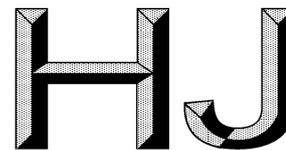


附件 2



中华人民共和国国家生态环境标准

HJ □□□-20□□

污染土壤修复工程技术规范 生物堆

Technical specifications of biopile treatment for contaminated soil

remediation project

(征求意见稿)

202□-□□-□□发布

202□-□□-□□实施

生态环境部 发布

目 次

前 言.....	I
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.....	2
5 总体要求.....	2
6 工艺设计.....	4
7 主要工艺设备和材料.....	7
8 监测与过程控制.....	8
9 主要辅助工程.....	9
10 劳动安全与职业卫生.....	9
11 施工与调试.....	10
12 运行与维护.....	12
附录 A（资料性附录）.....	14
附录 B（资料性附录）.....	15
附录 C（资料性附录）.....	17
附录 D（资料性附录）.....	19

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》《土壤污染防治行动计划》等法律法规，规范污染土壤生物堆修复工程设计、建设及运行管理，制定本标准。

本标准规定了污染土壤生物堆修复工程的设计、施工、验收和运行维护的技术要求。

本标准为指导性标准。

本标准为首次发布。

本标准的附录A~D为资料性附录。

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。

本标准起草单位：北京市环境保护科学研究院、生态环境部固体废物与化学品管理技术中心、生态环境部土壤与农业农村生态环境监管技术中心、北京高能时代环境技术股份有限公司、北京建工环境修复股份有限公司。

本标准生态环境部20□□年□□月□□日批准。

本标准自20□□年□□月□□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 生物堆

1 适用范围

本标准规定了污染土壤生物堆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、监测与过程控制、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生物堆修复工程的设计、建设及运行管理。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 8978	污水综合排放标准
GB 12348	工业企业厂界环境噪声排放标准
GB/T 12801	生产过程安全卫生要求总则
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 19517	国家电气设备安全技术规范
GB/T 20801.1	压力管道规范 工业管道
GB/T 28001	职业健康安全管理体系 要求
GB 37822	挥发性有机物无组织排放控制标准
GB 50007	建筑地基基础设计规范
GB 50028	城镇燃气设计规范
GB 50187	工业企业总平面设计规范
GB 50275	压缩机风机泵安装及验收规范
GB 50494	城镇燃气技术规范
GB 50727	工业设备及管道防腐蚀工程施工质量验收规范
GBJ 55	工业与民用通用设备电力装置设计规范
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
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 2035	固体废物处理处置工程技术导则
HJ 2042	危险废物处置工程技术导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

污染土壤 contaminated soil

因从事生产、经营、使用、贮存有毒有害物质或处理危险废物等活动，造成土壤有毒有害物质含量达到对人体健康或生态环境产生的不利影响超过可接受风险水平的土壤。

3.2

生物堆 biopiling

将污染土壤挖出并按一定要求堆积于具备渗滤液收集系统的防渗区域，同时提供适量的水分、养分和氧气等，利用土壤微生物将有机污染物去除的修复工艺。

3.3

目标污染物 target contaminant

土壤中需要进行修复的污染物。

4 污染物与污染负荷

4.1 生物堆技术主要适用于受石油烃等可生物降解有机物污染土壤的修复，污染物的生物降解性可通过降解实验测定。

4.2 生物堆修复过程中二次污染主要包括：

a) 废气：主要来源于土壤预处理和修复过程中产生的废气，其中主要污染物可能包括土壤中目标污染物及其降解产物，土壤中除目标污染物外的挥发性有机物及半挥发性有机物等。

b) 废水：主要来源于生物堆运行过程产生的渗滤液，其中主要污染物可能包括土壤中目标污染物及其降解产物、氨氮和总磷等。

c) 固体废物：主要来源于预处理过程产生的建筑垃圾、石块等非土壤物质，运行过程中采用活性炭吸附等废气处理工艺产生的饱和废弃活性炭等。

5 总体要求

5.1 一般规定

5.1.1 修复工程应因地制宜、科学合理，秉承绿色修复理念，避免能源浪费。

5.1.2 修复工程建设及运行全过程应符合修复设计与实施方案的要求。

5.1.3 生物堆修复后土壤中污染物含量应符合修复目标值要求。

5.1.4 修复工程应配套防渗漏、防逸散、废水废气收集及处理、噪声控制等污染防治相关设施及措施,防止修复过程对生态环境产生二次污染,污染防治设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时运行。

