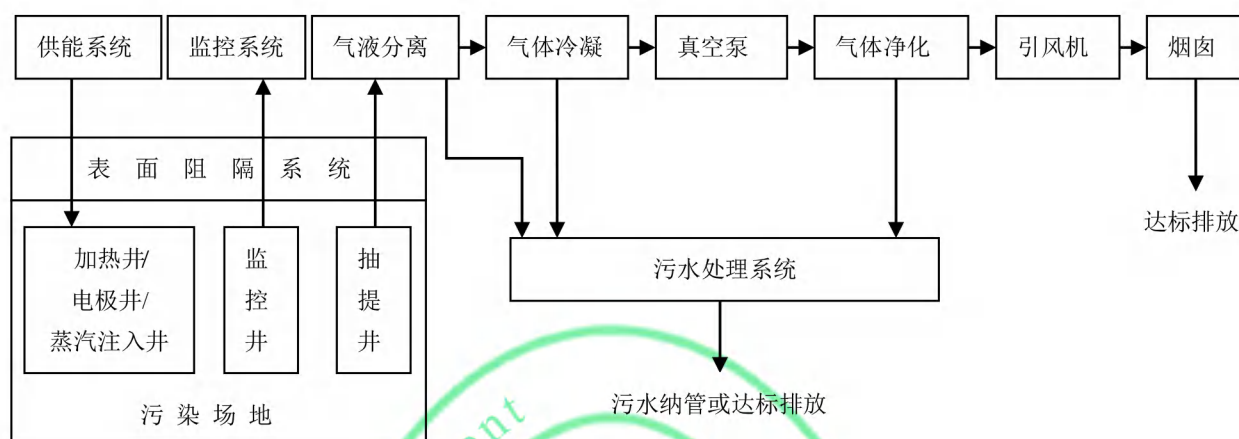


图 1 原位热脱附技术工艺流程图

6.3 工艺设计要求

6.3.1 加热模式

6.3.1.1 应根据地块污染特征、修复时间和修复成本要求，确定原位热脱附修复工程的加热模式，具体包括：加热方式；加热目标温度；升温、控温、降温等不同工艺阶段的温度控制等。

6.3.1.2 原位热脱附修复工程加热模式的选取同时受地块地质和水文地质条件、能源匹配条件等因素的影响。

6.3.2 供热能源

6.3.2.1 供热能源的选择根据现场及周边能源供应条件确定。选用的能源需满足国家及地方相关规定，能源需求量应通过能量平衡计算确定。

6.3.2.2 电加热可选用工频交流电。

6.3.2.3 燃气燃油加热通常可选用管道天然气、压缩天然气、液化天然气、液化石油气、丙烷、柴油等。

6.3.2.4 蒸汽强化抽提采用高温蒸汽。地块周边存在满足项目要求的蒸汽源时宜优先选用。现场自行生产一般采用蒸汽锅炉，参照 GB 50273 等标准的要求，锅炉污染物排放应满足 GB 13271 要求。

6.3.3 加热井/抽提井/监测井的布设

6.3.3.1 应根据地块污染特征、地质及水文地质条件、修复目标、修复周期等确定加热井与抽提井的数量及位置。

6.3.3.2 热传导的加热井间距一般为 2~6 m，电阻加热的电极井间距一般为 4~6 m，蒸汽注入井间距一般为 6~15 m。具体的井间距需根据地块实际进行调整。加热井的最大深度以污染最深的介质深度为准，一般为最深深度向下延伸 1~3 m。

6.3.3.3 应根据地块污染特征布置加热井，一般采用正六边形或正三角形布局。

6.3.3.4 抽提井可与加热井设置在同一点位或靠近加热井的位置设置，也可设置在以加热井为顶点构成的正六边形或正三角形的中心位置。

6.3.3.5 加热井和抽提井的数量比例宜在 4:1~1:1 之间。加热井和抽提井的布设示例见图 2、图 3。

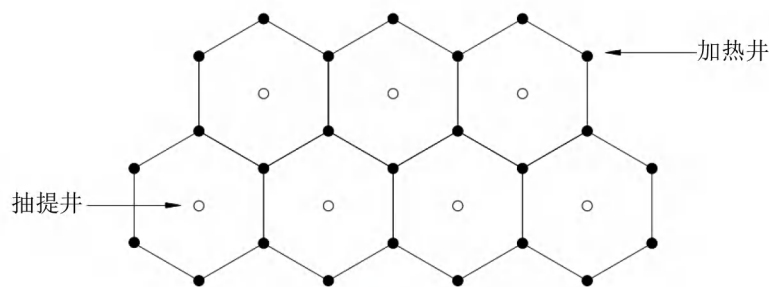


图2 正六边形加热井/抽提井布设示例

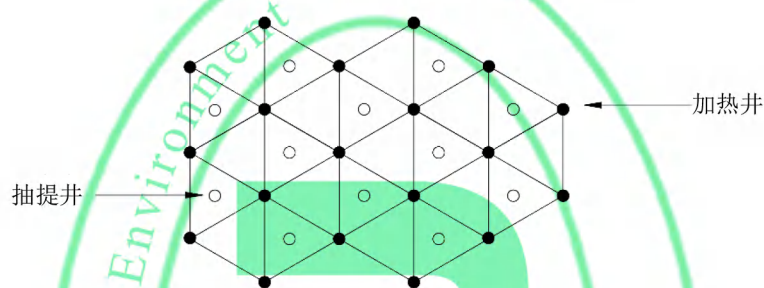


图3 正三角形加热井/抽提井布设示例

6.3.3.6 有效加热及抽提范围应在水平及垂直方向上完全覆盖目标修复区块边界，并适度扩展，以确保达到修复效果。

6.3.3.7 地下温度监测点可安装在加热井内，也可安装在加热井之间。宜在加热井的远点、冷点位置设置温度监测点。纵向上监测点的设置间隔应保证每个点位上有3~10个监测点，数量应能满足修复地块的地下土层性质和类型的要求。

6.3.3.8 地下压力监测点可安装在加热井、抽提井的井口或井管内，也可安装在加热井和抽提井之间。宜在加热区域内高温高压点及低温低压点等位置设置压力监测点。

6.3.3.9 地下温度、压力监测点的安装位置及设置数量由监控目的、地块特征确定。

6.3.4 地下加热单元的构造和安装

6.3.4.1 热传导加热的加热单元为加热井，由加热元件、密封套管、控制元件等组成。

6.3.4.2 燃气热传导加热的加热元件为燃烧器，由送气模块、点火模块、监测模块和电控模块等组成，结构示意图见图4。

6.3.4.3 电热传导加热的加热井由底部密封的金属套管及内置电加热元件共同组成，结构示意图见图5。

6.3.4.4 电阻加热的加热单元为电极井，由电极、电缆、填料和补水单元等组成，结构示意图见图6。

6.3.4.5 蒸汽强化抽提的加热单元为蒸汽注入井，为底部密封、开筛的不锈钢井管，结构示意图见图7。

6.3.4.6 加热井、电极井和蒸汽注入井的直径、厚度以及材料根据安装方法、深度、工作温度和地块污染特征确定。

6.3.4.7 加热井、电极井和蒸汽注入井可采用先成孔再置入的方式或直推置入的方式进行安装。钻进方式可采用螺旋钻进、冲击钻进、清水/泥浆回转钻进、直接贯入钻进成孔等。

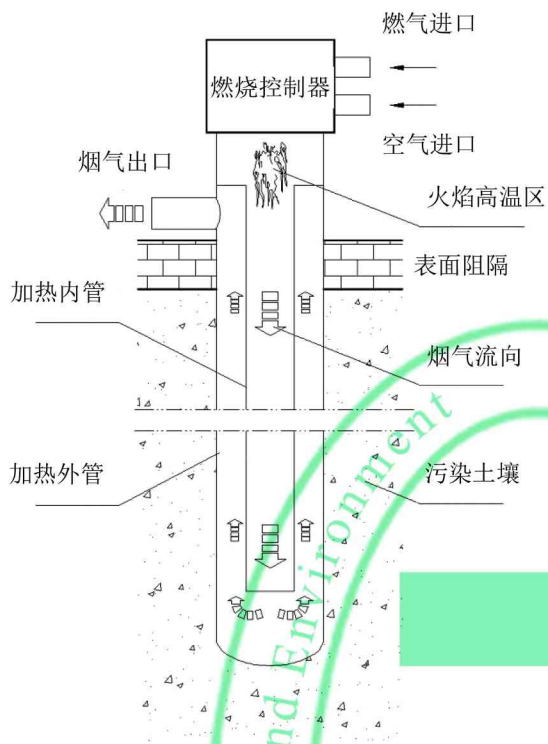


图4 燃气热传导加热井构造示意图

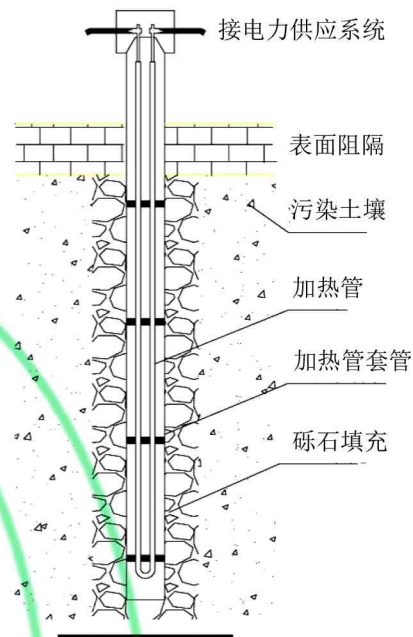


图5 电热传导加热井构造示意图

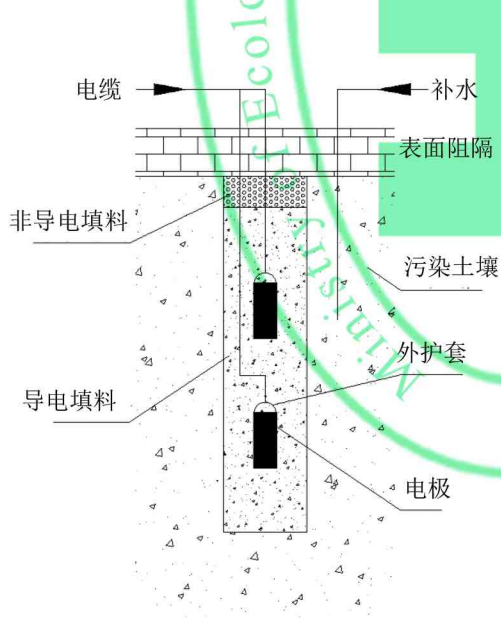


图6 电极井构造示意图

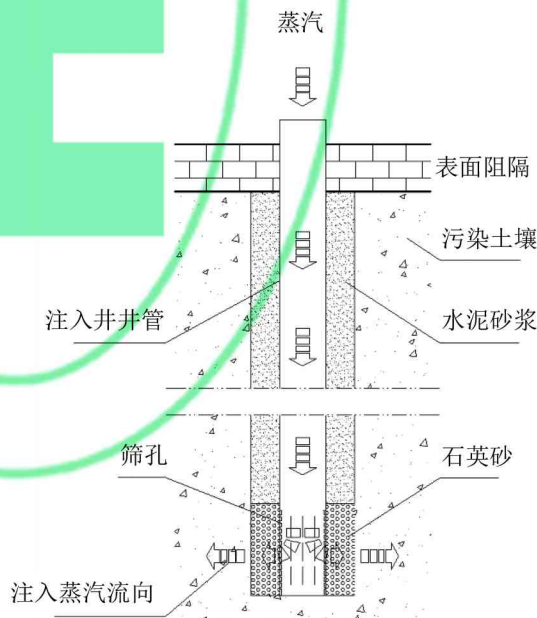


图7 蒸汽注入井构造示意图

6.3.5 抽提单元的构造和安装

6.3.5.1 抽提单元包括抽提井、管路、动力设备、仪器仪表等。抽提井包括垂直抽提井和水平抽提井。

6.3.5.2 垂直抽提井由井口保护装置、井管、滤网构成，结构示意图见图8。应根据污染深度设置井管筛孔的位置。井管可外包金属滤网，再填充滤料。对于包气带，抽提管以气相抽提为主；对于饱和带地

下水，抽提管以多相抽提为主。

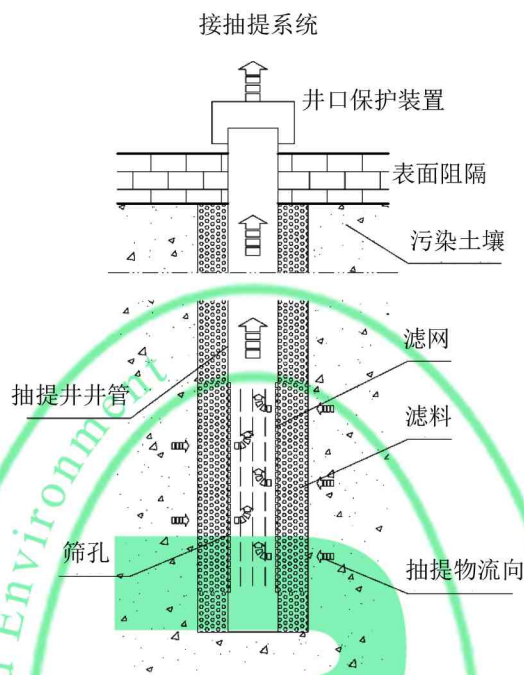


图 8 垂直抽提井结构示意图

6.3.5.3 水平抽提井由井口保护装置、井管、滤网构成，结构示意图见图 9。水平抽提井设置在包气带，通常在地表以下 0.5 m 以内。

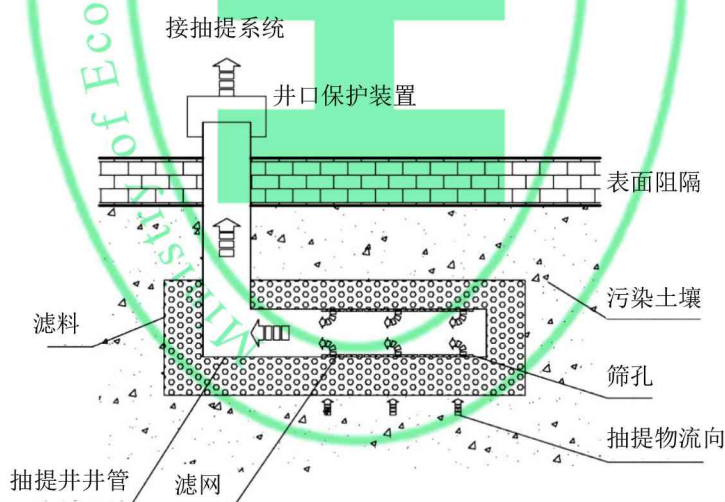


图 9 水平抽提井结构示意图

6.3.5.4 垂直抽提井的钻进方式可采用螺旋钻进、冲击钻进、清水/泥浆回转钻进、直接贯入钻进成孔等方法。水平抽提井的成井可采用人工开挖、机械开挖、水平定向等钻进方式。

6.3.5.5 抽提井井管采用耐高温、耐腐蚀的无污染材质（如碳钢镀锌或 304 不锈钢），井管之间连接可采用丝扣或焊接方式，不得使用造成二次污染的胶粘剂。井管可外包金属滤网，再填充滤料（如粗砂或石英砂）。井口地面应采取防渗措施。

6.3.5.6 应根据污染物的性质、修复面积及深度、土壤渗透性等，确定抽提所需的真空度及抽气速率

并选取合适的真空设备。蒸汽强化抽提系统中抽提速率一般应为注入速率的 1~3 倍，抽提真空负压系统应根据蒸汽注入速率来确定，一般为 20~60 kPa (0.2~0.6 atm)。

6.3.5.7 抽提泵及管道等的设计安装需满足 GB/T 20801。

6.3.5.8 抽提单元应采取保温措施，或提高流速、设置刮板、扰流片等，以防止污染物在管路中大量冷凝对抽提系统造成影响。

6.3.5.9 抽提单元应保证污染气体不外泄至大气环境造成二次污染，应采取的措施包括但不限于：

- a) 井口地面采取阻隔防渗措施；
- b) 进行负压设计以保障抽提单元运行过程中处于负压状态；
- c) 保证抽提单元的动力设备稳定运行；
- d) 抽提管道全密封。

6.3.6 地下水控制

6.3.6.1 当地下水入渗影响修复区域加热温度、修复效果时，应对修复区域进行地下水控制。

6.3.6.2 地下水控制可采用阻隔、降水等方法。

6.3.6.3 阻隔控制可在修复地块边界外布设止水帷幕等阻隔设施。降水方式可采用井点降水或井管降水等。两种方法可结合使用。抽出的污染地下水输送至污水处理站进行处理。

6.3.7 表面阻隔

6.3.7.1 水平表面阻隔层面积上应大于抽提处理区域，阻隔材料应具有良好的隔热及防渗性能。地表温度应不高于 60℃。一般从下至上依次为防渗层和混凝土层。混凝土层的厚度一般在 10~60 cm。

6.3.7.2 采用电阻加热时，应在防渗层和混凝土层之间设置等电位层。

6.3.8 废气处理单元

6.3.8.1 原位热脱附工程的废气处理单元主要对热脱附抽提蒸汽、废水吹脱处理等环节产生的有组织工艺废气进行处理。

6.3.8.2 废气处理工程设计及施工应符合 HJ 2000、HJ/T 389 等标准的相关规定。废气排放应符合 GB 37822、GB 16297、GB 9078、GB 14554 及相关行业和地方标准要求。

6.3.8.3 废气处理单元的处理能力需同时满足预期的最大废气产生量、最高污染物负荷和尾气排放限值要求。

6.3.8.4 通过抽提系统收集到地面的废气经过气体冷凝、气液分离等处理后，产生的尾气、冷凝水、非水相液体分别进行处置。

6.3.8.5 尾气处理可采用吸附法、燃烧法等。吸附法参照 HJ 2026。催化燃烧法参照 HJ 2027。

6.3.8.6 废气处理单元产生的非水相液体有回收利用价值时宜进行回收，或按照固体废物鉴别相关要求要求进行鉴别后处理。

6.3.8.7 废水集输、储存、处理设施敞开液面挥发性有机物逸散排放控制应符合 GB 37822 的规定。

6.3.9 废水处理单元

6.3.9.1 原位热脱附工程废水处理单元主要对抽出的污染地下水和抽提废水等进行集中处理。

6.3.9.2 废水处理设计施工按照 HJ 2015、GB 50268 等标准规范的规定执行。废水排放应符合 GB 8978、GB 3838、GB/T 14848、GB/T 31962 及相关行业和地方标准要求。

6.3.9.3 废水处理的技术工艺通常包括：油水分离、混凝、吹脱、高级氧化、活性炭吸附等。油水分离技术参照 GB/T 12917、HJ 580。混凝法参照 HJ 2006。吹脱法参照 HJ 2007。高级氧化法参照 HJ 1095。

6.3.9.4 废水处理单元产生的非水相液体有回收利用价值时宜进行回收，否则应按照固体废物鉴别相关要求要求进行鉴别后处理。废水处理产生的污泥应按照固体废物鉴别相关要求要求进行鉴别后处理。

6.4 固体废物处理处置

6.4.1 施工和运行过程中所产生的污染土壤等固体废物的处理应符合国家、地方和相关行业规定。

6.4.2 施工和运行过程中所收集的废弃活性炭等危险废物的处理应符合国家、地方和相关行业危险废物处理与处置的规定。

6.5 噪声控制

6.5.1 噪声控制应符合 GB 12348 和 GB/T 50087 的规定。

6.5.2 钻探、机房和处理设备的设计、安装、建设、运行应采取有效的隔声、消声等降低噪声的措施。噪声和振动控制的设计应符合 GB/T 50087 的规定；机房内、外的噪声应分别符合 GB 3096 的规定；厂界环境噪声排放应符合 GB 12348 的规定。

7 主要工艺设备和材料

7.1 一般要求

7.1.1 主要工艺设备的性能应满足本标准 6.3 的要求。

7.1.2 当治理具有腐蚀性污染物时，管道、风机、阀门等应满足相关防腐要求。

7.1.3 爆炸性气体环境使用的加热设备，使用单位根据危险场所分类正确选择防爆电气设备的防爆型式，应符合 GB 3836.1 及 GB 3836.15 的规定。

7.2 热传导加热技术主要工艺设备和材料

7.2.1 燃气热传导加热技术的主要工艺设备有燃烧器、助燃风机、抽提泵、气液分离器、温度、压力监测仪等。主要功能与性能应满足以下要求：

- a) 燃烧器应具有调节燃气量及熄火保护功能。
- b) 助燃风机的选择应满足以下条件：
 - 1) 助燃风机流量范围应能满足系统风量变化要求；
 - 2) 助燃风机的工作压力应能满足最不利点所需风压的要求；
 - 3) 所选助燃风机应能稳定保持在高效区内运行。
- c) 抽提泵的选型应根据其所输送介质的特性及抽提泵的用途来确定，并应满足下列条件：
 - 1) 抽提泵的工作压力应能满足最不利点所需真空度的要求；
 - 2) 所选抽提泵应能稳定保持在高效区内运行。
- d) 温度、压力监测设备需满足量程要求。

7.2.2 电热传导加热技术的主要工艺设备有配电柜、抽提泵、气液分离器、温度、压力监测仪等。主要材料有电加热棒、电缆、加热井填料、管材等。主要功能与性能应满足以下要求：

- a) 电加热棒需耐高温、耐腐蚀，宜选择不锈钢、耐腐蚀合金作为加热棒的材质；
- b) 配电柜等温控系统需具有恒温控制功能；
- c) 抽提泵、温度、压力监测设备的选型要求同 7.2.1。

7.2.3 地块存在腐蚀性污染物时，应选择不锈钢、耐腐蚀合金等作为加热井套管的材质。

7.3 电阻加热技术主要工艺设备和材料

7.3.1 电阻加热技术的主要工艺设备有配电柜、可调式控制电源、抽提泵、气液分离器、温度监测设备等。主要材料有电极、电缆、电极井填料、管材等。

7.3.2 电极宜采用具有良好导电性、耐腐蚀的金属/非金属材料。在电极和井壁之间宜设置导电填料增强电极井的导电性，可选用石墨和不锈钢球等。

7.3.3 根据水文地质条件设置补水单元，可考虑回用水作为补充水源。

7.3.4 抽提泵、测温、测压设备的选型要求同 7.2.1。

7.4 蒸汽强化抽提技术主要工艺设备和材料

7.4.1 蒸汽强化抽提技术主要工艺设备包括蒸汽锅炉、蒸汽输送管道、蒸汽注入井、抽提泵、气液分离器、温度、压力监测仪等。

7.4.2 为防止蒸汽冷凝水堵塞管路，需在埋地最低点处设置疏水阀，自动排出凝结水、空气及其他不凝结气体，并阻止水蒸气泄漏。

7.4.3 换热器的主要作用是将抽提井抽出的气、液进行冷却，经过冷却设备后的气液温度应不高于 35℃。

7.4.4 锅炉给水泵应能自动进行给水、停泵，水位过高、过低时均能自动报警，锅炉自动停止运行。

7.4.5 抽提泵、温度、压力监测设备的选型要求同 7.2.1。

8 检测与过程控制

8.1 检测

8.1.1 原位热脱附应对以下系统参数或指标进行监控：

- a) 加热区地下温度、压力。
- b) 地上废气、废水抽提总管及部分抽提井口温度、压力、目标污染物浓度。
- c) 废水废气排放口污染物浓度。
- d) 燃气热传导的监控指标还应包括：
 - 1) 燃气/燃油流量。燃气/燃油流量应能满足该地块的能耗和加热目标需求；
 - 2) 管道压力。燃烧器进口处的管道压力至少大于 3.4 kPa；
 - 3) 燃烧器出气温度和一氧化碳含量。对两项指标进行实时在线监测，确保燃烧充分。
- e) 电加热热传导技术监控的指标还应包括加热棒温度、加热电流等。
- f) 电阻加热技术监控的指标还应包括加热电流、地层电阻率、加热区地表电压等。
- g) 蒸汽强化抽提技术监控的指标还应包括入口处的蒸汽温度、蒸汽压力、蒸汽流量等。

8.1.2 地下温度应连续监测。可通过热电偶、光纤分布式温度传感器以及电阻层析成像技术等方式获取。应对温度数据进行分析，适时对加热工况进行调整，确保加热效果符合设计要求。

8.1.3 在原位热脱附修复工程实施过程中，应对排放的废气进行日常监测。废气采用活性炭吸附等工艺处理时，可在废气排放口采用火焰离子检测器（FID）或光离子检测器（PID）进行检测，监测频次不低于每日 2 次。

8.1.4 应定期对尾气排放口开展有组织大气污染排放监测，对加热区内及周边、厂区边界开展无组织大气污染排放监测。监测指标包括目标污染物、颗粒物、非甲烷总烃等。监测频次不低于每月 1 次。

8.1.5 根据原位热脱附现场运行状况，可对修复区域及周边的土壤、地下水进行取样监测。采样、制样及送检过程中应采取措施防止污染物在高温作用下逸散，并防止人员烫伤。取样后应对表面的阻隔层进行恢复。监测指标包括目标污染物及可能产生的中间产物。取样检测应参考 HJ 25.2。

8.1.6 对修复区域的土壤进行热采样时，宜采用钻孔方式进行，可根据土层特征和钻探作业条件选择合适的钻探设备。钻探过程宜使用耐高温的钢制套管。取土管应立即置于预先准备好的冰浴槽中急冷降温，再进行取样和分样。

8.1.7 地下水进行热采样时，受热部分采样管应与置于冰浴槽内的不锈钢换热盘管连接，不锈钢换热盘管出口与出水管连接，从出水管出口直接采集水样。不锈钢换热盘管长度以出水温度不超过环境温度为宜。

8.2 过程控制

8.2.1 监测系统应实时监测地下土壤和地下水的温度并传输到控制系统。

8.2.2 控制系统对各系统参数如温度、压力、流量、液位等进行监测和数据处理，同时对生产设备工作状态进行画面监测和控制。

8.2.3 控制系统应配有安全联动装置，在发生突发情况时，可以关闭加热系统。

8.2.4 控制系统可采用中控室集中控制系统或分站就地控制系统。

9 主要辅助工程

9.1 电气系统设计应满足 GB 50058 的要求。

9.2 给水、排水设计应符合相关给水排水设计规范的有关规定。

9.3 防火间距、安全疏散的设计应符合 GB 50016 的规定。

9.4 应按照 GB 50140 的规定配置移动式灭火器。

10 劳动安全与职业卫生

10.1 污染土壤修复工程的设计、施工和运行应符合国家和地方的劳动生产安全与职业卫生法规和标准。

10.2 应制定火灾、爆炸、自然灾害等意外事件的应急预案；生产作业区应配备消防器材；厂区各明显位置应配有禁烟、防火和限速等标志。

10.3 产生有害气体、易燃气体和异味的场所应采取通风措施并设置报警装置。

10.4 电力控制装置应将电网电压调节至合适的电压等级再输送给加热电极。井场内的导电部件应连接并做等电位处理。变压器、配电盘、工艺设备及其它导电系统部件应按照相关要求连接并接地。

10.5 采用电阻加热的修复区域，跨步电压应小于 15V。可利用电流、电压三极法测量接地电阻的试验线路和电源来进行跨步电压的测试。

10.6 在修复系统设计阶段，应考虑不利运行工况下，易爆气体在系统中的局部积累，充分设置抽提系统的负荷余量，使加热区及系统内部的污染物蒸气浓度低于爆炸极限下限，并设置相应的爆炸监测预警及应急装置。

10.7 蒸汽注入井的蒸汽输送管道、输送泵的设计安装需满足 GB/T 20801。

10.8 工程的受压容器应按压力管道设计的有关规定进行设计和检验，高温设备和管道应设置保温绝热层。地面管道、装置外表面温度宜不高于 60℃，同时在现场高温区域设置警示标志。项目现场应设置明显标志，严禁明火。

10.9 应选用噪声小的设备。对于噪声较大的设备，应采用减震消音措施。

10.10 应对操作人员、技术人员及管理人员进行相关专业技术、安全防护、应急处理等理论知识和操作技能的培训。

10.11 岗位操作人员应配戴个人专用防护用品，防护用品应根据不同岗位合理配备。

10.12 所有从事生产作业的人员应定期体检并建立健康档案卡。应定期对职工进行职业卫生教育，加强防范意识。

11 施工与调试

11.1 施工

11.1.1 原位热脱附修复工程的施工应符合国家和行业相应专项工程施工规范、施工程序及管理文件的要求。

11.1.2 施工中采用的工程技术文件、承包合同文件对施工质量验收的要求不得低于国家相关专项工程规范的规定。

11.1.3 施工应按设计文件、施工图纸和设备安装使用说明书的规定进行，工程变更应取得设计单位确认并出具设计变更文件后再进行施工。

11.1.4 设备、材料、器件等应符合国家相关标准，需具备产品的合格证书、产品性能检测报告。主要材料应有进场复验报告。

11.1.5 施工除遵守相关的施工技术规范以外，还应遵守国家的质量、劳动安全及卫生、环境保护、消防等强制性标准。

11.1.6 需要采用防腐蚀材质的设备、设施和管件等的施工和验收应符合 GB 50727 的规定。

11.1.7 燃气管道的验收应符合 CJJ 33 的相关规定。风机、压缩机、泵安装工程施工及验收应符合 GB 50275 的相关规定。

11.1.8 在钻探建井过程中，应选择适宜的施工方式防止地下污染物的扩散和迁移。

11.2 调试

11.2.1 工程安装、施工完成后应首先对相关仪器仪表进行校验，后根据工艺流程进行分项调试和整体调试。

11.2.2 整体调试要求：各项系统运转正常，技术指标达到设计要求。

11.2.3 调试期间应对工程运行进行性能试验，主要包括以下内容：

- a) 污染区域加热效果；
- b) 抽提系统最大抽提量；
- c) 废水系统处理效率；
- d) 废气系统处理效率；
- e) 能源和药剂消耗；
- f) 运行稳定性。

12 运行与维护

12.1 一般规定

12.1.1 原位热脱附修复工程的运行、维护和安全管理的除执行本标准外，还应符合国家现行有关标准的要求。

12.1.2 应在满足设计工况的条件下运行，并根据工艺要求，定期对设备、电气、仪器仪表及建（构）筑物进行检查维护，确保系统稳定可靠运行。

12.1.3 应建立健全与原位热脱附修复工程相关的各项规章制度，以及运行、维护和操作规程，建立主要设备运行状况的台账制度。

12.2 系统启动

12.2.1 原位热脱附修复工程运行应在系统通过整体调试、各环节运转正常、技术指标达到设计和合同要求后启动。

12.2.2 原位热脱附系统的启动顺序为废气处理单元—抽提单元—废水处理单元—供能单元—加热单元。

12.3 人员与运行管理

12.3.1 整个系统应设专人管理和运行，应对管理和运行人员进行定期培训，确保管理和运行人员熟练掌握正常运行的操作和应急情况的处理措施。

12.3.2 运行操作人员上岗前应进行的专业培训包括但不限于以下内容：

- a) 必要的工艺技术知识、安全知识；
- b) 启动前的检查和启动要求条件；
- c) 设备的正常运行维护，包括设备的启动和关闭；
- d) 控制、报警和指示系统的运行和检查，以及必要时的纠正操作；
- e) 最佳运行条件参数的调节；
- f) 设备运行故障的发现、检查和排除；
- g) 事故或紧急状态下人工操作和事故处理；
- h) 设备日常和定期维护；
- i) 设备运行及维护记录，以及其他事件的记录和报告；
- j) 常用有毒有害化学品运输、使用知识及防毒、防腐蚀、防火等安全知识和技能培训。

12.3.3 应建立修复系统运行状况、设施维护等的记录制度，主要记录包括但不限于以下内容：

- a) 系统的启动、停止时间；
- b) 材料进场质量分析数据、数量、时间；
- c) 系统运行工艺控制参数；
- d) 主要设备维修情况；
- e) 运行事故及处理、整改情况；
- f) 定期检验、评价及评估情况；
- g) 废水、废气排放处置情况。

12.4 维护

12.4.1 应制定修复工程设备的定期维护计划。

12.4.2 维护人员应根据技术要求与规范对工程设备开展定期检查、维护和更换必要的部件和材料。重点维护对象包括加热组件、水平阻隔层、转动设备等。

12.4.3 维护人员应做好相关维护保养记录。

12.5 事故应急处理措施

12.5.1 制定原位热脱附修复工程事故应急预案，当出现紧急事故时，应立即采取相应措施进行处理，尽可能地降低事故影响，包括对主体工程运行安全、人员伤亡、财产损失和环境污染和破坏等。

12.5.2 原位热脱附修复工程事故应急措施内容至少应包括排放超标应急处理措施、事故停机应急处理措施、重要设备/系统故障应急处理措施、火灾事故应急处理措施、触电事故应急处理措施、突发停水/停电应急处理措施、人员伤亡应急救援措施、环境污染和破坏应急处理措施等。

12.5.3 事故处理时应做好记录、分析原因，防止同类事故重复发生。

12.6 系统停止

12.6.1 运行和维护人员可根据现场的数据，包括温度记录、土壤及地下水自检数据、抽提蒸汽的污染物含量记录等，判断系统的停止时间。

12.6.2 停机的顺序要求：加热单元—供能单元—抽提单元—废气处理单元—废水处理单元。

12.6.3 原位热脱附修复工程效果评估应按 HJ 25.5 等污染地块治理修复相关规范进行。

12.6.4 效果评估布点应结合地块污染分布、土壤性质、加热井设置、温度场分布等，在高浓度污染物聚集区、温度相对较低、距离加热井和抽提井远端等修复薄弱区域、修复范围边界处等位置增设采样点。

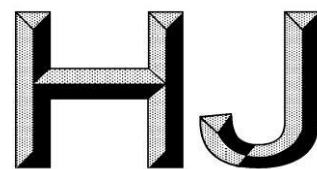


附 录 A
(资料性附录)
不同加热方式的适用条件

表 A.1 给出了不同加热方式的适用条件。

表 A.1 三种加热方式的适用性分析

加热方式	最高温度/℃	适合土质	适用条件	不适用条件
热传导加热	750~800	粉砂、粉土、壤土、黏土、基岩裂隙	(1) 适合于各种地层，特别是低渗透及均质性差的污染区域修复； (2) 适用于挥发性有机物、石油类等半挥发性有机物、农药、二噁英以及多氯联苯等； (3) 可以实现定深加热或不同深度分段加热	地下水流速较大的污染区域通常需要进行阻隔
电阻加热	100~120	粉砂、粉土、壤土、黏土	(1) 适合于各种地层的污染区域修复，特别是低渗透性污染区域的修复； (2) 适用于挥发性有机物、含氯有机物和石油类等半挥发性有机物	(1) 不适用于基岩和裂隙等地质状况； (2) 地下有绝缘体构筑物时，对修复效果影响较大； (3) 土壤含水率过低时，需要进行补水； (4) 地下水流速较大的污染区域通常需要进行阻隔
蒸汽强化抽提	170	沙砾、砂土、粉砂	(1) 适合于渗透性较好的地层； (2) 适合对挥发性有机物污染源区及污染物程度重的区域进行修复	(1) 不适用于渗透系数较小 ($< 10^{-4}$ cm/s) 的区域； (2) 不适用于地层均质性差的污染区域； (3) 污染深度浅及污染范围大时，由于热量损失过大及蒸汽注入压力受限，限制应用； (4) 地下水流速较大的污染区域通常需要进行阻隔



中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 276—2021

代替 HJ/T 276—2006

医疗废物高温蒸汽消毒集中处理 工程技术规范

**Technical specifications for centralized treatment engineering of steam
disinfection on medical waste**

本电子版为正式标准文本，由生态环境部环境标准研究所审校排版。

2021-04-30 发布

2021-04-30 实施

生态环境部 发布

目 次

前 言	ii
1 适用范围	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义	2
4 污染物与污染负荷.....	4
5 总体要求	4
6 工艺设计	6
7 主要工艺设备和材料.....	9
8 检测与过程控制.....	10
9 主要辅助工程.....	11
10 职业卫生	12
11 施工与验收.....	12
12 运行与维护	12
附录 A（资料性附录） 医疗卫生机构医疗废物产生量估算方法	14
附录 B（资料性附录） 医疗废物高温蒸汽消毒处理效果检测布点与评价要求	15

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》和《医疗废物管理条例》等法律法规，防治环境污染，改善生态环境质量，规范医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程的建设与运行管理，制定本标准。

本标准规定了医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程的设计、施工、验收和运行维护的技术要求。

本标准首次发布于 2006 年，本次为第一次修订。修订的主要内容如下：

- 补充完善了术语和定义；
- 调整了对高温蒸汽消毒集中处理工艺的技术要求；
- 修订了高温蒸汽消毒集中处理工程的建设选址及规模要求；
- 优化了高温蒸汽消毒集中处理工程的运行和检测技术要求；
- 明确了高温蒸汽消毒集中处理工程的设备及材料技术要求；
- 增加了附录 A（资料性附录）医疗卫生机构医疗废物产生量估算方法；
- 增加了附录 B（资料性附录）医疗废物高温蒸汽消毒处理效果检测布点与评价要求。

本标准附录 A 和附录 B 为资料性附录。

自本标准实施之日起，《医疗废物高温蒸汽集中处理工程技术规范（试行）》（HJ/T 276—2006）废止。

本标准由生态环境部科技与财务司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：生态环境部环境规划院、生态环境部对外合作与交流中心、沈阳环境科学研究院、中国科学院大学、生态环境部环境标准研究所。

本标准生态环境部 2021 年 4 月 30 日批准。

本标准自 2021 年 4 月 30 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程技术规范

1 适用范围

本标准规定了医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程的污染物与污染负荷、总体要求、工艺设计、主要工艺设备和材料、检测与过程控制、主要辅助工程、职业卫生、施工与验收、运行与维护等。

本标准适用于医疗废物高温蒸汽消毒集中处理设施新建、改建和扩建工程的设计、施工、验收及运行等全过程，可作为医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程项目的环境影响评价、环境保护设施设计与施工、验收及建成后运行与环境管理的技术依据。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 150	压力容器
GB 15562.2	环境保护图形标志——固体废物贮存（处置）场
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 16297	大气污染物综合排放标准
GB 18466	医疗机构水污染物排放标准
GB/T 18920	城市污水再生利用 城市杂用水水质
GB/T 19923	城市污水再生利用 工业用水水质
GB/T 20801	压力管道规范 工业管道
GB 39707	医疗废物处理处置污染控制标准
GB 50014	室外排水设计标准
GB 50016	建筑设计防火规范
GB 50019	工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
GB 50033	建筑采光设计标准
GB 50034	建筑照明设计标准
GB 50037	建筑地面设计规范
GB 50052	供配电系统设计规范
GB/T 50087	工业企业噪声控制设计规范
GB 50187	工业企业总平面设计规范
GB 50222	建筑内部装修设计防火规范
HJ 354	水污染源在线监测系统（COD _{Cr} 、NH ₃ -N 等）验收技术规范
HJ 421	医疗废物专用包装袋、容器和警示标志标准
HJ 2029	医院污水处理工程技术规范
GBJ 22	厂矿道路设计规范
GBZ 1	工业企业设计卫生标准
GBZ 2.1	工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素
GBZ 2.2	工作场所有害因素职业接触限值 第 2 部分：物理因素
GBZ 188	职业健康监护技术规范
《医疗废物管理条例》（国务院令 第 380 号）	

《国家危险废物名录》（生态环境部令 第15号）

《医疗废物分类目录》（卫医发〔2003〕287号）

《消毒技术规范》（卫法监发〔2002〕282号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

医疗废物 medical waste

医疗卫生机构在医疗、预防、保健及其他相关活动中产生的具有直接或间接感染性、毒性以及其他危害性的废物，也包括《医疗废物管理条例》规定的其他按照医疗废物管理和处置的废物。

3.2

高温蒸汽消毒 steam disinfection

利用高温蒸汽杀灭医疗废物中病原微生物，使其消除潜在的感染性危害的处理方法。

3.3

消毒处理 disinfection treatment

杀灭或消除医疗废物中的病原微生物，使其消除潜在的感染性危害的过程。消毒处理技术主要包括高温蒸汽消毒、化学消毒、微波消毒、高温干热消毒等。

3.4

贮存 storage

将医疗废物存放于符合特定要求的专门场所或设施的活动。

3.5

处置 disposal

将医疗废物焚烧达到减少数量、缩小体积、减少或消除其危险成分的活动，或者将经消毒处理的医疗废物按照相关国家规定进行焚烧或填埋的活动。

3.6

周转箱/桶 transfer container/barrel

医疗废物运送过程中用于盛装经初级包装的医疗废物的专用硬质容器。

3.7

消毒舱 disinfection chamber

高温蒸汽消毒处理设备内部对医疗废物进行蒸汽处理的腔体。

3.8

消毒舱容积 loading volume of disinfection chamber

消毒舱内直接盛装待处理医疗废物的腔体或容器的实际容积。

3.9

消毒温度 disinfection temperature

为达到规定的生物灭活程度而设定的消毒舱内稳定、有效的温度限值。

3.10

消毒时间 disinfection time

消毒舱内升温达到消毒温度后，医疗废物在消毒温度下的持续停留时间，不包括升温时间和降温时间。

3.11

单批次处理时间 single batch processing time

高温蒸汽消毒处理设备连续运行时,从一批医疗废物进入消毒舱到下一批医疗废物进入消毒舱的时间间隔。

3.12

杀灭对数值 killing log value

当生物指示物数量以对数表示时,消毒处理前后生物指示物数量减少的值。计算公式为:

$$KL = N_0 - N_x \quad (1)$$

式中: KL ——杀灭对数值;