5.1.5 厂界大气污染物排放总体应满足GB 16297的要求,恶臭污染物排放应满足GB 14554的要求,挥发性有机物排放应满足GB 37822的要求;废水排放总体应满足GB 8978的要求,厂界噪声应符合GB 12348的要求,有行业或地方标准的,还应满足相应标准的要求。

5.1.6 修复工程应配备相应的监测设备,对污染物排放和周边环境质量状况进行监测。

5.2 工程构成

5.2.1 生物堆修复工程主要包括:主体工程、辅助工程和配套设施等。典型生物堆修复系统示意图参见附录A。

5.2.2 主体工程主要包括:土壤预处理系统、生物堆堆体系统与二次污染控制系统等。

5.2.3 主体工程中的生物堆堆体系统主要包括:

- a) 堆体底部抽气系统及防渗系统、渗滤液收集系统,示意图参见附录B;
- b) 生物堆堆体及设置在堆体内的土壤气监测系统,示意图参见附录C;
- c) 堆体顶部进气、营养水分调配和覆盖系统,示意图参见附录D。

5.2.4 辅助工程主要包括:电气系统、自控系统、给排水系统、暖通系统及通信系统等。

5.2.5 配套设施主要包括:办公区、值班室、厂区围挡、道路等。

5.3 场址选择与总图布置

5.3.1 生物堆修复工程实施前,应按国家相关标准规范要求对目标场址开展调查,确定是否符合工程建设、环境保护及人居安全相关要求,具体调查内容一般包括:

- a) 区域气象气候条件,包括气温、降水量、主导风向等;
- b) 拟选场址地质和水文地质条件;
- c) 拟选场址用途(现状及规划);
- d) 拟选场址周边敏感目标分布状况;
- e) 交通条件;
- f) 能源供应条件,包括燃气、电力供应等。

5.3.2 场址选择与总图布置可参照GB 50187的规定执行。宜结合工艺特点和场地现状对主体工程、辅助工程和配套设施进行分区布置,主体工程和辅助工程应衔接便利。

5.3.3 应综合考虑厂界内及周边主要敏感目标的分布，办公区应布置在主导上风向。主体工程应布置在主导下风向且远离人群密集区等环境敏感点，降低施工及运行过程的环境影响。

5.3.4 场地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，并按照消防要求预留消防通道和安全保护距离。

5.3.5 修复设施建设与运行区域周边宜设置围护和警示标志，限制无关人员进入。

6 工艺设计

6.1 一般规定

6.1.1 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。

6.1.2 生物堆修复工程工艺设计方案及运行参数应根据土壤污染特征、修复工程量、现场实施条件、修复目标值、修复周期、能源供给条件等因素确定，必要时可开展模拟实验并根据其结果确定。

6.2 工艺流程

生物堆技术修复污染土壤的工艺流程如图1所示。对拟修复土壤进行破碎、筛分、调理等预处理后将其堆置成生物堆，通过抽气、调配水分及营养等维持微生物生长所需环境，利用土壤中微生物降解污染物。运行过程中，对产生的废水和废气进行收集处理后达标排放。