N_0 ——消毒处理前生物指示物数量的对数值;

N_x ——消毒处理后生物指示物数量的对数值。

3.13

预真空 pre-vacuum

对医疗废物进行蒸汽消毒处理前,利用抽真空装置使消毒舱内部环境达到某一负压值的过程。

3.14

单次预真空 single pre-vacuum

对消毒舱进行预真空操作时,使消毒舱内部环境 1 次达到某一负压值。

3.15

脉动预真空 fractionated pre-vacuum

对消毒舱进行预真空操作时,使消毒舱内部环境达到某一负压值,再充入高温蒸汽,该过程连续进行 2 次以上。

3.16

下排气 gravity exhaust

利用重力置换原理,通过向消毒舱内通入高温蒸汽,迫使消毒舱内的空气从蒸汽消毒处理设备的下排气孔排出的过程。

3.17

废气 exhaust gas

医疗废物高温蒸汽消毒处理过程中从消毒舱内抽(排)出的气体、贮存设施排出的气体以及进料、出料、破碎等环节产生的气体。

3.18

残液 residual liquid

医疗废物高温蒸汽消毒处理过程中蒸汽与医疗废物接触后形成的冷凝液及医疗废物本身携带的渗出液。

3.19

B-D 试验 Bowie-Dick test

采用专用测试包,通过观察测试包内真空测试图的颜色变化来检测高温蒸汽消毒处理设备内热穿透性能的一种测试。

4 污染物与污染负荷

4.1 适用的医疗废物种类

4.1.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程适用于处理《医疗废物分类目录》和《国家危险废物名录》中的感染性废物、损伤性废物及病理切片后废弃的人体组织、病理蜡块等不可辨识的病理性废物。

4.1.2 集中处理工程不适用于处理药物性废物、化学性废物。

4.2 医疗废物产生量

4.2.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程服务区内医疗卫生机构的医疗废物产生量应按可收集和处理的废物实际重量进行统计与核定。无法获得实际产生量的，可对医疗废物产生量进行估算，估算方法参见附录 A。

4.2.2 其他产生源医疗废物的产生量可根据各地实际情况合理估算。

4.3 污染物来源与种类

4.3.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理过程产生的废气主要来源于高温蒸汽消毒处理及处理前后的抽真空、贮存、进料、出料、破碎等环节。主要污染物为颗粒物、恶臭、挥发性有机物（VOCs）。

4.3.2 集中处理过程产生的废水主要来源于高温蒸汽消毒处理、运输车辆和周转箱/桶清洗消毒、卸料区和贮存区等生产区清洗消毒、高温蒸汽消毒处理和破碎设备清洗消毒等环节，以及生产区和废水处理区的初期雨水、事故废水。主要污染物指标为 pH 值、生化需氧量（BOD）、化学需氧量（COD）、悬浮物（SS）。

4.3.3 集中处理过程产生的固体废物主要为经消毒处理的医疗废物以及废气处理装置失效的填料、废水处理产生的污泥等固体废物。

4.3.4 集中处理过程产生的噪声污染主要来源于风机、真空泵、破碎机等设备。

5 总体要求

5.1 一般规定

5.1.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程建设应遵守国家传染病防治、生态环境保护、消防、安全生产、职业卫生等相关规定。

5.1.2 集中处理工程运行产生的废气、废水、噪声污染及厂界的大气污染物（不包括臭气浓度）控制应符合 GB 39707 等国家和地方相关污染物排放标准要求。

5.1.3 经消毒处理的医疗废物及其他固体废物应符合国家固体废物管理和处置的相关规定。

5.1.4 集中处理工程应设置围墙、警示标志，并符合 GB 15562.2、HJ 421 的要求。

5.1.5 集中处理工程排气筒的设置应符合 GB 16297 的要求，采样监测应符合 GB/T 16157 的要求。

5.2 厂址选择

5.2.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程厂址选择应符合 GB 39707 的相关规定。

5.2.2 集中处理工程厂址选择还应综合考虑以下条件：

- a) 厂址应满足工程建设的工程地质条件、水文地质条件和气象条件；
- b) 厂址所在区域不应受洪水、潮水或内涝的威胁，必须建在该地区时，应有可靠的防洪、排涝措施；

- c) 厂址附近应有满足生产、生活的供水水源、污水排放、电力供应等条件，并应综合考虑交通条件、运输距离、土地利用状况、基础设施状况等因素；
- d) 厂址应考虑蒸汽供给条件，如需自建蒸汽供给单元，还应符合大气污染防治的有关规定；
- e) 厂址宜选择在生活垃圾焚烧或填埋处置场所附近。

5.3 建设规模

5.3.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程的建设规模应综合考虑以下因素：

- a) 应考虑服务区域内医疗废物产生量、成分特点、变化趋势、医疗废物收运体系等；
- b) 应考虑高温蒸汽消毒处理技术的适用性；
- c) 规模设计应根据当地实际情况预留足够的裕量，并考虑检修状况下的备用能力；
- d) 应考虑所在城市或区域内其它医疗废物处置设施、危险废物焚烧设施等在规模、技术适用性方面的优势互补和资源共享。

5.3.2 单台消毒处理设备规模应根据消毒舱容积及单批次处理时间确定，按以下计算方法转化为额定日处理规模表示：

$$W = V \times \gamma \times \eta \times \frac{T}{T_1} \quad (2)$$

式中：W——额定日处理量，t/d；

V——消毒舱容积，m³；

γ ——医疗废物容重，t/m³；

η ——装载率，%；

T——日运行时间，h/d；

T₁——单批次处理时间，h。

单台消毒处理设备 V 应不大于 10 m³， γ 以 0.1~0.12 t/m³ 计， η 以 90% 计，T 以 16 h/d 计。

5.4 工程构成

5.4.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程由主体工程、主要辅助工程和配套设施构成。

5.4.2 主体工程主要包括：

- a) 接收贮存系统，该系统由医疗废物计量、卸料、贮存、转运等设施构成；
- b) 高温蒸汽消毒处理系统，该系统由蒸汽供给单元、进料单元、蒸汽消毒处理单元、破碎单元和自动化控制设施等构成；
- c) 二次污染控制系统，该系统由清洗消毒单元、废气处理单元和废水处理单元构成。

5.4.3 主要辅助工程包括电气系统、给排水、消防、采暖通风、通信、机械维修、检测等设施。

5.4.4 配套设施主要包括办公用房、食堂、浴室、值班宿舍等设施。

5.5 总平面布置

5.5.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程的总平面布置，应根据厂址所在地区的自然条件，结合生产、运输、生态环境保护、职业卫生、职工生活，以及电力、通信、热力、给水、排水、防洪、排涝、污水处理等因素确定。

5.5.2 集中处理工程人流和物流的出、入口应分开设置，并应便利医疗废物运输车辆的进出。

5.5.3 集中处理工程的平面布置应按照生产和办公生活的功能分区设置。

5.5.4 集中处理工程生产区的平面布置应按照卸料、贮存、处理、清洗消毒的功能分区设置。

5.5.5 集中处理工程的运输车辆及周转箱/桶清洗消毒设施宜临近卸料区设置。

5.6 道路

5.6.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程厂区道路的设置，应满足交通运输、消防、绿化及各种管线的铺设要求。

5.6.2 集中处理工程厂区道路路面宜采用水泥混凝土或沥青混凝土，并应符合 GB 50187 以及 GBJ 22 的相关要求。

5.7 绿化

5.7.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程厂区绿化布置应按照总图设计要求合理安排绿化用地。

5.7.2 集中处理工程厂区绿化应结合当地的自然条件，选择适宜的植物。

6 工艺设计

6.1 一般规定

6.1.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程建设宜采用成熟稳定的技术、工艺和设备。

6.1.2 集中处理工程在确保消毒处理效果的前提下，优先采用能耗低、污染少的技术、工艺和设备。

6.1.3 高温蒸汽消毒处理效果检测应采用嗜热脂肪杆菌芽孢（ATCC 7953）作为生物指示物，集中处理工程的工艺设计应保证杀灭对数值 ≥ 4.00 。

6.1.4 集中处理工程应尽可能采用机械化和自动化设计，工作人员不得直接接触医疗废物。

6.1.5 集中处理工程的工艺设计应保证各工序的有效衔接以及控制和操作的便利性。

6.1.6 集中处理工程的工艺设计应同时考虑废气、废水、固体废物、噪声等污染控制措施。

6.1.7 集中处理工程的设计与施工应考虑土壤与地下水污染的防范措施。

6.1.8 集中处理工程应设置事故废水、初期雨水、地面清洗废水的导流收集系统。

6.1.9 集中处理工程应设置事故应急池和初期雨水收集池，其设计应符合相关规定。

6.1.10 采用新技术、新工艺前，应由第三方专业机构对技术、工艺、材料、装备、消毒处理效果及污染物排放等进行评估。

6.2 工艺选择

6.2.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工艺应至少设置一种工艺环节增强蒸汽的热穿透性和热均布性，包括但不限于：

- a) 蒸汽消毒处理前对消毒舱进行预真空；
- b) 蒸汽消毒处理前对医疗废物进行破碎；
- c) 蒸汽消毒处理过程中搅拌医疗废物。

6.2.2 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理典型工艺流程如图 1 所示。

6.3 工艺设计

6.3.1 接收贮存单元

6.3.1.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程应设置计量系统，计量系统应具有称重、记录、传输、打印与数据统计功能。

6.3.1.2 集中处理工程卸料区面积应满足车辆停放、卸料操作要求，地面应硬化并应设置沟渠收集雨水、冲洗水。

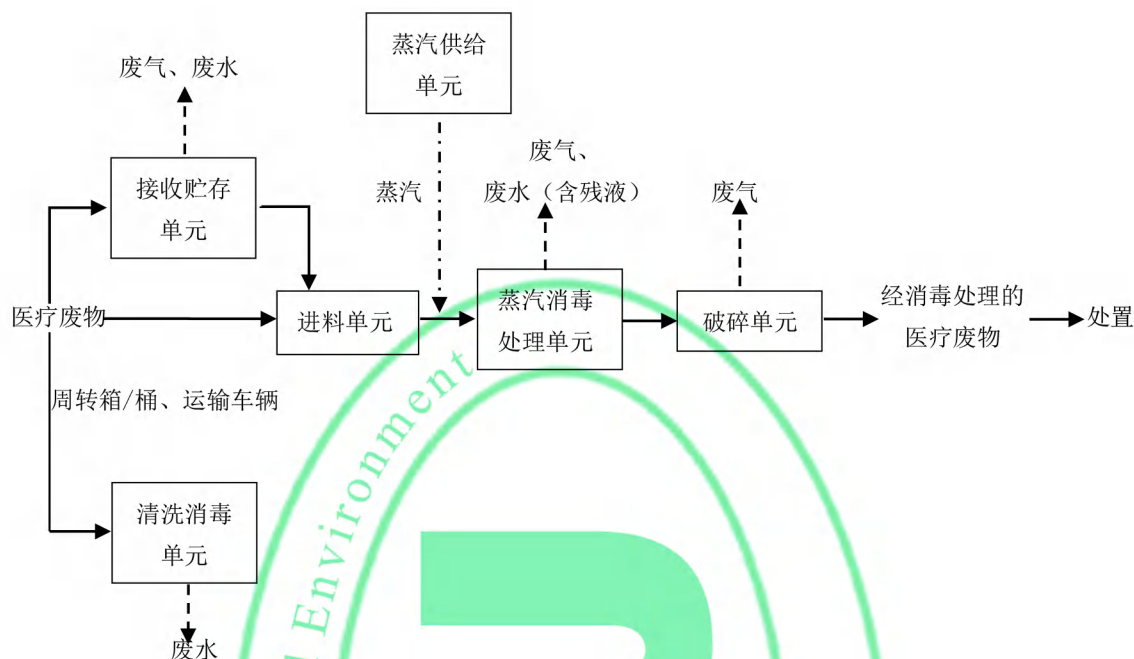


图1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理典型工艺流程

6.3.1.3 集中处理工程应设置感染性、损伤性、病理性医疗废物贮存设施，贮存设施应全封闭、微负压设计，并配备制冷、消毒和排风口净化装置。

6.3.1.4 贮存设施贮存能力应综合医疗废物产生量、贮存时间及高温蒸汽消毒处理设备检修期间医疗废物的贮存需求等因素确定，贮存时间应满足 GB 39707 要求。

6.3.1.5 贮存设施地面和 1.0 m 高的墙裙应进行防渗处理，并应配备清洗水供应和收集系统。

6.3.1.6 贮存设施应根据医疗废物类型和接收时间合理分区，并设置转运通道。

6.3.2 蒸汽供给单元

6.3.2.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程可采用外接蒸汽源或自行配备蒸汽发生系统，所提供的蒸汽应符合如下要求：

- 蒸汽应为饱和蒸汽，其所含的非可凝性气体不应超过 5%（体积分数）；
- 蒸汽供给压力宜在 0.3~0.6 MPa 范围内；
- 蒸汽供应量应能满足处理工程满负荷运行的需要；
- 年供蒸汽天数不宜低于 350 d，且连续中断供应时间不宜超过 48 h；
- 蒸汽由自备锅炉提供的，锅炉的设计、制作、安装、调试、使用及检验应符合相关标准要求。

6.3.2.2 蒸汽供应系统应设置压力调节装置，减少蒸汽压力扰动对高温蒸汽消毒处理设备的影响。

6.3.3 进料单元

6.3.3.1 医疗废物的装填应为自然堆积，装填体积不宜超过消毒舱容器的 90%。

6.3.3.2 进料口应设置集气装置，收集的废气应经处理后排放。

6.3.3.3 进料口的设计应与 HJ 421 对周转箱/桶的相关要求匹配。

6.3.4 蒸汽消毒处理单元

6.3.4.1 单独采用预真空增强蒸汽处理效果的工艺，应符合以下参数要求：

a) 采用单次预真空，抽真空结束后消毒舱内真空度应不低于 0.09 MPa，采用脉动预真空，抽真空与充蒸汽的循环次数应不少于 3 次，且每次抽真空结束后消毒舱内真空度应不低于 0.08 MPa；

b) 蒸汽消毒处理过程应在消毒温度 $\geq 134^{\circ}\text{C}$ 、压力 $\geq 0.22\text{ MPa}$ （表压）的条件下进行，相应消毒时间应 $\geq 45\text{ min}$ 。

6.3.4.2 预真空环节收集的废气应经处理后排放。不得采用下排气式处理设备。

6.3.4.3 采用蒸汽消毒处理过程中搅拌医疗废物的工艺，搅拌强度应实现医疗废物外包装袋的有效破损。

6.3.4.4 蒸汽消毒处理后应根据工艺状况对物料进行泄压、冷却处理，有效降低出料温度，出料口应设置集气装置，收集的废气应经处理后排放。

6.3.5 破碎单元

6.3.5.1 医疗废物应破碎毁形，破碎单元可根据处理工艺及后续处置要求合理设置。

6.3.5.2 破碎单元位于蒸汽消毒处理单元之前时，应采用破碎单元和蒸汽消毒处理单元一体化全封闭设备，启动破碎程序后设备舱门不得开启，直至该批次处理程序结束。

6.3.5.3 破碎单元位于蒸汽消毒处理单元之后时，应在蒸汽消毒处理单元和破碎单元之间设置机械输送装置，并应采取措施防止物料洒落和废气逸散。

6.3.6 压缩单元

医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程距离处置场所较远时，可设置压缩单元。

6.3.7 处置

6.3.7.1 经消毒处理的医疗废物处置应符合 GB 39707 的要求。

6.3.7.2 经消毒处理的医疗废物外运处置时，外运车辆应采取防洒落措施。

6.3.7.3 经消毒处理的医疗废物如需厂内贮存，应单独存放于具备防雨、防风、防渗功能的库房。不得将经消毒处理的医疗废物与未处理的医疗废物一起存放。不得使用医疗废物周转箱/桶盛装经消毒处理的医疗废物。

6.3.8 清洗消毒单元

6.3.8.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程应设置用于医疗废物运输车辆、周转箱/桶，以及卸料区、贮存设施清洗消毒的设施。不得在社会车辆清洗场所清洗医疗废物运输车辆。

6.3.8.2 医疗废物运输车辆、卸料区、贮存设施等的清洗消毒可采取喷洒消毒方式，周转箱/桶的清洗消毒可采取浸泡消毒方式或喷洒消毒方式。

6.3.8.3 采用喷洒消毒方式时，可采用有效氯浓度为 1 000 mg/L 的消毒液，均匀喷洒，静置作用时间 $>30\text{ min}$ ；采用浸泡消毒方式时，可采用有效氯浓度为 500 mg/L 的消毒液，浸泡时间 $>30\text{ min}$ 。

6.3.8.4 周转箱/桶的清洗消毒宜选用自动化程度较高的设备。

6.3.8.5 清洗消毒场所应设置消毒废水收集设施，收集的废水应排至厂区废水处理设施。

6.3.9 废气处理单元

6.3.9.1 蒸汽消毒处理单元抽真空排气口、贮存设施排气口应设置废气净化装置，废气净化装置应具备除菌、除臭、去除颗粒物和 VOCs 的功能。

6.3.9.2 进料口、出料口、破碎设备集气装置收集的废气，宜导入蒸汽消毒处理单元的废气净化装置，也可单独设置废气净化装置进行处理。

6.3.9.3 废气净化装置可选择活性炭吸附、生物净化等技术，并根据废气特征及排放要求单独或组合设置。

6.3.9.4 废气净化装置应设置进气阀、压力仪表和排气阀，设计流量应与处理规模相匹配。

6.3.9.5 废气处理单元管道之间应保证连接的气密性。

6.3.9.6 排气筒高度设置应符合 GB 16297 的要求。

6.3.10 废水处理单元

6.3.10.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程的生产废水及生活污水应分别设置收集系统。生活污水宜排入市政管网，或单独收集、单独处理，不得与生产废水混合收集、处理。

6.3.10.2 集中处理工程应设置生产废水处理设施，废水处理工艺应根据废水水质特点、处理后的去向等因素确定，宜采用二级处理+消毒工艺或二级处理+深度处理+消毒工艺，工艺设计参见 HJ 2029。

6.3.10.3 高温蒸汽消毒处理过程产生的残液应经消毒处理后排入生产废水处理设施，消毒处理效果应不低于医疗废物高温蒸汽消毒处理要求，可采用热力消毒方式对残液进行消毒处理。

6.3.10.4 集中处理工程初期雨水、事故废水应收集并排入生产废水处理设施。

6.3.10.5 集中处理工程废水处理设施出水宜优先回用。回用于生产，应符合 GB/T 19923 的要求，回用于清洗等，应符合 GB/T 18920 的要求。

6.3.11 固体废物处理处置

6.3.11.1 高温蒸汽消毒处理过程产生的填料、滤料、污泥等固体废物应根据其污染特性分类收集、处理。

6.3.11.2 废气净化装置失效的填料、滤料应经消毒处理后再进行后续处置。

6.3.11.3 废水处理设施产生的污泥应经消毒处理后再进行后续处置，消毒方法参见 HJ 2029。

6.3.12 噪声控制

主要噪声源应采取基础减震和隔声措施，噪声控制设计参见 GB/T 50087。

7 主要工艺设备和材料

7.1 一般规定

7.1.1 高温蒸汽消毒处理设备应根据防腐、耐压要求选择材质。

7.1.2 处理设备宜优先选择通过环保产品认证或环境技术评估的设备。

7.2 设备

7.2.1 高温蒸汽消毒处理设备消毒舱内腔及直接盛装医疗废物的容器应采用高温下耐腐蚀且不产生有毒物质的材料制成，且消毒舱内腔及舱门的选材、设计、制造、检验等应符合 GB/T 150 的相关规定。

7.2.2 处理设备消毒舱内部蒸汽喷口布局应保证消毒舱内温度、压力均衡；消毒舱的进料口和出料口宜分开设置。

7.2.3 处理设备应设置联锁装置，在腔体未密闭时，不能升温、升压；在蒸汽消毒处理周期结束前，腔体不能开启。

7.2.4 包含抽真空环节的处理设备应设置防止抽真空排气孔堵塞和防止设备倒吸水、气的装置。

7.2.5 直接盛装医疗废物的容器的设计应便于处理过程中蒸汽均匀穿透和热传导，并应采取防止冷凝液浸泡医疗废物的相关措施。

7.2.6 直接盛装医疗废物的容器宜标识最大装载量指示线，且其内壁宜进行防粘处理。

7.2.7 蒸汽输送管路的选材、设计、制造、安装、检验等应符合 GB/T 20801 的要求。

7.3 材料

7.3.1 废气净化装置的过滤材料应采用疏水性介孔材料，并应满足 $\geq 140^{\circ}\text{C}$ 的耐温要求，过滤孔径不得大于 $0.2\ \mu\text{m}$ 。

7.3.2 破碎设备刀片材料应具备耐磨性能，并确保对医疗废物的破碎要求。

8 检测与过程控制

8.1 一般规定

8.1.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程应具备污染物排放的自行检测能力，配备相应的场所、设备、用品。

8.1.2 集中处理工程应定期委托具有相应能力或资质的单位开展消毒处理效果检测。

8.1.3 包含预真空环节的高温蒸汽消毒处理设备应配备蒸汽穿透性能检测和密封性能检测装置及材料。

8.1.4 高温蒸汽消毒处理设备应实现全过程自动控制。

8.2 检测

8.2.1 蒸汽穿透性能检测

8.2.1.1 包含预真空环节的高温蒸汽消毒处理设备应在空载情况下进行 B-D 试验，频率不少于 1 次/周。蒸汽消毒处理单元每次检修后，也应进行 B-D 试验。

8.2.1.2 包含预真空环节的高温蒸汽消毒处理设备 B-D 试验不合格时，应检查抽真空状况和消毒舱密封性能，并采取相应维修措施。B-D 试验合格后方可进行医疗废物蒸汽消毒处理操作。

8.2.2 密封性能检测

8.2.2.1 包含预真空环节的高温蒸汽消毒处理设备应进行密封性能检测，频率不少于 1 次/月。消毒舱出现（疑似）泄漏情况或开展与消毒舱密封性能相关的维修后，也应进行密封性能检测。

8.2.2.2 包含预真空环节的高温蒸汽消毒处理设备的密封性能检测方法为：

a) 检测应在消毒舱为空载和干燥的情况下进行，消毒舱和外界的温差宜小于 20°C ；

b) 对消毒舱进行抽真空操作，真空度稳定后，关闭所有与消毒舱相连的阀门；

c) 5 min 之后，观察并记录时间和消毒舱内真空度，再经过 10 min 之后，观察并记录时间和消毒舱内真空度；

d) 消毒舱真空度变化值不大于 $1.3\ \text{kPa}$ 时，可判断密封性能检测合格，否则为不合格。

8.2.2.3 包含预真空环节的高温蒸汽消毒处理设备不应在密封性能检测不合格的情况下进行医疗废物高温蒸汽处理操作。

8.2.3 消毒处理效果检测

8.2.3.1 消毒处理效果应采用生物检测方法，检测频率不少于 1 次/季度。高温蒸汽消毒处理设备在运行参数调整、进料量调整、消毒单元维修等情况下，应开展消毒处理效果检测。

8.2.3.2 消毒处理效果检测应在高温蒸汽消毒处理设备的正常工况下进行，具体要求参见附录 B。

8.2.4 污染物排放检测

8.2.4.1 废气应检测颗粒物、非甲烷总烃、恶臭污染物（不含臭气浓度）等指标，限值及检测方法依

据 GB 39707。

8.2.4.2 废水应检测 GB 18466 中规定的综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放指标，重大传染病疫情期间应检测 GB 18466 中规定的传染病、结核病医疗机构水污染物排放指标或疫情期间要求检测的相关指标，并执行相应限值要求。

8.2.4.3 废水排放在线监测设备的设置或使用应符合 HJ 354 的要求。

8.3 过程控制

8.3.1 自控系统包括控制面板、传感器和控制调节阀等部件。

8.3.2 消毒舱内的传感器点位设置应能保证所测量点的温度值和压力值能满足最终实现预定消毒处理效果的要求，数量设置应能满足测试温度分布的要求。

8.3.3 自控系统宜设置数据输出接口和通讯接口，以便实现参数输出和远程监控功能。

8.3.4 自控系统应满足以下功能要求：

- a) 空气排出效果和设备密封性能测试功能；
- b) 运行状况实时显示和存储功能，包括所处阶段、温度、压力、时间等；
- c) 自控与人工模式的切换功能；
- d) 超温、超压、断电、断水、断汽等异常情况下的报警和紧急停车功能；
- e) 操作未完成时，高温蒸汽消毒处理设备进料口（出料口）联锁功能。

8.3.5 自控系统的温度控制应在预设温度的 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 范围之内。

8.3.6 仪器仪表的配置应满足相关产品标准要求，精度应满足温度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、压力为 $\pm 1.6\%$ 、时间为 $\pm 1\%$ 。

9 主要辅助工程

9.1 电气系统

9.1.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程电气系统的设计应符合 GB 50052 要求，并设置应急电源。

9.1.2 集中处理工程应设置通讯设备，保证厂区岗位之间和厂内外联系畅通。

9.1.3 集中处理工程处理设备用电负荷应执行电力设计的有关规定，具体用电要求符合 GB 50052 规定。

9.1.4 集中处理工程照明设计应满足厂区设施运行要求，具体设计应符合 GB 50034 的要求。

9.2 给排水与消防

9.2.1 给排水

9.2.1.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程厂区给水管网应满足生产、生活、消防的要求。

9.2.1.2 集中处理工程排水应采用雨污分流制。

9.2.1.3 集中处理工程雨水量设计重现期应符合 GB 50014 的要求。

9.2.2 消防

9.2.2.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程建筑的防火分区和耐火等级应符合 GB 50016 的要求。

9.2.2.2 集中处理工程的消防设施、疏散通道的设置应符合 GB 50016 的要求。

9.2.2.3 集中处理工程厂房内部装修的防火设计应符合 GB 50222 的要求。

9.3 采暖通风与空调

9.3.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程建筑物的采暖通风和空调设计应符合 GB 50019 的要求。

9.3.2 集中处理工程车间及贮存间应设置排风装置，排出的气体应净化处理后排放。

9.4 建筑与结构

9.4.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程厂房楼（地）面的设计，除满足工艺使用要求外，还应符合 GB 50037 的要求。贮存设施墙面应方便进行清洗消毒，控制室地面应采取防静电措施。

9.4.2 集中处理工程厂房采光设计应符合 GB 50033 的要求。

9.4.3 寒冷和严寒地区的建筑结构及给排水管道应采取保温防冻措施。

10 职业卫生

10.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程在设计、建设和运行的各个阶段，应采取卫生防护措施，并在相关区域的醒目位置设置警示标志。

10.2 集中处理工程应按照规定对管理和运行人员进行职业卫生培训。

10.3 集中处理工程的职业卫生管理应符合 GBZ 1、GBZ 2.1 和 GBZ 2.2 等国家职业卫生法规等管理要求。

10.4 集中处理工程应在清洁区和污染区之间设置过渡区，并应设置必要的消毒清洗设施。

10.5 集中处理工程运营单位应按照 GBZ 188 的相关规定开展职业健康监护。

11 施工与验收

11.1 施工

11.1.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程应执行规划许可的有关规定。

11.1.2 集中处理工程应系统保存建设、施工、安装及设备的文件资料，并按有关建设要求存档、备案。

11.2 验收

11.2.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程验收工作应包括工程建设与设计文件的匹配情况、设备运行状况、工程档案资料完整性和规范性、各专项验收完成情况、对工程遗留问题提出处理意见等内容。

11.2.2 集中处理工程的竣工环境保护验收过程应对集中处理工程的消毒处理效果、运行工况和污染物排放情况进行检测。

12 运行与维护

12.1 制度与执行

12.1.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程运营单位应建立完善的运行管理制度体系。

12.1.2 集中处理工程运营单位应建立运行操作规程和环境应急预案。

12.1.3 集中处理工程运营单位应定期组织员工培训和突发环境事件应急演练。

12.1.4 集中处理工程运营单位应建立档案信息系统，数据保存期限应符合相关要求。

12.2 人员配置

12.2.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程运营单位应根据生产需要，设置岗位并配备人员。

12.2.2 集中处理工程运营单位的工作人员应接受专业培训。

12.3 运行管理

12.3.1 医疗废物的收集、贮存、转移应执行危险废物转移联单管理制度，并应准确填写医疗废物的重量、种类、去向等信息。

12.3.2 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程运营单位应定期对设施、设备运行状况进行检查、校验，及时排除故障和隐患。

12.3.3 集中处理工程运营单位应定期检查污染治理设施运行状况，检查频率为不少于 1 次/月。

12.3.4 集中处理工程运营单位应及时更换污染治理设施的消耗材料，补充应急物资。

12.3.5 工艺参数异常情况下处理的医疗废物应重新进行高温蒸汽消毒处理。

12.4 检测

12.4.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程运营单位应定期对消毒处理效果、运行工况和污染物排放情况进行检测，并记录相关信息和数据。

12.4.2 消毒处理效果检测结果为不合格的，应及时查找原因、消除故障，并再次进行检测。

12.4.3 集中处理工程配备的仪器仪表应至少每年检测、校验 1 次，并记录相关情况。

12.4.4 集中处理工程运营单位在投入运行前或蒸汽消毒处理单元维修后，应对医疗废物消毒处理效果及污染物排放情况进行检测。

12.5 环境应急

12.5.1 医疗废物高温蒸汽消毒集中处理工程应根据环境应急预案要求配备应急物资。

12.5.2 事故发生时应及时启动相应的环境应急响应，采取应急措施。

附 录 A
(资料性附录)
医疗卫生机构医疗废物产生量估算方法

医疗卫生机构的医疗废物产生量包括固定病床的医疗废物产生量和门诊的医疗废物产生量,医疗废物产生系数可根据集中处理工程所在地的实际情况合理确定。产生量的估算方法如下:

A.1 固定病床的医疗废物产生量可按以下方法计算及预测:

$$Q_b = \alpha_b \times B_b \times p_b \quad (\text{A.1})$$

式中: Q_b ——病床医疗废物产生量, kg/d;

α_b ——病床床位医疗废物产生系数, kg/(床 d);

B_b ——病床床位数, 床;

p_b ——病床床位使用率, %。

A.2 门诊医疗废物产生量可按以下方法计算及预测:

$$Q_m = \alpha_m \times N_m \quad (\text{A.2})$$

式中: Q_m ——门诊医疗废物产生量, kg/d;

α_m ——门诊医疗废物产生系数, kg/(人 d);

N_m ——门诊人数, 人次。

A.3 无床位的小型门诊的医疗废物产生量可按医务人员就业数量和单位医务人员医疗废物产生率计算和预测:

$$Q_x = \alpha_x \times N_x \quad (\text{A.3})$$

式中: Q_x ——无床位的小型门诊医疗废物产生量, kg/月;

α_x ——无床位的小型门诊单位医务人员医疗废物产生系数, kg/(人·月);

N_x ——医务人员数, 人次。

附录 B

(资料性附录)

医疗废物高温蒸汽消毒处理效果检测布点与评价要求

B.1 生物指示物种选择要求

B.1.1 高温蒸汽消毒处理效果检测应采用嗜热脂肪杆菌芽孢 (ATCC 7953) 作为生物指示物, 生物指示物选择参见《消毒技术规范》和卫生学评价的相关要求。

B.1.2 嗜热脂肪杆菌芽孢载体含量应为 $1 \times 10^6 \sim 5 \times 10^6$ CFU/载体。

B.2 染菌载体选择要求

B.2.1 破碎单元位于蒸汽消毒处理单元之前时, 可使用输液管作为载体。

B.2.2 破碎单元位于蒸汽消毒处理单元之后时, 可使用不锈钢针作为载体。

B.3 染菌载体布点要求

B.3.1 染菌载体个数可根据消毒舱容积确定:

a) 消毒舱容积 $< 5 \text{ m}^3$ 时, 应至少放置 10 个染菌载体于不同点位;

b) 消毒舱容积为 $5 \sim 10 \text{ m}^3$ 时, 每增加 1 m^3 , 增加 1 个点位;

c) 消毒舱容积 $> 10 \text{ m}^3$ 时, 每增加 2 m^3 , 增加 1 个点位。

B.3.2 布点位置应包含消毒舱内最难消毒的位置, 该位置可由高温蒸汽消毒处理设备厂商提供或经试验确定。

B.4 消毒处理效果检测要求

B.4.1 实验器材

a) 实验菌株: 嗜热脂肪杆菌芽孢 (ATCC 7953);

b) 洗脱液: 含 0.1% 吐温 80 的磷酸盐缓冲液 (0.03 mol/L , $\text{pH } 7.2$);

c) 培养基: 嗜热脂肪杆菌恢复琼脂培养基;

d) 载体: 输液管, 内径为 3 mm, 长度一般不大于 50 mm; 不锈钢针, 直径为 0.4 mm, 长度为 20 mm;

e) 模拟医疗废物管腔: 一次性使用输液器去掉针头部分, 直径为 3 mm、长度为 1 900 mm;

f) 刻度吸管: 刻度为 1.0 mL、5.0 mL、10.0 mL;

g) 移液器: 刻度为 10 μL 、20 μL 及配套的塑料吸头;

h) 无菌平皿: 直径 90 mm;

i) 培养箱: 56°C 恒温培养箱;

j) 模拟医疗废物: 选择质量分数为 5% 的有机材料 (如: 汉堡包、肉包子、馒头等) 和质量分数为 95% 的塑料、纤维和玻璃等材料。

B.4.2 染菌载体的制备

B.4.2.1 芽孢悬液的制备

从有资质的生产企业购买或自制嗜热脂肪杆菌芽孢（ATCC 7953）悬液，芽孢含量为 $10^8 \sim 10^9$ CFU/mL。

B.4.2.2 输液管染菌载体的制备

用移液器吸取 10 μ L 芽孢悬液，置入用作载体的输液管内，轻轻挤压，使其均匀分布于管腔内，将载体放入无菌平皿内，置于 56℃ 恒温培养箱中干燥，制成染菌载体备用，每个染菌载体的芽孢回收数量应为 $1 \times 10^6 \sim 5 \times 10^6$ CFU/载体。

B.4.2.3 不锈钢针染菌载体的制备

用两个小铁夹子夹住用作载体的不锈钢针两端，将其横向支撑起来，用 10 μ L 移液器吸取芽孢悬液并滴染不锈钢针，每根不锈钢针滴染 5 滴，在室温自然晾干制成染菌载体，每个染菌载体的芽孢回收数量应为 $1 \times 10^6 \sim 5 \times 10^6$ CFU/载体。将染菌载体放置于 1 900 mm 长的模拟医疗废物管腔的中间部位，然后盘起该管腔（以防止不锈钢针染菌载体移动），放入 180 mm×120 mm 的无菌布袋内备用。

B.4.3 消毒处理效果检测

B.4.3.1 破碎单元位于蒸汽消毒处理单元之前工艺的检测要求

a) 将适量输液管染菌载体（消毒处理后可获取至少 10 个染菌载体）或自含式生物指示物与模拟医疗废物均匀混合，一并置入高温蒸汽消毒处理设备，在满载的条件下，按照说明书要求的消毒处理程序进行消毒处理；

b) 消毒处理过程结束后，立即在处理设备出口处的医疗废物中收集输液管染菌载体或打开消毒舱取出染菌载体，以无菌操作方式获取至少 10 个染菌载体，分别用无菌剪刀剪碎后放入含有 5 mL 洗脱液的试管中，将试管在手掌上振打 200 次，做 10 倍系列稀释，选择适宜稀释度，分别吸取 1 mL，以倾注法接种于两个平皿中，置 56℃ 恒温培养箱中培养 72 h，计数存活菌数，作为试验组，使用自含式生物指示物按说明书要求培养；

c) 分别取 2 个输液管染菌载体放在室温下，不经消毒处理，待试验组达到规定作用时间后，分别用无菌剪刀将该染菌载体剪碎后，放入含 5 mL 洗脱液的试管中，其余试验步骤与上述试验组相同，作为阳性对照组；

d) 分别取洗脱液各 1 mL，接种至 2 个无菌平皿，倒入 15~20 mL 同批次的培养基，并与试验组做同样培养，作为阴性对照组；

e) 以上试验重复 3 次。

B.4.3.2 破碎单元位于蒸汽消毒处理单元之后工艺的检测要求

a) 将装有不锈钢针染菌载体的布袋与模拟医疗废物混合放入双层黄色医疗废物垃圾袋中，按 B.3.1 和 B.3.2 的要求，将医疗废物垃圾袋放入高温蒸汽消毒处理设备消毒舱内，在满载的条件下，按照说明书要求的消毒处理程序进行消毒处理；

b) 消毒处理完毕后，收集装有不锈钢针染菌载体的布袋，以无菌操作方式，将不锈钢针染菌载体分别放入含有 5 mL 洗脱液的试管中，将试管在手掌上振打 200 次，做 10 倍系列稀释，选适宜稀释度，分别吸取 1 mL，以倾注法接种于两个平皿中，放置于 56℃ 恒温培养箱中，培养 72 h，计数存活菌数，作为试验组；

c) 分别取 2 个不锈钢针染菌载体放在室温下，不经消毒处理，待试验组达规定作用时间后，立即将该染菌载体分别移入含 5 mL 洗脱液的试管中，其余试验步骤与上述试验组相同，作为阳性对照组；

d) 分别取洗脱液各 1 mL，接种至 2 个无菌平皿，倒入 15~20 mL 同批次的培养基，并与试验组做同样培养，作为阴性对照组。

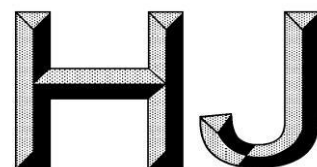
e) 以上试验重复 3 次。

B.5 处理效果评价方法

B.5.1 每次试验的阳性对照组回收芽孢数量均应为 $1 \times 10^6 \sim 5 \times 10^6$ CFU/载体，阴性对照组应无菌生长，试验组所有染菌载体的杀灭对数值均 ≥ 4.00 时，可判定为消毒合格。

B.5.2 使用自含式生物指示物试验时，按厂家说明书规定的方法进行判定。





中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 228—2021

代替 HJ/T 228—2006

医疗废物化学消毒集中处理工程技术规范

Technical specifications for centralized treatment engineering of chemical
disinfection on medical waste

本电子版为正式标准文本，由生态环境部环境标准研究所审校排版。

2021-04-30 发布

2021-04-30 实施

生态环境部 发布

目 次

前 言	ii
1 适用范围	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义	2
4 污染物与污染负荷.....	3
5 总体要求	4
6 工艺设计	5
7 主要工艺设备和材料.....	9
8 检测与过程控制.....	9
9 主要辅助工程.....	10
10 职业卫生	11
11 施工与验收.....	11
12 运行与维护	11
附录 A（资料性附录） 医疗卫生机构医疗废物产生量估算方法	13
附录 B（资料性附录） 医疗废物化学消毒处理效果检测布点与评价要求	14

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》和《医疗废物管理条例》等法律法规，防治环境污染，改善生态环境质量，规范医疗废物化学消毒集中处理工程的设计和运行，制定本标准。

本标准规定了医疗废物化学消毒集中处理工程的设计、施工、验收和运行维护的技术要求。

本标准首次发布于 2006 年，本次为首次修订。修订的主要内容如下：

- 补充完善了术语和定义；
- 补充了化学消毒集中处理工艺类型；
- 调整了化学消毒集中处理工艺的技术要求和工艺参数；
- 修订了化学消毒集中处理工程建设的选址及规模要求；
- 优化了化学消毒集中处理工程的运行及检测技术要求；
- 增加了化学消毒集中处理工程的设备和材料技术要求；
- 增加了附录 A（资料性附录）医疗卫生机构医疗废物产生量估算方法；
- 增加了附录 B（资料性附录）医疗废物化学消毒处理效果检测布点与评价要求。

本标准附录 A 和附录 B 为资料性附录。

自本标准实施之日起，《医疗废物化学消毒集中处理工程技术规范（试行）》（HJ/T 228—2006）废止。

本标准由生态环境部科技与财务司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：中国科学院大学、沈阳环境科学研究院、生态环境部对外合作与交流中心、生态环境部环境规划院、生态环境部环境标准研究所。

本标准生态环境部 2021 年 4 月 30 日批准。

本标准自 2021 年 4 月 30 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

医疗废物化学消毒集中处理工程技术规范

1 适用范围

本标准规定了医疗废物化学消毒集中处理工程的污染物与污染负荷、总体要求、工艺设计、主要工艺设备和材料、检测与过程控制、主要辅助工程、职业卫生、施工与验收、运行与维护等。

本标准适用于医疗废物化学消毒集中处理设施新建、改建和扩建工程的设计、施工、验收及运行等全过程，可作为医疗废物化学消毒集中处理工程项目的环境影响评价、环境保护设施设计与施工、验收及建成后运行与环境管理的技术依据。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 15562.2	环境保护图形标志——固体废物贮存（处置）场
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 16297	大气污染物综合排放标准
GB 18466	医疗机构水污染物排放标准
GB/T 18920	城市污水再生利用 城市杂用水水质
GB/T 19923	城市污水再生利用 工业用水水质
GB 39707	医疗废物处理处置污染控制标准
GB 50014	室外排水设计标准
GB 50016	建筑设计防火规范
GB 50019	工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
GB 50033	建筑采光设计标准
GB 50034	建筑照明设计标准
GB 50037	建筑地面设计规范
GB 50052	供配电系统设计规范
GB 50187	工业企业总平面设计规范
GB 50222	建筑内部装修设计防火规范
HJ 354	水污染源在线监测系统（COD _{Cr} 、NH ₃ -N 等）验收技术规范
HJ 421	医疗废物专用包装袋、容器和警示标志标准
HJ 2029	医院污水处理工程技术规范
GBJ 22	厂矿道路设计规范
GBZ 1	工业企业设计卫生标准
GBZ 2.1	工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素
GBZ 2.2	工作场所有害因素职业接触限值 第 2 部分：物理因素
GBZ 188	职业健康监护技术规范
HG/T 20675	化工企业静电接地设计规程
《医疗废物管理条例》（国务院令 第 380 号）	
《国家危险废物名录》（生态环境部令 第 15 号）	
《医疗废物分类目录》（卫医发〔2003〕第 287 号）	

《消毒技术规范》（卫法监发〔2002〕282号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

医疗废物 medical waste

医疗卫生机构在医疗、预防、保健及其他相关活动中产生的具有直接或间接感染性、毒性以及其他危害性的废物，也包括《医疗废物管理条例》规定的其他按照医疗废物管理和处置的废物。

3.2

化学消毒 chemical disinfection

利用化学消毒剂杀灭医疗废物中病原微生物，使其消除潜在感染性危害的处理方法。

3.3

干化学消毒 dry chemical disinfection

利用氧化钙、含氯消毒剂等复合干式化学消毒剂杀灭医疗废物中病原微生物，使其消除潜在感染性危害的处理方法。

3.4

化学消毒剂 chemical disinfectant

用于杀灭医疗废物中病原微生物，使其消除潜在感染性危害的化学试剂。

3.5

环氧乙烷消毒 ethylene oxide disinfection

利用环氧乙烷消毒剂杀灭医疗废物中病原微生物，使其消除潜在的感染性危害的处理方法。

3.6

消毒处理 disinfection treatment

杀灭或消除医疗废物中病原微生物，使其消除潜在的感染性危害的过程。消毒处理技术主要包括高温蒸汽消毒、化学消毒、微波消毒、高温干热消毒等。

3.7

贮存 storage

将医疗废物存放于符合特定要求的专门场所或设施的活动。

3.8

处置 disposal

将医疗废物焚烧达到减少数量、缩小体积、减少或消除其危险成分的活动，或者将经消毒处理的医疗废物按照相关国家规定进行焚烧或填埋的活动。

3.9

周转箱/桶 transfer container/barrel

医疗废物运送过程中用于盛装经初级包装的医疗废物的专用硬质容器。

3.10

消毒舱 disinfection chamber

消毒处理设备内部对医疗废物进行化学消毒处理的腔体。

3.11

消毒舱容积 loading volume of disinfection chamber

消毒舱内直接盛装待处理医疗废物的腔体或容器的实际容积。

3.12

消毒温度 disinfection temperature

为达到规定的生物灭活程度而设定的消毒舱内稳定、有效的温度限值。

3.13

消毒时间 disinfection time

消毒舱内升温达到消毒温度后，医疗废物在消毒温度下的持续停留时间，不包括升温时间和降温时间。

3.14

杀灭对数值 killing log value

当生物指示物数量以对数表示时，消毒处理前后生物指示物数量减少的值。计算公式为：

$$KL = N_0 - N_x \quad (1)$$

式中：KL——杀灭对数值；

N_0 ——消毒处理前生物指示物数量的对数值；

N_x ——消毒处理后生物指示物数量的对数值。

3.15

废气 exhaust gas

医疗废物化学消毒处理过程中从消毒舱内抽（排）出的气体、贮存设施排出的气体以及进料、破碎、出料等环节产生的气体。

4 污染物与污染负荷

4.1 适用的医疗废物种类

4.1.1 医疗废物化学消毒集中处理工程适用于处理《医疗废物分类目录》和《国家危险废物名录》中的感染性废物、损伤性废物以及病理切片后废弃的人体组织、病理蜡块等不可辨识的病理性废物。

4.1.2 集中处理工程不适用于处理药物性废物、化学性废物。

4.2 医疗废物产生量

4.2.1 医疗废物化学消毒集中处理工程服务区内医疗机构的医疗废物产生量应按可收集和处理的废物实际重量进行统计与核定。无法获得实际产生量的，可对医疗废物产生量进行估算，估算方法参见附录A。

4.2.2 其他产生源医疗废物的产生量可根据各地实际情况合理估算。

4.3 污染物来源与种类

4.3.1 医疗废物化学消毒集中处理过程产生的废气主要来源于化学消毒处理及处理前后的抽真空、贮存、进卸料、破碎等环节。污染物主要为颗粒物、恶臭、挥发性有机物（VOCs）等。

4.3.2 处理过程产生的废水主要来源于化学消毒处理、运输车辆和周转箱清洗消毒、卸料区和贮存区等作业区清洗消毒、化学消毒处理和破碎设备清洗消毒等环节，以及生产区和废水处理区的初期雨水、事故废水。主要污染物指标为pH值、生化需氧量（BOD）、化学需氧量（COD）、悬浮物（SS）。

4.3.3 集中处理过程产生的固体废物主要为经消毒处理的医疗废物以及废气处理装置失效的填料、废水处理产生的污泥等固体废物。

4.3.4 集中处理过程产生的噪声污染主要来源于风机、真空泵、破碎机等设备。

5 总体要求

5.1 一般规定

5.1.1 医疗废物化学消毒集中处理工程建设应遵守国家传染病防治、生态环境保护、消防、安全生产、职业卫生等相关规定。

5.1.2 集中处理工程运行产生的废气、废水、噪声污染及厂界的大气污染物（不包括臭气浓度）控制应符合 GB 39707 等国家和地方相关污染物排放标准要求。

5.1.3 经消毒处理的医疗废物及其他固体废物应符合国家固体废物管理和处置的相关规定。

5.1.4 集中处理工程应设置围墙、警示标志，并符合 GB 15562.2、HJ 421 的要求。

5.1.5 集中处理工程排气筒的设置应符合 GB 16297 的要求，采样监测应符合 GB/T 16157 的要求。

5.2 厂址选择

5.2.1 医疗废物化学消毒集中处理工程厂址选择应符合 GB 39707 的相关规定。

5.2.2 集中处理工程厂址选择还应综合考虑以下条件：

- a) 厂址应满足工程建设的工程地质条件、水文地质条件和气象条件；
- b) 厂址所在区域不应受洪水、潮水或内涝的威胁；必须建在该地区时，应有可靠的防洪、排涝措施；
- c) 厂址附近应有满足生产、生活的供水水源、污水排放、电力供应等条件，并应综合考虑交通条件、运输距离、土地利用现状、基础设施状况等因素；
- d) 厂址宜选择在城市生活垃圾焚烧或填埋处置场所附近。

5.3 建设规模

5.3.1 医疗废物化学消毒集中处理工程的建设规模应综合考虑以下因素：

- a) 应考虑服务区域内医疗废物产生量、成分特点、变化趋势、医疗废物收运体系等；
- b) 应考虑化学消毒处理技术的适用性；
- c) 规模设计应根据当地实际情况预留足够的裕量，并考虑检修状况下的备用能力；
- d) 应考虑所在城市或区域内其它医疗废物处置设施、危险废物焚烧设施等在规模、技术适用性方面的优势互补和资源共享。

5.3.2 集中处理设备规模表示方法

5.3.2.1 干化学消毒单条生产线日处理规模建议有效工作时间为 16 h，具体时间根据处理量及设备设计要求合理确定。应急期间可适当延长日处理时间。日规模应以 1 小时处理量（t/h）转化为额定日处理量（t/d）表示，计算方法为：

$$W=\lambda\times T \quad (2)$$

式中：W——额定日处理量，t/d；

λ ——1 小时处理量，t/h；

T——日处理时间，h/d。

5.3.2.2 环氧乙烷单台消毒处理设备规模应根据消毒舱容积及单批次处理时间确定，按以下计算方法转化为额定日处理规模表示：

$$W=V\times\gamma\times\eta\times\frac{T}{T_1} \quad (3)$$

式中： W ——额定日处理量，t/d；

V ——消毒舱容积， m^3 ；

γ ——医疗废物容重， t/m^3 ；

η ——装载率，%；

T ——日运行时间，h/d；

T_1 ——单批次处理时间，h。

V 可根据实际消毒处理设备确定， γ 以 $0.1\sim 0.12\ t/m^3$ 计， η 以90%计， T 以16 h/d计。

5.4 工程构成

5.4.1 医疗废物化学消毒集中处理工程由主体工程、主要辅助工程和配套设施构成。

5.4.2 主体工程主要包括：

a) 接收贮存系统，该系统由医疗废物计量、卸料、贮存、转运等设施构成；

b) 化学消毒处理系统，该系统由进料单元、破碎单元、化学消毒剂供给单元、消毒处理单元、出料单元和自动化控制设施等构成；

c) 二次污染控制系统，该系统由清洗消毒单元、废气处理单元和废水处理单元构成。

5.4.3 主要辅助工程包括电气系统、给排水、消防、采暖通风、通信、机械维修、检测等设施。

5.4.4 配套设施主要包括办公用房、食堂、浴室、值班宿舍等设施。

5.5 总平面布置

5.5.1 医疗废物化学消毒集中处理工程的总平面布置，应根据厂址所在地区的自然条件，结合生产、运输、生态环境保护、职业卫生、职工生活，以及电力、通信、热力、给水、排水、防洪、排涝、污水处理等因素确定。

5.5.2 集中处理工程人流和物流的出、入口应分开设置，并应便利医疗废物运输车辆的进出。

5.5.3 集中处理工程的平面布置应按照生产和办公生活的功能分区设置。

5.5.4 集中处理工程生产区的平面布置应按照卸料、贮存、处理、清洗消毒的功能分区设置。

5.5.5 集中处理工程运输车辆及周转箱/桶清洗消毒设施宜临近卸料区设置。

5.6 道路

5.6.1 医疗废物化学消毒集中处理工程厂区道路的设置，应满足交通运输、消防、绿化及各种管线的铺设要求。

5.6.2 集中处理工程厂区道路路面宜采用水泥混凝土或沥青混凝土，并应符合 GB 50187 以及 GBJ 22 的相关要求。

5.7 绿化

5.7.1 医疗废物化学消毒集中处理工程厂区绿化布置应按照总图设计要求合理安排绿化用地。

5.7.2 集中处理工程厂区绿化应结合当地的自然条件，选择适宜的植物。

6 工艺设计

6.1 一般规定

6.1.1 医疗废物化学消毒集中处理工程建设宜采用成熟稳定的技术、工艺和设备。

6.1.2 集中处理工程在确保消毒处理效果的前提下，优先采用能耗低、污染少的技术、工艺和设备。

6.1.3 化学消毒处理效果检测应采用枯草杆菌黑色变种芽孢（ATCC 9372）作为生物指示物，集中处理工程的工艺设计应保证杀灭对数值 ≥ 4.00 。

6.1.4 集中处理工程应尽可能采用机械化和自动化设计，工作人员不得直接接触医疗废物。

6.1.5 集中处理工程的工艺设计应保证各工序的有效衔接以及控制和操作的便利性。

6.1.6 集中处理工程的工艺设计应同时考虑废气、废水、固体废物、噪声等污染防治措施。

6.1.7 集中处理工程的设计与施工应考虑土壤与地下水污染的防范措施。

6.1.8 集中处理工程应设置事故废水、初期雨水、地面清洗废水的导流收集系统。

6.1.9 集中处理工程应设置事故应急池和初期雨水收集池，其设计应符合相关规定。

6.1.10 采用新技术、新工艺前，应由第三方专业机构对技术、工艺、材料、装备、消毒处理效果及污染物排放等进行评估。

6.2 工艺选择

6.2.1 医疗废物化学消毒集中处理工程的工艺可选择干化学消毒、环氧乙烷消毒等处理工艺。

6.2.2 干化学消毒处理工艺采用破碎和化学消毒同时进行的工艺流程；环氧乙烷消毒处理工艺采用先消毒后破碎的工艺流程。其典型工艺流程分别如图1和图2所示。

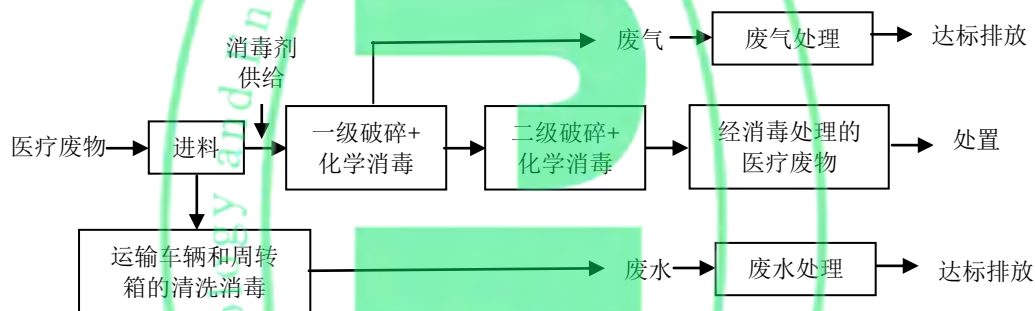


图1 干化学消毒处理工艺流程

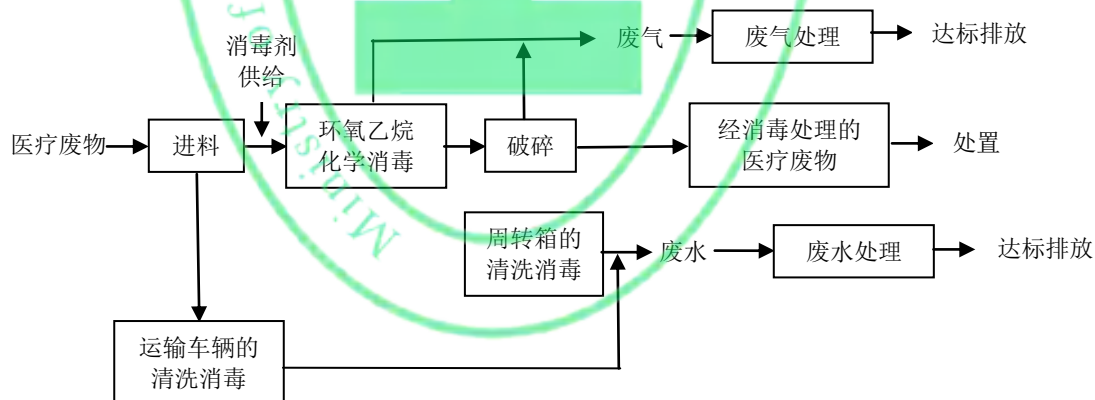


图2 环氧乙烷消毒处理工艺流程

6.3 工艺设计

6.3.1 接收贮存单元

6.3.1.1 医疗废物化学消毒集中处理工程应设置计量系统，计量系统应具有称重、记录、传输、打印

与数据统计功能。

6.3.1.2 集中处理工程卸料区面积应满足车辆停放、卸料操作要求，地面应硬化并应设置沟渠收集雨水、冲洗水。

6.3.1.3 集中处理工程应设置感染性、损伤性、病理性医疗废物贮存设施，贮存设施应全封闭、微负压设计，并配备制冷、消毒和排风口净化装置。

6.3.1.4 贮存设施贮存能力应综合医疗废物产生量、贮存时限及化学消毒处理设备检修期间医疗废物的贮存需求等因素确定，贮存时间应满足 GB 39707 的要求。

6.3.1.5 贮存设施地面和 1.0 m 高的墙裙应进行防渗处理，并应配备清洗水供应和收集系统。

6.3.1.6 贮存设施应根据医疗废物类型和接收时间合理分区，并合理设置转运通道。

6.3.2 进料单元

6.3.2.1 进料方式应根据工艺要求合理设置。干化学消毒集中处理工程应采用进料和破碎、消毒一体化的处理设备，环氧乙烷消毒集中处理工程宜采用自动进料设备。

6.3.2.2 干化学消毒集中处理工程进料点应设置集气装置，收集的废气应经处理后排放。一体化设备进料后应保持气密性。

6.3.2.3 进料口的设计应与 HJ 421 对周转箱/桶的相关要求匹配。

6.3.3 破碎单元

6.3.3.1 医疗废物应破碎毁形，破碎单元可根据处理工艺及后续处置要求合理设置。

6.3.3.2 破碎单元应在密闭负压条件下进行，收集的废气应经处理后排放。

6.3.3.3 干化学消毒集中处理工程采用破碎和化学消毒同时进行的工艺，检修前应对破碎设备彻底清洗消毒。

6.3.3.4 环氧乙烷消毒集中处理工程的破碎单元应设在环氧乙烷消毒处理单元之后。

6.3.4 消毒剂供给单元

6.3.4.1 消毒剂供给单元应具备自动计量、自动投加等功能。

6.3.4.2 干化学消毒集中处理工程的消毒剂供给单元由消毒剂添加设备、水添加设备、计量设备构成。

6.3.4.3 环氧乙烷消毒集中处理工程的消毒剂供给单元由环氧乙烷气体储罐、高压阀组、计量设备构成。

6.3.4.4 化学消毒剂产品质量要求如下：

a) 干化学消毒剂。所采用的干化学消毒剂中氧化钙的有效浓度应为 90% 以上，氧化钙粒径不宜超过 200 目；

b) 环氧乙烷。所采用的环氧乙烷纯度应大于 99.9%。

6.3.5 化学消毒处理单元

6.3.5.1 干化学消毒集中处理工程的工艺参数要求如下：

a) 干化学消毒剂投加量应在 0.075~0.12 kg/kg 医疗废物范围内，喷水比例应在 0.006~0.013 kg/kg 医疗废物范围内，消毒温度应 $\geq 90^{\circ}\text{C}$ ，反应控制的强碱性环境 pH 应在 11.0~12.5 范围内；

b) 干化学消毒剂与破碎后的医疗废物总计接触反应时间应 $> 120\text{ min}$ 。

6.3.5.2 环氧乙烷消毒集中处理工程的工艺参数要求如下：

a) 环氧乙烷浓度应 $\geq 900\text{ mg/L}$ ，消毒温度应控制在 $54^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 范围内，消毒时间应 $\geq 4\text{ h}$ ，相对湿度应控制在 60%~80% 范围内，初始压力应为 -80 kPa 的真空环境；

b) 消毒后的医疗废物应暂存解析 15~30 min，暂存解析应在负压状态下运行，环氧乙烷解析室度

气应经统一收集处理后达标排放。

6.3.6 出料单元

6.3.6.1 医疗废物化学消毒集中处理工程应设置自动出料装置，干化学消毒集中处理工艺的出料单元还应设置 pH 值及温度监测装置。

6.3.6.2 出料单元应设置机械输送装置，可将经消毒处理的医疗废物直接送入接收容器或车辆。

6.3.6.3 集中处理工程距离处置场所较远时，可将经消毒处理的医疗废物压缩后送入接收容器或车辆。

6.3.7 处置

6.3.7.1 经消毒处理的医疗废物处置应符合 GB 39707 的要求。

6.3.7.2 经消毒处理的医疗废物外运处置时，外运车辆应采取防洒落措施。

6.3.7.3 经消毒处理的医疗废物如需厂内贮存，应单独存放于具备防雨、防风、防渗功能的库房。不得将经消毒处理的医疗废物与未处理的医疗废物一起存放。不得使用医疗废物周转箱/桶盛装经消毒处理的医疗废物。

6.3.8 清洗消毒单元

6.3.8.1 医疗废物化学消毒集中处理工程应设置用于医疗废物运输车辆、周转箱/桶，以及卸料区、贮存设施清洗消毒的设施。不得在社会车辆清洗场所清洗医疗废物运输车辆。

6.3.8.2 医疗废物运输车辆、卸料区、贮存设施等的清洗消毒可采取喷洒消毒方式，周转箱/桶的清洗消毒可采取浸泡消毒方式或喷洒消毒方式。

6.3.8.3 采用喷洒消毒方式时，可采用有效氯浓度为 1 000 mg/L 的消毒液，均匀喷洒，静置作用时间 > 30 min；采用浸泡消毒方式时，可采用有效氯浓度为 500 mg/L 的消毒液，浸泡时间 > 30 min。

6.3.8.4 周转箱/桶的清洗消毒宜选用自动化程度较高的设备。

6.3.8.5 清洗消毒场所应设置消毒废水收集设施，收集的废水应排至厂区废水处理设施。

6.3.9 废气处理单元

6.3.9.1 医疗废物化学消毒集中处理工程化学消毒处理单元和贮存设施排气口应设置废气净化装置，废气净化装置应具备除菌、除臭、去除颗粒物和 VOCs 的功能。

6.3.9.2 进料口、出料口、破碎设备集气装置收集的废气，宜导入化学消毒处理单元的废气净化装置，也可单独设置废气净化装置进行处理。

6.3.9.3 废气净化装置可选择活性炭吸附、生物净化等技术，并根据废气特征及排放要求单独或组合设置。环氧乙烷化学消毒集中处理工程还应设置废气喷淋处理装置。

6.3.9.4 废气净化装置应设置进气阀、压力仪表和排气阀，设计流量应与处理规模相匹配。

6.3.9.5 废气处理单元管道之间应保证连接的气密性。

6.3.9.6 排气筒高度设置应符合 GB 16297 的要求。

6.3.10 废水处理单元

6.3.10.1 医疗废物化学消毒集中处理工程的生产废水及生活污水应分别设置收集系统。生活污水宜排入市政管网，或单独收集、单独处理，不得与生产废水混合收集、处理。

6.3.10.2 集中处理工程应设置生产废水处理设施，废水处理工艺应根据废水水质特点、处理后的去向等因素确定，宜采用二级处理+消毒工艺或二级处理+深度处理+消毒工艺，工艺设计参见 HJ 2029。

6.3.10.3 化学消毒处理过程产生的残液应经消毒处理后排入生产废水处理设施，消毒处理效果不低于医疗废物化学消毒处理的消毒要求，可采用热力消毒方式对残液进行消毒处理。

6.3.10.4 集中处理工程的初期雨水、事故废水应收集并排入生产废水处理设施。

6.3.10.5 集中处理工程废水处理设施出水宜优先回用。回用于生产，应符合 GB/T 19923 的要求；回用于清洗等，应符合 GB/T 18920 的要求。

6.3.11 固体废物处理处置

6.3.11.1 化学消毒集中处理过程产生的填料、滤料、污泥等固体废物应根据其污染特性分类收集、处置。

6.3.11.2 废气净化装置失效的填料、滤料应经消毒处理后再进行后续处置。

6.3.11.3 废水处理设施产生的污泥应经消毒处理后再进行后续处置，消毒方法参见 HJ 2029。

6.3.12 噪声控制

主要噪声源应采取基础减震和隔声措施。

7 主要工艺设备和材料

7.1 一般规定

7.1.1 化学消毒处理设备应根据防腐、耐压要求选择材质。

7.1.2 处理设备宜优先选择通过环保产品认证或环境技术评估的设备。

7.2 设备

7.2.1 干化学消毒集中处理设备

7.2.1.1 应能够实现对工艺系统 pH 值和温度的连续监测。

7.2.1.2 集中处理系统应设置联锁装置。

7.2.2 环氧乙烷消毒集中处理设备

7.2.2.1 环氧乙烷供给单元、消毒单元、破碎单元、环氧乙烷贮存场所应设置环氧乙烷气体浓度报警装置。

7.2.2.2 消毒剂添加喷口应均匀设置于消毒舱顶部，并配置内循环及保温装置，保证消毒舱内环氧乙烷浓度、温度均衡。

7.2.2.3 消毒舱和破碎空间应通入氮气，置换其中的氧气。

7.2.2.4 消毒舱、管道应符合化工企业静电接地设计规程 HG/T 20675 的要求。

7.3 材料

7.3.1 废气净化装置的过滤材料应采用疏水性介孔材料，并应满足 $\geq 140^{\circ}\text{C}$ 的耐温要求，过滤孔径不得大于 $0.2\ \mu\text{m}$ 。

7.3.2 破碎设备的刀片材料应具备耐磨性能。

8 检测与过程控制

8.1 一般规定

8.1.1 医疗废物化学消毒集中处理工程应具备污染物排放的自行检测能力，配备相应的场所、设备、用品。

8.1.2 集中处理工程应定期委托具有相应能力或资质的单位开展消毒处理效果检测。

8.1.3 化学消毒处理设备应实现全过程自动控制。

8.2 检测

8.2.1 消毒处理效果检测

8.2.1.1 消毒处理效果应采用生物检测方法，检测频率不少于 1 次/季度。化学消毒处理设备的运行参数调整、进料量调整、消毒单元维修等情况下，应开展消毒处理效果检测。

8.2.1.2 消毒处理效果检测应在化学消毒处理设备的正常工况条件下进行，具体要求参见附录 B。

8.2.2 污染物排放检测

8.2.2.1 废气应检测颗粒物、非甲烷总烃、恶臭污染物（不含臭气浓度）等指标，限值及检测方法参照 GB 39707。

8.2.2.2 废水应检测 GB 18466 中规定的综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放指标，重大传染病疫情期间应检测 GB 18466 中规定的传染病、结核病医疗机构水污染物排放指标或疫情期间要求检测的相关指标，并执行相应限值要求。

8.2.2.3 废水排放在线监测设备的设置或使用应符合 HJ 354 的要求。

8.3 过程控制

8.3.1 自动控制单元应能实现医疗废物供给设施自动启停，应能实现破碎工艺过程以及化学消毒处理工况的自动控制。

8.3.2 自动控制单元应能够实时显示当前运行所处的状态。干化学消毒集中处理工程应能显示、存储消毒温度、消毒时间、消毒剂浓度、pH 值等工艺参数，环氧乙烷消毒集中处理工程应能显示、存储消毒温度、消毒时间、消毒剂浓度等工艺参数。

8.3.3 干化学消毒集中处理过程应具有 pH 值实时监测和安全联锁控制功能。pH 值出现异常时，应实现自动停止医疗废物进料及消毒剂的添加。

8.3.4 自动控制单元应具备自动记录、存储及数据输出功能，并实现远程监控功能。

9 主要辅助工程

9.1 电气系统

9.1.1 医疗废物化学消毒集中处理工程电气系统的设计应符合 GB 50052 要求，并设置应急电源。

9.1.2 集中处理工程应设置通讯设备，保证厂区岗位之间和厂内外联系畅通。

9.1.3 集中处理工程处理设备用电负荷应执行电力设计的有关规定，具体用电要求应符合 GB 50052 规定。

9.1.4 集中处理工程照明设计应满足厂区设施运行要求，具体设计应符合 GB 50034 的要求。

9.2 给排水与消防

9.2.1 给排水

9.2.1.1 医疗废物化学消毒集中处理工程厂区给水管网应满足生产、生活、消防的要求。

9.2.1.2 集中处理工程排水应采用雨污分流制。

9.2.1.3 集中处理工程雨水量设计重现期应符合 GB 50014 的要求。

9.2.2 消防

9.2.2.1 医疗废物化学消毒集中处理工程建筑的防火分区和耐火等级应符合 GB 50016 的要求。

9.2.2.2 集中处理工程的消防设施、疏散通道的设置应符合 GB 50016 的要求。

9.2.2.3 集中处理工程厂房内部装修的防火设计应符合 GB 50222 的要求。

9.3 采暖通风与空调

9.3.1 医疗废物化学消毒集中处理工程建筑物的采暖通风和空调设计应符合 GB 50019 的要求。

9.3.2 集中处理工程车间以及贮存间应设置排风装置，排出的气体应净化处理后排放。

9.4 建筑与结构

9.4.1 医疗废物化学消毒集中处理工程厂房楼（地）面的设计，除满足工艺使用要求外，还应符合 GB 50037 的要求。贮存设施墙面应方便进行清洗消毒，控制室地面应采取防静电措施。

9.4.2 集中处理工程厂房采光设计应符合 GB 50033 的要求。

9.4.3 寒冷和严寒地区的建筑结构及给排水管道应采取保温防冻措施。

10 职业卫生

10.1 医疗废物化学消毒集中处理工程在设计、建设和运行的各个阶段，应采取卫生防护措施，并在相关区域的醒目位置设置警示标志。

10.2 集中处理工程应对管理和运行人员进行职业卫生培训。

10.3 医疗废物化学消毒集中处理工程的职业卫生管理应符合 GBZ 1、GBZ 2.1 和 GBZ 2.2 等国家职业卫生法规等管理要求。

10.4 集中处理工程应在清洁区和污染区之间设置过渡区，并应设置必要的消毒清洗设施。

10.5 集中处理工程运营单位应按照 GBZ 188 的相关规定开展职业健康监护。

11 施工与验收

11.1 施工

11.1.1 医疗废物化学消毒集中处理工程应执行规划许可的有关规定。

11.1.2 集中处理工程应系统保存建设、施工、安装及设备的文件资料，并按有关建设要求存档、备案。

11.2 验收

11.2.1 医疗废物化学消毒集中处理工程验收工作应包括工程建设与设计文件的匹配情况、设备运行状况、工程档案资料完整性和规范性、各专项验收完成情况、对工程遗留问题提出处理意见等内容。

11.2.2 集中处理工程竣工环境保护验收过程应对集中处理工程的消毒处理效果、运行工况和污染物排放情况进行检测。

12 运行与维护

12.1 制度与执行

12.1.1 医疗废物化学消毒集中处理工程运营单位应建立完善的运行管理制度体系。

12.1.2 集中处理工程运营单位应建立运行操作规程和环境应急预案。

12.1.3 集中处理工程运营单位应定期组织员工培训和突发环境事件应急演练。

12.1.4 集中处理工程运营单位应建立档案信息系统，数据保存期限应符合相关要求。

12.2 人员配置

12.2.1 医疗废物化学消毒集中处理工程运营单位应根据生产需要，设置岗位并配备人员。

12.2.2 集中处理工程运营单位的工作人员应接受专业培训。

12.3 运行管理

12.3.1 医疗废物的收集、贮存、转移应执行危险废物转移联单管理制度，并应准确填写医疗废物的数量、种类、去向等信息。

12.3.2 集中处理工程运营单位应定期对设施、设备运行状况进行检查、校验，及时排除故障和隐患。

12.3.3 集中处理工程运营单位应定期检查污染治理设施运行状况，检查频率为不少于1次/月。

12.3.4 集中处理工程运营单位应及时更换污染治理设施的消耗材料，补充应急物资。

12.3.5 运行工艺参数异常情况下处理的医疗废物应重新进行化学消毒处理。

12.4 检测

12.4.1 医疗废物化学消毒集中处理工程运营单位应定期对消毒处理效果、运行工况和污染物排放情况进行检测，并记录相关信息和数据。

12.4.2 消毒处理效果若检测为不合格，应及时查找原因、排除故障，并再次进行检测。

12.4.3 集中处理工程所配备的仪器仪表应至少每年检测、校验1次，并记录相关情况。

12.4.4 集中处理工程运营单位在投入运行前或化学消毒单元维修后，应对医疗废物化学消毒处理效果及污染物排放进行检测。

12.4.5 环氧乙烷消毒集中处理工程，应定期对消毒舱、管道、接头进行测漏检测。

12.5 环境应急

12.5.1 医疗废物化学集中处理工程应根据环境应急预案要求配备应急物资。

12.5.2 事故发生时应及时启动相应的环境应急响应，采取应急措施。

附 录 A
(资料性附录)
医疗卫生机构医疗废物产生量估算方法

医疗卫生机构的医疗废物产生量包括固定病床的医疗废物产生量和门诊的医疗废物产生量,医疗废物产生系数可根据集中处理工程所在地的实际情况合理确定。产生量的估算方法如下:

A.1 固定病床的医疗废物产生量可按以下方法计算及预测:

$$Q_b = \alpha_b \times B_b \times p_b \quad (\text{A.1})$$

式中: Q_b ——病床医疗废物产生量, kg/d;

α_b ——病床床位医疗废物产生系数, kg/(床·d);

B_b ——病床床位数, 床;

p_b ——病床床位使用率, %。

A.2 门诊医疗废物产生量可按以下方法计算及预测:

$$Q_m = \alpha_m \times N_m \quad (\text{A.2})$$

式中: Q_m ——门诊医疗废物产生量, kg/d;

α_m ——门诊医疗废物产生系数, kg/(人·d);

N_m ——门诊人数, 人次。

A.3 无床位的小型门诊的医疗废物产生量可按医务人员就业数量和单位医务人员医疗废物产生率计算和预测:

$$Q_x = \alpha_x \times N_x \quad (\text{A.3})$$

式中: Q_x ——无床位的小型门诊医疗废物产生量, kg/月;

α_x ——无床位的小型门诊单位医务人员医疗废物产生系数, kg/(人·月);

N_x ——医务人员数, 人次。

附录 B
(资料性附录)

医疗废物化学消毒处理效果检测布点与评价要求

B.1 消毒用指示菌要求

B.1.1 化学消毒处理效果检测应采用枯草杆菌黑色变种芽孢(ATCC 9372)作为生物指示剂。

B.1.2 枯草杆菌黑色变种芽孢载体含量应为 $1 \times 10^6 \sim 5 \times 10^6$ CFU/载体。

B.1.3 采用环氧乙烷消毒处理设备,在环氧乙烷浓度为 $900 \text{ mg/L} \pm 30 \text{ mg/L}$,作用温度为 $54^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$,相对湿度为 60%的条件下,枯草杆菌黑色变种芽孢的抗力 D 值应 $\geq 2.5 \text{ min}$ 。菌种选择及菌种抗力参见《消毒技术规范》和卫生学评价的有关要求。

B.2 染菌载体选择要求

B.2.1 采用破碎和消毒同时进行的干化学消毒处理设备,可使用输液管作为载体。

B.2.2 采用先消毒后破碎工艺的环氧乙烷消毒处理设备,可使用不锈钢针作为载体。

B.3 染菌载体布点要求

B.3.1 采用干化学消毒处理设备,将适量(以每次消毒后至少找出 10 个染菌载体为准)染菌载体直接与医疗废物混合后放入消毒处理设备内。

B.3.2 采用环氧乙烷消毒处理设备,染菌载体个数可根据消毒舱容积确定:

- a) 消毒舱容积 $< 5 \text{ m}^3$ 时,应至少放置 10 个染菌载体于不同点位;
- b) 消毒舱容积为 $5 \sim 10 \text{ m}^3$ 时,每增加 1 m^3 ,增加 1 个点位;
- c) 消毒舱容积 $> 10 \text{ m}^3$ 时,每增加 2 m^3 ,增加 1 个点位。

B.3.3 布点位置应包含消毒舱内最难消毒的位置,该位置可由化学消毒处理设备厂商提供或经试验确定。

B.4 处理效果检测要求

B.4.1 实验器材

- a) 实验菌株:枯草杆菌黑色变种芽孢(ATCC 9372);
- b) 消毒因子:干化学消毒剂、环氧乙烷;
- c) 中和剂:不同的化学消毒剂可选择不同的中和剂,中和剂鉴定试验方法可参见《消毒技术规范》;
- d) 洗脱液:含 0.1%吐温 80 的磷酸盐缓冲液(0.03 mol/L , $\text{pH} 7.2$);
- e) 培养基:胰蛋白胨大豆琼脂培养基(TSA);
- f) 载体:输液管,内径为 3 mm ,长度一般不大于 50 mm ;不锈钢针,直径为 0.4 mm ,长度为 20 mm ;

g) 模拟医疗废物管腔：一次性使用输液器去掉针头部分，直径为 3 mm、长度为 1 900 mm；

h) 刻度吸管：刻度为 1.0 mL、5.0 mL、10.0 mL；

i) 移液器：刻度为 10 μ L、20 μ L 及配套的塑料吸头；

j) 无菌平皿：直径 90 mm；

k) 培养箱：37℃恒温培养箱；

l) 模拟医疗废物：采用干化学消毒处理设备，选择 5%的有机原料（如：汉堡包、肉包子、馒头等）和 95%塑料、纤维和玻璃等；采用其他化学消毒剂处理设备，可按使用说明书要求准备干净的各种医疗用品。

B.4.2 染菌载体的制备

B.4.2.1 芽孢悬液的制备

参照《消毒技术规范》的方法制备细菌芽孢，用胰蛋白胨大豆肉汤培养基（TSB）稀释制备好的芽孢，制成芽孢悬液，芽孢含量为 $10^8 \sim 10^9$ CFU/mL。

B.4.2.2 输液管染菌载体的制备

用移液器吸取 10 μ L 芽孢悬液，置入用作载体的输液管内，轻轻挤压，使其均匀分布于管腔内，将载体放入无菌平皿内，置于 37℃恒温培养箱中干燥，制成染菌载体备用，每个染菌载体的芽孢回收数量应为 $1 \times 10^6 \sim 5 \times 10^6$ CFU/载体。

B.4.2.3 不锈钢针染菌载体的制备

用两个小铁夹子夹住不锈钢针两端，将其横向支撑起来，用 10 μ L 移液器吸取芽孢悬液并滴染不锈钢针，每根不锈钢针滴染 5 滴，在室温自然晾干制成染菌载体，每个染菌载体的芽孢回收数量为 $1 \times 10^6 \sim 5 \times 10^6$ CFU/载体。将染菌载体放置于 1 900 mm 长的模拟医疗废物管腔的中间部位，然后盘起该管腔（以防止不锈钢针染菌载体移动），放入 180 mm $\times$ 120 mm 的无菌布袋内备用。

B.4.3 消毒处理效果检测

B.4.3.1 干化学消毒工艺的检测要求

a) 将适量输液管染菌载体或自含式生物指示物与模拟医疗废物均匀混合，一并置入化学消毒处理设备，在满载的条件下，按照使用说明书要求的消毒处理程序进行消毒处理；

b) 消毒处理过程结束后，立即在处理设备出口处经消毒处理的医疗废物中收集输液管染菌载体，以无菌操作方式取至少 10 个染菌载体，分别用无菌剪刀剪碎后放入含有 5 mL 中和剂的试管中，作用 10 min，将试管在手掌上振打 200 次，做 10 倍系列稀释。选择适宜稀释度，分别吸取 1 mL，以倾注法接种于两个平皿中，置 37℃恒温培养箱中培养 72 h，计数存活菌数，作为试验组，使用自含式生物指示物按使用说明书要求培养；

c) 分别取 2 个输液管染菌载体放在室温下，不经消毒处理，待试验组达到规定作用时间后，分别用无菌剪刀将该染菌载体剪碎后，放入含 5 mL 洗脱液的试管中，其余试验步骤与上述试验组相同，作为阳性对照组；

d) 分别取中和剂、稀释液各 1 mL，接种 2 个无菌平皿，倾入 15~20 mL 同批次的培养基，并与试验组做同样培养，作为阴性对照组；

e) 以上试验重复 3 次。

B.4.3.2 环氧乙烷消毒工艺的检测要求

a) 将放有含染菌载体的模拟医疗废物管腔的布袋与模拟医疗废物混合放入双层黄色医疗废物垃圾袋中，然后按 B.3.1 和 B.3.2 的要求，将该垃圾袋放入化学消毒处理设备消毒舱中，在满载的条件下，按照使用说明书的消毒处理程序进行消毒处理；

b) 消毒处理完毕后，收集放有染菌载体的布袋。以无菌操作方式，将不锈钢针染菌载体分别放入

含有 5 mL 洗脱液的试管中，将试管在手掌上振打 200 次，做 10 倍系列稀释，选适宜稀释度，分别吸取 1 mL，以倾注法接种于两个平皿中，放置于 37℃ 恒温培养箱中，培养 72 h，计数存活菌数，即为试验组；

c) 分别取 2 个不锈钢针染菌载体放在室温下，不经消毒处理，待试验组达规定作用时间后，立即将该染菌载体分别移入含 5 mL 洗脱液的试管中，其余试验步骤与上述试验组相同，作为阳性对照组；

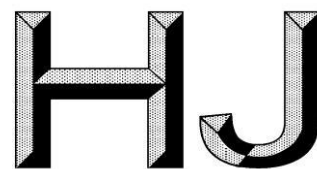
d) 分别取洗脱液各 1 mL，接种至 2 个无菌平皿，倾入 15~20 mL 同批次的培养基，并与试验组做同样培养，作为阴性对照组；

e) 以上试验重复 3 次。

B.5 处理效果评价方法

B.5.1 每次试验的阳性对照组回收菌量均应为 $1 \times 10^6 \sim 5 \times 10^6$ CFU/载体，阴性对照组应无菌生长，试验组所有染菌载体的杀灭对数值均 ≥ 4.00 ，可判定为消毒合格。

B.5.2 使用自含式生物指示物试验时，按厂家使用说明书规定的方法进行判定。



中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 229—2021

代替 HJ/T 229—2006

医疗废物微波消毒集中处理工程技术规范

Technical specifications for centralized treatment engineering of microwave
disinfection on medical waste

本电子版为正式标准文本，由生态环境部环境标准研究所审校排版。

2021-04-30 发布

2021-04-30 实施

生态环境部 发布

目 次

前 言	ii
1 适用范围	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义	2
4 污染物与污染负荷.....	3
5 总体要求	4
6 工艺设计	6
7 主要工艺设备和材料.....	9
8 检测与过程控制.....	9
9 主要辅助工程.....	10
10 职业卫生	11
11 施工与验收.....	11
12 运行与维护	11
附录 A（资料性附录） 医疗卫生机构医疗废物产生量估算方法	13
附录 B（资料性附录） 医疗废物微波消毒处理效果检测布点与评价要求	14

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》和《医疗废物管理条例》等法律法规，防治环境污染，改善生态环境质量，规范医疗废物微波消毒集中处理工程的设计和运行管理，制定本标准。

本标准规定了医疗废物微波消毒集中处理工程的设计、施工、验收和运行维护的技术要求。

本标准首次发布于 2006 年，本次为第一次修订。修订的主要内容如下：

- 完善了术语和定义；
- 补充了微波与高温蒸汽组合消毒处理工艺的技术要求，并优化了工艺参数；
- 优化了微波消毒集中处理工程建设选址和规模要求；
- 细化了微波消毒集中处理工程的运行和检测要求；
- 明确了微波消毒集中处理工程的设备和材料要求；
- 增加了附录 A（资料性附录）医疗卫生机构医疗废物产生量估算方法；
- 增加了附录 B（资料性附录）医疗废物微波消毒处理效果检测布点与评价要求。

本标准附录 A 和附录 B 为资料性附录。

自本标准实施之日起，《医疗废物微波消毒集中处理工程技术规范（试行）》（HJ/T 229—2006）废止。

本标准由生态环境部科技与财务司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：沈阳环境科学研究院、中国科学院大学、生态环境部对外合作与交流中心、生态环境部环境标准研究所、生态环境部环境规划院。

本标准生态环境部 2021 年 4 月 30 日批准。

本标准自 2021 年 4 月 30 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

医疗废物微波消毒集中处理工程技术规范

1 适用范围

本标准规定了医疗废物微波消毒集中处理工程的污染物与污染负荷、总体要求、工艺设计、主要工艺设备和材料、检测与过程控制、主要辅助工程、职业卫生、施工与验收、运行与维护等。

本标准适用于医疗废物微波消毒集中处理设施新建、改建和扩建工程的设计、施工、验收及运行等全过程，可作为医疗废物微波消毒处理工程项目的环境影响评价、环境保护设施设计与施工、验收及建成后运行与环境管理的技术依据。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 150	压力容器
GB 5959.6	电热装置的安全 第 6 部分：工业微波加热设备的安全规范
GB 12348	工业企业厂界环境噪声排放标准
GB 15562.2	环境保护图形标志——固体废物贮存（处置）场
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 16297	大气污染物综合排放标准
GB 18466	医疗机构水污染物排放标准
GB/T 18920	城市污水再生利用 城市杂用水水质
GB/T 19923	城市污水再生利用 工业用水水质
GB 39707	医疗废物处理处置污染控制标准
GB 50014	室外排水设计标准
GB 50016	建筑设计防火规范
GB 50019	工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
GB 50033	建筑采光设计标准
GB 50034	建筑照明设计标准
GB 50037	建筑地面设计规范
GB 50052	供配电系统设计规范
GB 50187	工业企业总平面设计规范
GB 50222	建筑内部装修设计防火规范
HJ 354	水污染源在线监测系统（COD _{Cr} 、NH ₃ -N 等）验收技术规范
HJ 421	医疗废物专用包装袋、容器和警示标志标准
HJ 2029	医院污水处理工程技术规范
GBJ 22	厂矿道路设计规范
GBZ 1	工业企业设计卫生标准
GBZ 2.1	工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素
GBZ 2.2	工作场所有害因素职业接触限值 第 2 部分：物理因素
GBZ 188	职业健康监护技术规范
《医疗废物管理条例》（国务院令 第 380 号）	

《国家危险废物名录》（生态环境部令 第15号）

《医疗废物分类目录》（卫医发〔2003〕287号）

《消毒技术规范》（卫法监发〔2002〕282号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

医疗废物 medical waste

医疗卫生机构在医疗、预防、保健及其他相关活动中产生的具有直接或间接感染性、毒性以及其他危害性的废物，也包括《医疗废物管理条例》规定的其他按照医疗废物管理和处置的废物。

3.2

微波消毒 microwave disinfection

利用单独微波作用或微波与高温蒸汽组合作用杀灭医疗废物中病原微生物，使其消除潜在感染性危害的处理方法。

3.3

单独微波消毒 independent microwave disinfection

以微波的辐射和加热组合作用杀灭医疗废物中病原微生物的微波消毒处理方法。

3.4

微波与高温蒸汽组合消毒 microwave & steam disinfection

以微波与高温蒸汽组合作用杀灭医疗废物中病原微生物的微波消毒处理方法。

3.5

消毒处理 disinfection treatment

杀灭或消除医疗废物中的病原微生物，使其消除潜在的感染性危害的过程。消毒处理技术主要包括高温蒸汽消毒、化学消毒、微波消毒、高温干热消毒等。

3.6

贮存 storage

将医疗废物存放于符合特定要求的专门场所或设施的活动。

3.7

处置 disposal

将医疗废物焚烧达到减少数量、缩小体积、减少或消除其危险成分的活动，或者将经消毒处理的医疗废物按照相关国家规定进行焚烧或填埋的活动。

3.8

周转箱/桶 transfer container/barrel

医疗废物运送过程中用于盛装经初级包装的医疗废物的专用硬质容器。

3.9

消毒舱 disinfection chamber

消毒处理设备内部对医疗废物进行微波消毒处理的腔体。

3.10

消毒舱容积 loading volume of disinfection chamber

消毒舱内直接盛装待处理医疗废物的腔体或容器的实际容积。

3.11

消毒温度 disinfection temperature

为达到规定的生物灭活程度而设定的消毒舱内稳定、有效的温度限值。

3.12

消毒时间 disinfection time

消毒舱内升温达到消毒温度后，医疗废物在消毒温度下的持续停留时间，不包括升温时间和降温时间。

3.13

杀灭对数值 killing log value

当生物指示物数量以对数表示时，消毒处理前后生物指示物数量减少的值。计算公式为：

$$KL = N_0 - N_x \quad (1)$$

式中：KL——杀灭对数值；

N_0 ——消毒处理前生物指示物数量的对数值；

N_x ——消毒处理后生物指示物数量的对数值。

3.14

废气 exhaust gas

医疗废物微波消毒处理过程中从消毒舱内抽（排）出的气体、贮存设施排出的气体以及进料、破碎、出料等环节产生的气体。

4 污染物与污染负荷

4.1 适用的医疗废物种类

4.1.1 医疗废物微波消毒集中处理工程适用于处理《医疗废物分类目录》和《国家危险废物名录》中的感染性废物、损伤性废物以及病理切片后废弃的人体组织、病理蜡块等不可辨识的病理性废物。

4.1.2 集中处理工程不适用于处理药物性废物、化学性废物。

4.2 医疗废物产生量

4.2.1 医疗废物微波消毒集中处理工程服务区内医疗卫生机构的医疗废物产生量应按可收集和处理的废物实际重量进行统计与核定。无法获得实际产生量的，可对医疗废物产生量进行估算，估算方法参见附录 A。

4.2.2 其他产生源医疗废物产生量可根据各地实际情况合理估算。

4.3 污染物来源与种类

4.3.1 医疗废物微波消毒集中处理过程产生的废气主要来源于微波消毒处理及贮存、进卸料、破碎等环节，污染物主要为颗粒物、恶臭、挥发性有机物（VOCs）等。

4.3.2 集中处理过程产生的废水主要来源于微波消毒处理、运输车辆和周转箱/桶清洗消毒、卸料区和贮存区等生产区清洗消毒、微波消毒处理和破碎设备清洗消毒等环节，以及生产区和废水处理区的初期雨水、事故废水。主要污染物指标为 pH 值、生化需氧量（BOD）、化学需氧量（COD）、悬浮物（SS）。

4.3.3 集中处理过程产生的固体废物主要为经消毒处理的医疗废物以及废气处理装置失效的填料、废水处理产生的污泥等固体废物。

4.3.4 集中处理过程产生的噪声污染主要来自风机、泵、破碎机等设备。

5 总体要求

5.1 一般规定

5.1.1 医疗废物微波消毒集中处理工程建设应遵守国家传染病防治、生态环境保护、消防、安全生产、职业卫生等相关规定。

5.1.2 集中处理工程运行产生的废气、废水、噪声污染及厂界的大气污染物（不包括臭气浓度）控制应符合 GB 39707 等国家和地方相关污染物排放标准要求。

5.1.3 经消毒处理的医疗废物及其他固体废物应符合国家固体废物管理和处置的相关规定。

5.1.4 集中处理工程应设置围墙、警示标志，并符合 GB 15562.2、HJ 421 的要求。

5.1.5 集中处理工程排气筒的设置应符合 GB 16297 的要求，采样监测应符合 GB/T 16157 的要求。

5.2 厂址选择

5.2.1 医疗废物微波消毒集中处理工程厂址选择应符合 GB 39707 的相关规定。

5.2.2 集中处理工程厂址选择还应综合考虑以下条件：

- a) 厂址应满足工程建设的工程地质条件、水文地质条件和气象条件；
- b) 厂址所在区域不应受洪水、潮水或内涝的威胁；必须建在该地区时，应有可靠的防洪、排涝措施；
- c) 厂址附近应有满足生产、生活的供水水源、污水排放、电力供应等条件，并应综合考虑交通条件、运输距离、土地利用现状、基础设施状况等因素；
- d) 厂址应考虑蒸汽供给条件（如有蒸汽消毒环节）；如需自建蒸汽供给单元，还应符合大气污染防治的相关规定；
- e) 厂址宜选择在生活垃圾焚烧或填埋处置场所附近。

5.3 建设规模

5.3.1 医疗废物微波消毒集中处理工程的建设规模应综合考虑以下因素：

- a) 应考虑服务区域内医疗废物产生量、成分特点、变化趋势、医疗废物收运体系等；
- b) 应考虑微波消毒处理技术的适用性；
- c) 规模设计应根据当地实际情况预留足够的裕量，并考虑检修状况下的备用能力；
- d) 应考虑所在城市或区域内其它医疗废物处置设施、危险废物焚烧设施等在规模、技术适用性方面的优势互补和资源共享。

5.3.2 微波消毒处理设备的单条生产线日处理规模建议有效工作时间为 16 h，具体时间根据处理量及设备设计要求合理确定。应急期间可适当延长日处理时间。日规模应以 1 小时处理量（t/h）转化为额定日处理量（t/d）表示，计算方法为：

$$W=\lambda\times T \quad (2)$$

式中：W——额定日处理量，t/d；

λ ——1 小时处理量，t/h；

T——日处理时间，h/d。

5.3.3 微波与高温蒸汽组合消毒处理工艺处理设备规模应以消毒舱容积（m³）转化为额定日处理量（t/d）表示，计算方法为：

$$W=V \times \gamma \times \eta \times f \quad (3)$$

式中：W——额定日处理量，t/d；

V——消毒舱容积，m³；

γ ——医疗废物容重，t/m³；

η ——装载率，%；

f——日处理频次，d⁻¹。

V应不大于2 m³， γ 以0.1~0.12 t/m³计， η 以90%计，f可根据单批次处理时间和处理厂日运行时间确定。

5.4 工程构成

5.4.1 医疗废物微波消毒集中处理工程一般由主体工程、主要辅助工程和配套设施构成。

5.4.2 主体工程主要包括：

a) 接收贮存系统，该系统由医疗废物计量、卸料、贮存、转运等设施构成；

b) 微波消毒处理系统，该系统由进料单元、破碎单元、消毒处理单元、出料单元和自动化控制设施等构成；

c) 二次污染控制系统，该系统由清洗消毒单元、废气处理单元和废水处理单元构成。

5.4.3 主要辅助工程包括电气系统、给排水、蒸汽供给、消防、采暖通风、通信、机械维修、检测等设施。

5.4.4 配套设施主要包括办公用房、食堂、浴室、值班宿舍等设施。

5.5 总平面布置

5.5.1 医疗废物微波消毒集中处理工程的总平面布置，应根据厂址所在地区的自然条件，结合生产、运输、生态环境保护、职业卫生、职工生活，以及电力、通信、热力、给水、排水、防洪、排涝、污水处理等因素确定。

5.5.2 集中处理工程人流和物流的出、入口应分开设置，并应便利医疗废物运输车辆的进出。

5.5.3 集中处理工程平面布置应按照生产和办公生活的功能分区设置。

5.5.4 集中处理工程生产区的平面布置应按照卸料、贮存、处理、清洗消毒的功能分区设置。

5.5.5 集中处理工程运输车辆及周转箱/桶清洗消毒设施宜临近卸料区设置。

5.6 道路

5.6.1 医疗废物微波消毒集中处理工程厂区道路的设置，应满足交通运输、消防、绿化及各种管线的铺设要求。

5.6.2 集中处理工程厂区道路路面宜采用水泥混凝土或沥青混凝土，并应符合 GB 50187 以及 GBJ 22 的相关要求。

5.7 绿化

5.7.1 医疗废物微波消毒集中处理工程厂区绿化布置应符合总图设计要求合理安排绿化用地。

5.7.2 集中处理工程厂区绿化应结合当地的自然条件，选择适宜的植物。

6 工艺设计

6.1 一般规定

6.1.1 医疗废物微波消毒集中处理工程建设宜采用成熟稳定的技术、工艺和设备。

6.1.2 集中处理工程在确保处理效果的前提下，优先采用能耗低、污染少的技术、工艺和设备。

6.1.3 单独微波消毒处理效果检测应采用枯草杆菌黑色变种芽孢（ATCC 9372）作为生物指示物，集中处理工程的工艺设计应保证杀灭对数值 ≥ 4.00 。

6.1.4 微波与高温蒸汽组合消毒处理工艺应同时采用嗜热脂肪杆菌芽孢（ATCC 7953）和枯草杆菌黑色变种芽孢（ATCC 9372）作为生物指示物，集中处理工程的工艺设计应保证杀灭对数值 ≥ 4.00 。

6.1.5 集中处理工程应尽可能采用机械化和自动化设计，工作人员不得直接接触医疗废物。

6.1.6 集中处理工程的工艺设计应保证各工序的有效衔接以及控制和操作的便利性。

6.1.7 集中处理工程的工艺设计应同时考虑废气、废水、固体废物、噪声等污染防治措施。

6.1.8 集中处理工程的设计与施工应考虑土壤与地下水污染的防范措施。

6.1.9 集中处理工程应设置事故废水、初期雨水、地面清洗废水的导流收集系统。

6.1.10 集中处理工程应设置事故应急池和初期雨水收集池，其设计应符合相关规定。

6.1.11 采用新技术、新工艺前，应由第三方专业机构对技术、工艺、材料、装备、消毒处理效果及污染物排放等进行评估。

6.2 工艺选择

6.2.1 医疗废物微波消毒集中处理工程的工艺可选择单独微波消毒处理工艺或微波与高温蒸汽组合消毒处理工艺。典型处理工艺流程分别如图 1、图 2 所示。

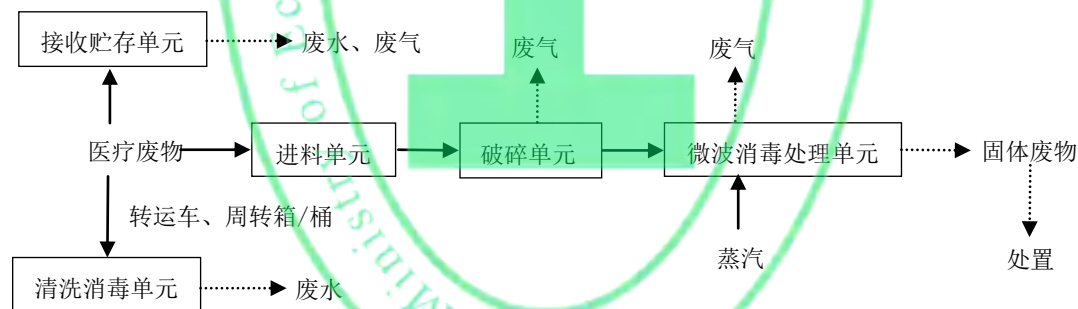


图 1 单独微波消毒处理工艺流程

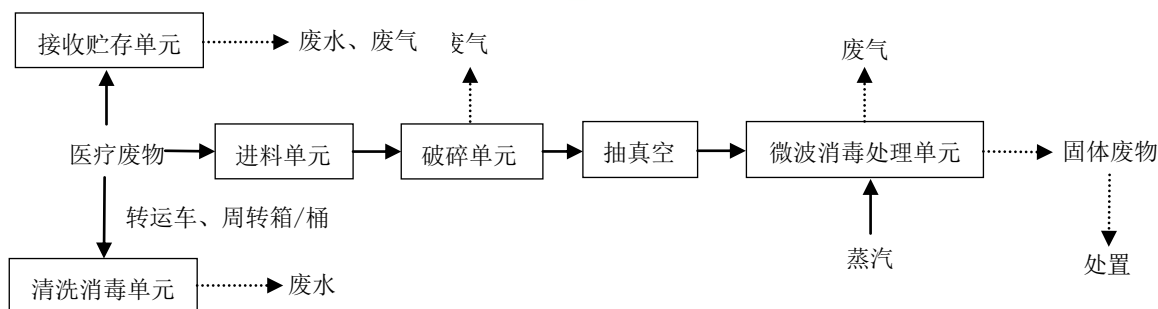


图 2 微波与高温蒸汽组合消毒处理工艺流程

6.2.2 集中处理工程应根据处理规模和处理工艺合理配置微波发生器的数量、功率及蒸汽供给量，确保达到消毒处理效果。

6.3 工艺设计

6.3.1 接收贮存单元

6.3.1.1 医疗废物微波消毒集中处理工程应设置计量系统，计量系统应具有称重、记录、传输、打印与数据统计功能。

6.3.1.2 集中处理工程卸料区面积应满足车辆停放、卸料操作要求，地面应硬化并应设置沟渠收集雨水、冲洗水。

6.3.1.3 集中处理工程应设置感染性、损伤性、病理性医疗废物贮存设施，贮存设施应全封闭、微负压设计，并配备制冷、消毒和排风口净化装置。

6.3.1.4 贮存设施贮存能力应综合医疗废物产生量、贮存时限及微波消毒处理设备检修期间的医疗废物贮存需求等因素确定，贮存时间满足 GB 39707 要求。

6.3.1.5 贮存设施地面和 1.0 m 高的墙裙应进行防渗处理，并应配备清洗水供应和收集系统。

6.3.1.6 贮存设施应根据医疗废物类型和接收时间合理分区，并设置转运通道。

6.3.2 进料单元

6.3.2.1 医疗废物微波消毒集中处理工程的进料方式应与消毒处理工艺相匹配，宜采用自动化程度高的进料设施，并应满足 HJ 421 要求。

6.3.2.2 集中处理工程进料点应设置集气装置，收集的废气应经处理后排放，一体化装置进料后应保持气密性。

6.3.3 破碎单元

6.3.3.1 医疗废物微波消毒集中处理工程破碎医疗废物应在密闭负压条件下进行，收集的废气应经处理后排放。

6.3.3.2 集中处理工程的破碎工艺选择宜根据处理工艺和后续处置要求确定，应做到破碎毁形。

6.3.3.3 集中处理工程的破碎单元应定期进行消毒，破碎设备检修之前也应进行消毒。

6.3.4 微波消毒处理单元

6.3.4.1 医疗废物微波消毒集中处理工程工艺参数要求如下：

a) 采用单独微波消毒处理工艺时，微波频率应采用 (915 ± 25) MHz 或 (2450 ± 50) MHz，消毒温度应 $\geq 95^\circ\text{C}$ ，消毒时间应 ≥ 45 min；

b) 采用微波与高温蒸汽组合消毒处理工艺时，微波频率应采用 (2450 ± 50) MHz，压力应 ≥ 0.33 MPa，消毒温度应 $\geq 135^\circ\text{C}$ 时，消毒时间应 ≥ 5 min。

6.3.4.2 集中处理工程单独微波消毒处理工艺应在微负压下运行；微波与高温蒸汽组合消毒处理工艺应配备处理过程中防止消毒舱舱门开启设施。

6.3.5 出料单元

6.3.5.1 医疗废物微波消毒集中处理工程应设置自动出料装置，微波与高温蒸汽组合消毒处理工艺出料单元还应设置安全连锁装置。

6.3.5.2 出料单元应设置机械输送装置，可将经消毒处理的医疗废物直接送入接收容器或车辆。

6.3.6 处置

6.3.6.1 经消毒处理的医疗废物处置应符合 GB 39707 的要求。

6.3.6.2 经消毒处理的医疗废物外运处置时，外运车辆应采取防洒落措施。

6.3.6.3 经消毒处理的医疗废物如需厂内贮存，应单独存放于具备防雨、防风、防渗功能的库房。不得将经消毒处理的医疗废物与未处理的医疗废物一起存放。不得使用医疗废物周转箱/桶盛装经消毒处理的医疗废物。

6.3.7 清洗消毒单元

6.3.7.1 医疗废物微波消毒集中处理工程应设置用于医疗废物运输车辆、周转箱/桶，以及卸料区、贮存设施清洗消毒的设施。不得在社会车辆清洗场所清洗医疗废物运输车辆。

6.3.7.2 集中处理工程周转箱/桶的清洗消毒场所应尽量靠近生产区，并应分别设置清洗前和清洗后周转箱/桶的存放区。清洗消毒设备宜选用自动化设备，消毒场所应做好防渗措施。

6.3.7.3 集中处理工程运输车辆的清洗消毒场所应设置在卸料区或车辆出口附近，并采取避免清洗消毒废水外溢措施及地面防渗措施。

6.3.7.4 医疗废物运输车辆、卸料区、贮存设施等的清洗消毒可采取喷洒消毒方式，周转箱/桶的清洗消毒可采取浸泡消毒方式或喷洒消毒方式。

6.3.7.5 采用喷洒消毒方式时，可采用有效氯浓度为 1 000 mg/L 的消毒液，均匀喷洒，静置作用时间 > 30 min；采用浸泡消毒方式时，可采用有效氯浓度为 500 mg/L 的消毒液，浸泡时间 > 30 min。

6.3.7.6 清洗消毒场所应设置消毒废水收集设施，收集的废水应排至厂区废水处理设施。

6.3.8 废气处理单元

6.3.8.1 医疗废物微波消毒集中处理工程消毒处理单元和贮存设施排气口应设置废气净化装置，废气净化装置应具备除菌、除臭、去除颗粒物和 VOCs 的功能。

6.3.8.2 进料口、出料口、破碎设备集气装置收集的废气，宜与消毒处理单元产生的废气一并处理，也可单独设置废气净化装置进行处理。

6.3.8.3 废气净化装置可选择活性炭吸附、生物净化等技术，并根据废气特征和排放要求单独或组合设置。

6.3.8.4 废气净化装置应设置进气阀、压力仪表和排气阀，设计流量应与处理规模相匹配。

6.3.8.5 废气处理单元管道之间应保证连接的气密性。

6.3.8.6 排气筒高度设置应符合 GB 16297 的要求。

6.3.9 废水处理单元

6.3.9.1 医疗废物微波消毒集中处理工程生产废水及生活污水应分别设置收集系统。生活污水宜排入市政管网，或单独收集、单独处理，不得与生产废水混合收集、处理。

6.3.9.2 集中处理工程应设置生产废水处理设施，废水处理工艺应根据废水水质特点、处理后的去向等因素确定，宜采用二级处理+消毒工艺或二级处理+深度处理+消毒工艺，工艺设计参见 HJ 2029。

6.3.9.3 集中处理工程初期雨水、事故废水应收集并排入厂区生产废水处理设施。

6.3.9.4 集中处理工程废水处理设施出水宜优先回用。回用于生产，应符合 GB/T 19923 的要求；回用于清洗，应符合 GB/T 18920 的要求。

6.3.10 固体废物处理处置

6.3.10.1 医疗废物微波消毒集中处理工程产生的填料、滤料、污泥等固体废物应根据其污染特性分类收集、处理。

6.3.10.2 废气净化装置失效的填料、滤料应经消毒处理再进行后续处置。

6.3.10.3 废水处理设施产生的污泥应经消毒处理再进行后续处置，消毒方法参见 HJ 2029。

6.3.11 噪声控制

6.3.11.1 医疗废物微波消毒集中处理工程主要噪声源应采取基础减震和隔声措施。

6.3.11.2 集中处理工程厂界噪声应符合 GB 12348 的要求。

7 主要工艺设备和材料

7.1 一般规定

7.1.1 医疗废物微波消毒集中处理设备宜优先选择通过环保产品认证或环境技术评估的设备。

7.1.2 集中处理设备应根据防腐要求选择材质，采用微波与高温蒸汽组合消毒处理工艺的设备还应根据耐压要求选择材质。

7.2 设备

7.2.1 微波消毒处理设备宜采用可实现自动化运行控制的设备。微波发生器与设备选型和规模相匹配。

7.2.2 采用微波与高温蒸汽组合消毒处理工艺的消毒舱内腔的选材、设计、制造、检验等应符合 GB/T 150 的相关规定。

7.3 材料

7.3.1 医疗废物微波消毒集中处理设备应采用反射性和吸收性的材料；消毒舱内腔应采用高温下耐腐蚀和防粘处理材料制成。

7.3.2 废气净化装置的过滤材料应采用疏水性介孔材料，并应满足 $\geq 140^{\circ}\text{C}$ 的耐温要求，过滤孔径不得大于 $0.2\ \mu\text{m}$ 。

7.3.3 破碎设备的刀片材料应具备耐磨性能。

8 检测与过程控制

8.1 一般规定

8.1.1 医疗废物微波消毒集中处理工程应具备污染物排放的自行检测能力，配备相应的场所、设备、用品。

8.1.2 集中处理工程应定期委托具有相应能力或资质的单位开展消毒处理效果检测。

8.1.3 集中处理设备应配备微波泄漏自动检测设备，并应定期校准；微波辐射检测应符合 GB 5959.6 的要求。

8.1.4 集中处理设备应实现全过程的自动控制。

8.1.5 微波消毒处理设备周围应设置屏蔽阻挡微波扩散，并应设置具有自动报警功能的即时监测装置，防止微波泄漏对操作人员造成人身伤害。

8.2 检测

8.2.1 消毒处理效果检测

8.2.1.1 消毒处理效果应采用生物检测方法，检测频率不少于 1 次/季度。微波消毒处理设备的运行参

数调整、进料量调整、消毒单元维修等情况下，应开展消毒处理效果检测。

8.2.1.2 消毒处理效果检测应在微波消毒处理设备的正常工况下进行，具体要求参见附录 B。

8.2.2 污染物排放检测

8.2.2.1 废气应检测颗粒物、非甲烷总烃、恶臭污染物（不含臭气浓度）等指标，限值及检测方法参照 GB 39707。

8.2.2.2 废水应检测 GB 18466 中规定的综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放指标，重大传染病疫情期间应检测 GB 18466 中规定的传染病、结核病医疗机构水污染物排放指标或疫情期间要求检测的相关指标，并执行相应限值要求。

8.2.2.3 废水排放在线监测设备的设置或使用应符合 HJ 354 的规定。

8.3 过程控制

8.3.1 医疗废物微波消毒集中处理工程自动控制单元应能实现废物供给设施自动启停。应能实现破碎工艺过程以及微波输出功率、温度、时间等工况的自动控制。

8.3.2 集中处理工程自动控制单元应能够实时显示当前运行所处的状态，并能显示、存储微波输出功率、消毒时间、温度、压力、电磁辐射漏失率等工艺参数。

8.3.3 集中处理工程自动控制单元应具备安全互锁功能，确保进料室在与外界隔绝之前粉碎窗口不能打开。确保进料口关闭情况下，消毒舱所有操作参数达到设定值才能将出料舱门打开。

8.3.4 集中处理工程自动控制单元应具备自动记录、数据输出功能，宜设置数据输出接口和通讯接口，以便实现参数输出和远程监控功能。

8.3.5 集中处理工程自动控制单元应具有自我检测功能和自动报警功能，在人员和设备因较严重的异常情况而受损伤的异常情况下，可实现紧急停车。

9 主要辅助工程

9.1 蒸汽供应

9.1.1 医疗废物微波消毒集中处理工程应根据工艺选择配备相应的蒸汽供给单元。

9.1.2 集中处理工程需外接蒸汽供给时，其压力应符合工艺设备要求，并满足压力容器的有关管理规定。

9.2 电气系统

9.2.1 医疗废物微波消毒集中处理工程电气系统的设计应符合 GB 50052 要求，并设置应急电源。

9.2.2 集中处理工程应设置通讯设备，保证厂区岗位之间和厂内外联系畅通。

9.2.3 集中处理工程处理设备用电负荷应执行电力设计的有关规定，具体用电要求符合 GB 50052 规定。

9.2.4 集中处理工程照明设计应满足厂区设施运行要求，具体设计应符合 GB 50034 的要求。

9.3 给排水与消防

9.3.1 给排水

9.3.1.1 医疗废物微波消毒集中处理工程厂区给水管网应满足生产、生活、消防的要求。

9.3.1.2 集中处理工程厂区排水应采用雨污分流制。

9.3.1.3 集中处理工程雨水量设计重现期应符合 GB 50014 的要求。

9.3.2 消防

9.3.2.1 医疗废物微波消毒集中处理工程建筑的防火分区和耐火等级应符合 GB 50016 的要求。

9.3.2.2 集中处理工程的消防设施、疏散通道的设置应符合 GB 50016 的要求。

9.3.2.3 集中处理工程厂房内部装修的防火设计应符合 GB 50222 的要求。

9.4 采暖通风与空调

9.4.1 医疗废物微波消毒集中处理工程建筑物的采暖通风与空调设计应符合 GB 50019 的要求。

9.4.2 集中处理工程车间以及贮存间应设置排风装置，排出的气体应净化处理后排放。

9.5 建筑与结构

9.5.1 医疗废物微波消毒集中处理工程厂房楼（地）面的设计，除满足工艺使用要求外，还应符合 GB 50037 的相关规定。贮存设施墙面应方便进行清洗消毒，控制室地面应采取防静电措施。

9.5.2 集中处理工程厂房采光设计应符合 GB 50033 的要求。

9.5.3 寒冷和严寒地区的建筑结构及给排水管道应采取保温防冻措施。

10 职业卫生

10.1 医疗废物微波消毒集中处理工程在设计、建设和运行的各个阶段，应采取卫生防护措施，并在相关区域的醒目位置设置警示标志。

10.2 集中处理工程应按照规定对管理和运行人员进行职业卫生培训。

10.3 集中处理工程的职业卫生管理应符合 GBZ 1、GBZ 2.1 和 GBZ 2.2 等国家职业卫生法规等管理要求。

10.4 集中处理工程应在清洁区和污染区之间设置过渡区，并应设置必要的消毒清洗设施。

10.5 集中处理工程运营单位应按照 GBZ 188 的相关规定开展职业健康监护。

11 施工与验收

11.1 施工

11.1.1 医疗废物微波消毒集中处理工程应执行规划许可的有关规定。

11.1.2 集中处理工程应系统保存建设、施工、安装及设备的文件资料，并按有关建设要求存档、备案。

11.2 验收

11.2.1 医疗废物微波消毒集中处理工程验收工作包括工程建设与设计文件的匹配情况、设备运行状况、工程档案资料完整性和规范性、各专项验收完成情况、对工程遗留问题提出处理意见等内容。

11.2.2 集中处理工程的竣工环境保护验收过程应对集中处理工程的消毒处理效果、运行工况、污染物排放和微波泄漏情况进行检测。

12 运行与维护

12.1 制度与执行

12.1.1 医疗废物微波消毒集中处理工程运营单位应建立完善的运行管理制度体系。

12.1.2 集中处理工程运营单位应建立运行操作规程和环境应急预案。

12.1.3 集中处理工程运营单位应定期组织员工培训和突发环境事件应急演练。

12.1.4 集中处理工程运营单位应建立档案信息系统，数据保存期限应符合相关要求。

12.2 人员配置

12.2.1 医疗废物微波消毒集中处理工程运营单位应根据生产需要，设置岗位并配备人员。

12.2.2 集中处理工程运营单位的工作人员应接受专业培训。

12.3 运行管理

12.3.1 医疗废物收集、贮存、转移应执行危险废物转移联单管理制度，并应准确填写医疗废物的重量、种类、去向等信息。

12.3.2 集中处理工程运营单位应定期对设施、设备运行状况进行检查、校验，及时排除故障和隐患。

12.3.3 集中处理工程运营单位应定期检查污染治理设施运行状况，检查频率为不少于1次/月。

12.3.4 集中处理工程运营单位应及时更换污染治理设施的消耗材料，补充应急物资。

12.3.5 运行工艺参数异常情况下处理的医疗废物应重新进行微波消毒处理。

12.4 检测

12.4.1 医疗废物微波消毒集中处理工程运营单位应定期对消毒处理效果、运行工况和污染物排放情况进行检测，并记录相关信息和数据。

12.4.2 消毒处理效果检测结果为不合格的，应及时查找原因、消除故障，并再次进行检测。

12.4.3 集中处理工程所配备的仪器仪表应至少每年检测、校验1次，并记录相关情况。

12.4.4 集中处理工程运营单位在投入运行前或微波消毒单元维修后，应对医疗废物消毒处理效果及污染物排放情况进行检测，还应进行微波泄漏检测。

12.5 环境应急

12.5.1 医疗废物微波消毒集中处理工程应根据环境应急预案要求配备应急物资。

12.5.2 事故发生时应及时启动相应的环境应急响应，采取应急措施。

附录 A

(资料性附录)

医疗卫生机构医疗废物产生量估算方法

医疗卫生机构的医疗废物产生量包括固定病床的医疗废物产生量和门诊的医疗废物产生量,医疗废物产生系数可根据集中处理工程所在地的实际情况合理确定。产生量的估算方法如下:

A.1 固定病床的医疗废物产生量可按以下方法计算及预测:

$$Q_b = \alpha_b \times B_b \times p_b \quad (\text{A.1})$$

式中: Q_b ——病床医疗废物产生量, kg/d;

α_b ——病床床位医疗废物产生系数, kg/(床·d);

B_b ——病床床位数, 床;

p_b ——病床床位使用率, %。

A.2 门诊医疗废物产生量可按以下方法计算及预测:

$$Q_m = \alpha_m \times N_m \quad (\text{A.2})$$

式中: Q_m ——门诊医疗废物产生量, kg/d;

α_m ——门诊医疗废物产生系数, kg/(人·d);

N_m ——门诊人数, 人次。

A.3 无床位的小型门诊的医疗废物产生量可按医务人员就业数量和单位医务人员医疗废物产生率计算和预测:

$$Q_x = \alpha_x \times N_x \quad (\text{A.3})$$

式中: Q_x ——无床位的小型门诊医疗废物产生量, kg/月;

α_x ——无床位的小型门诊单位医务人员医疗废物产生系数, kg/(人·月);

N_x ——医务人员数, 人次。

附录 B

(资料性附录)

医疗废物微波消毒处理效果检测布点与评价要求

B.1 指示菌的选择及菌量抗力要求

B.1.1 单独微波消毒工艺选择枯草杆菌黑色变种芽孢 (ATCC 9372) 作为生物指示物, 微波与高温蒸汽组合消毒处理工艺选择嗜热性脂肪杆菌芽孢 (ATCC 7953) 和枯草杆菌黑色变种芽孢 (ATCC 9372) 作为生物指示物。

B.1.2 细菌芽孢及含量要求: 嗜热脂肪杆菌芽孢载体含量应为 $1 \times 10^6 \sim 5 \times 10^6$ CFU/载体, 枯草杆菌黑色变种芽孢应为 $1 \times 10^6 \sim 5 \times 10^6$ CFU/载体, 自含式的生物指示物应符合说明书的要求。

B.1.3 细菌芽孢抗力的要求: 嗜热脂肪杆菌芽孢, 在 121°C 条件下, $D \geq 1.5$ min。菌种选择及菌种抗力参见《消毒技术规范》和卫生学评价的有关要求。

B.2 染菌载体选择要求

B.2.1 单独微波消毒处理工艺载体为输液管 (内径 3 mm、长度为破碎设备说明书中规定的最长破碎长度)。

B.2.2 微波与高温蒸汽组合消毒处理工艺载体为输液管 (内径 3 mm、长度为破碎设备说明书中规定的最长破碎长度) 或使用自含式生物指示物。

B.2.3 按《消毒技术规范》或相应的消毒检测方法制备染菌载体。

B.3 染菌载体布点要求

B.3.1 单独微波消毒处理工艺每次试验应在设备进料口连续等间距加入至少 10 个染菌载体。

B.3.2 微波与高温蒸汽组合消毒处理工艺消毒舱 ($< 5 \text{ m}^3$) 内至少放置 10 个染菌载体于不同的位置。

B.3.3 以上情况均应包括舱内或连续消毒处理线上最难消毒的位置, 该位置应由厂商提供, 如果厂商不能提供, 应先进行预试验找出舱内或连续消毒处理线上最难消毒的部位。

B.4 消毒处理效果检测要求

B.4.1 试验器材

a) 试验菌株: 按 B.1.1 进行选择。

b) 洗脱液: 含 0.1% 吐温 80 的磷酸盐缓冲液 (0.03 mol/L , $\text{pH } 7.2$)。

c) 培养基: 嗜热脂肪杆菌芽孢可使用嗜热脂肪杆菌恢复琼脂培养基, 枯草杆菌黑色变种芽孢可使用胰蛋白胨大豆琼脂培养基。

d) 载体: 单独微波消毒处理工艺载体为输液管 (内径 3 mm、长度为破碎设备说明书中规定的最长破碎长度); 微波与高温蒸汽组合消毒处理工艺载体为输液管 (内径 3 mm、长度为破碎设备说明书中规定的最长破碎长度) 或使用自含式生物指示物。

- e) 模拟医疗废物管腔：一次性使用输液器去掉针头部分，直径为 3 mm、长度为 1.9 m。
- f) 刻度吸管：刻度为 1.0 mL、5.0 mL、10.0 mL。
- g) 移液器：刻度为 10 μ L、20 μ L 及配套的塑料吸头。
- h) 无菌平皿：直径 90 mm。
- i) 培养箱：枯草杆菌黑色变种芽孢应采用 37℃ 恒温培养箱。嗜热脂肪杆菌芽孢应采用 56℃ 恒温培养箱。
- j) 模拟医疗废物：按厂家说明书的要求，准备干净的各种医疗用品，数量应符合满载的要求。

B.4.2 染菌载体的制备

B.4.2.1 芽孢悬液的制备

按《消毒技术规范》的方法制备枯草杆菌黑色变种芽孢（ATCC 9372）悬液，芽孢含量为 $10^8 \sim 10^9$ CFU/mL。从有资质的生产企业购买或自制嗜热性脂肪杆菌芽孢（ATCC 7953）悬液，芽孢含量为 $1 \times 10^8 \sim 1 \times 10^9$ CFU/mL，在 121℃ 条件下， $D \geq 1.5$ min。

B.4.2.2 输液管染菌载体的制备

用移液器吸取 10 μ L 芽孢悬液，置入用作载体的输液管内，轻轻挤压，使其均匀分布于管腔内，将载体放入无菌平皿内，置于 37℃ 恒温培养箱或 56℃ 恒温培养箱中干燥，制成染菌载体备用，每个染菌载体的芽孢回收数量应为 $1 \times 10^6 \sim 5 \times 10^6$ CFU/载体。

B.4.2.3 不锈钢针染菌载体的制备

用两个小铁夹子夹住用作载体的不锈钢针两端，将其横向支撑起来，用 10 μ L 移液器吸取芽孢悬液并滴染不锈钢针，每根不锈钢针滴染 5 滴，在室温自然晾干制成染菌载体，每个染菌载体的芽孢回收数量应为 $1 \times 10^6 \sim 5 \times 10^6$ CFU/载体。将染菌载体放置于 1.9 m 长的模拟医疗废物管腔的中间部位，然后盘起该管腔（以防止不锈钢针染菌载体移动），放入 180 mm×120 mm 的无菌布袋内备用。

B.4.3 消毒处理效果检测

B.4.3.1 将至少 10 个染菌载体，按 B.3 的要求放入消毒处理设备中，在满载的条件下，按说明书的消毒处理程序进行消毒处理。

B.4.3.2 消毒处理过程结束后，立即在消毒处理设备出口处的医疗废物中收集输液管染菌载体或打开消毒舱取出染菌载体，以无菌操作方式获取至少 10 个染菌载体，分别用无菌剪刀剪碎后放入含有 5 mL 洗脱液的试管中，将试管在手掌上振打 200 次，做 10 倍系列稀释。选择适宜稀释度，分别吸取 1 mL，以倾注法接种于两个平皿中，置 37℃ 恒温培养箱或 56℃ 恒温培养箱中培养 72 h，计数存活菌数，作为实验组，使用内含式生物指示物按说明书要求培养。

B.4.3.3 分别取 2 个输液管染菌载体放在室温下，不经消毒处理，待实验组达到规定作用时间后，分别用无菌剪刀将该染菌载体剪碎后，放入含 5 mL 洗脱液的试管中，其余试验步骤与上述实验组相同，作为阳性对照组。

B.4.3.4 分别取洗脱液各 1 mL，接种至 2 个无菌平皿，倒入 15~20 mL 同批次的培养基，并与实验组做同样培养，作为阴性对照组。

B.4.3.5 以上试验重复 3 次。

B.5 评价规定

B.5.1 经 3 次重复试验，每次试验的阳性对照组回收菌量均应为 $1 \times 10^6 \sim 5 \times 10^6$ CFU/载体，阴性对照组应无菌生长，实验组所有染菌载体的杀灭对数值均 ≥ 4.00 ，可判定为消毒合格。

B.5.2 使用内含式生物指示物试验时，按厂家说明书规定的方法进行判定。