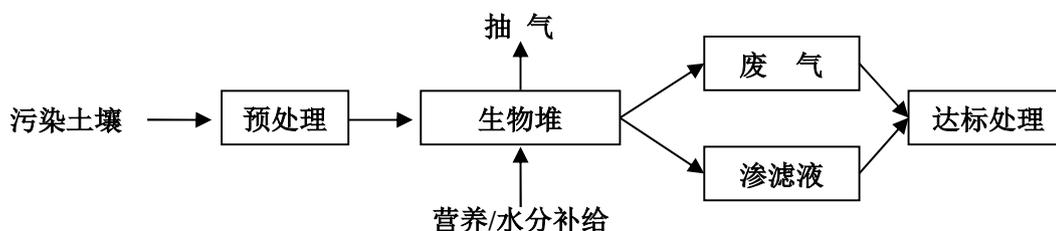


图 1 生物堆修复污染土壤的工艺流程

6.3 工艺设计要求

6.3.1 预处理系统

6.3.1.1 预处理系统包括筛分、破碎与混合调理等预处理设施以及废气收集处理设施。

6.3.1.2 预处理过程不应露天开展，待修复土壤中目标污染物具有异味或挥发特性时，预处理作业区应优先设置在密闭负压大棚内，并配套相应的废气收集与处理设施。

6.3.1.3 可使用筛分设备去除石块、建筑垃圾等非土壤物质。

6.3.1.4 可采用破碎设备对大粒径土块进行破碎，常用设备包括锤式破碎机、颚式破碎机、圆锥破碎机、复合破碎机等。

6.3.1.5 水分、氮磷等营养物质、pH值调节剂、功能微生物菌剂等调理剂应优先采用雾化喷灌工艺，以溶液形式添加至筛分破碎后的土壤，固体调理剂也可通过拌合方式添加。

6.3.1.6 可采用石灰提高土壤pH值，采用硫磺、硫酸铵、硫酸铝、亚硫酸铝降低土壤pH值。

6.3.1.7 可通过添加木屑、砂土等方式增加土壤孔隙度。

6.3.1.8 可采用机械设备对土壤进行混合以提高均匀性，常用设备包括卧式搅拌器、立式搅拌机、行星式搅拌器、拌合站等。

6.3.1.9 经预处理后的土壤，重量含水率应控制在10%~30%，pH值应控制在6~9，孔隙度应不低于25%，微生物总数不应低于1000 CFU/g土壤（干重）。

6.3.1.10 如目标污染物为石油烃，预处理后土壤中总石油烃浓度不宜高于50000 mg/kg。

6.3.2 抽气系统

6.3.2.1 生物堆抽气系统通常包括砾石导气层、抽气管网、抽气设备及其控制系统等。

6.3.2.2 抽气管网由割缝抽气支管、抽气干管及阀门等管道连接件构成。应于堆体底部防渗层上铺设一层厚约30 cm的均匀砾石层，将抽气支管布置于砾石导气层内。

6.3.2.3 抽气支管间距宜根据土壤渗透性并结合现场实验确定，也可通过数值模拟确定，一般控制在2 m~3 m。应根据抽气量确定合理的抽气支管直径，降低抽气过程中管道阻力，一般控制在5 cm~10 cm。

6.3.2.4 每根抽气支管上均应设置气量调节阀与流量计，通过法兰与抽气干管连接。

6.3.2.5 抽气干管通过法兰与抽气设备连接，抽气干管上宜设置气量调节阀与流量在线计量装置。

6.3.3 防渗及渗滤液收集系统

6.3.3.1 生物堆建设区域宜优先采用铺设防渗膜或地面硬化的方式进行防渗。

6.3.3.2 采用夯实建设区域土壤实现防渗的，施工之前应通过现场施工实验确定压实方法、压实设备、压实次数等因素以确保可以达到设计要求。夯实后土壤厚度不应低于0.5 m，夯实土壤渗透系数不应高于 1×10^{-7} cm/s。

6.3.3.3 应根据生物堆建设区降雨量等气象气候条件，结合生物堆渗滤液产生情况，在堆体底部设置渗滤液收集管，一般布置于生物堆建设区地势最低处的砾石导气层内，渗滤液收集管距地面防渗层距离不宜超过30 cm。

6.3.4 生物堆堆体

6.3.4.1 单个生物堆堆体尺寸与建设规模应综合考虑总体修复土方量、项目工期、单批次土壤修复周期、可用于建设堆体的厂区面积、公用设施（如道路、电气、堆体抽气与水分营养调理系统等）的一次性投资等因素确定。

6.3.4.2 为保证施工的可行性及通风效率，单个堆体宽度通常不超过10 m，高度通常不超过2.5 m。堆体侧面坡度一般控制在1:1~1:1.5，以保证堆体的稳定性。具体尺寸形状可参见附录C.1。

6.3.4.3 堆体与抽气系统的砾石导气层之间，应设置一层土工布，防止细颗粒土壤进入砾石导气层堵塞抽气管。

6.3.4.4 堆体四周应利用自然地形，设置排水沟等导排系统，将降雨等地表径流及时导排后集中收集，经检测合格后外排。如不具备自然导排条件，应设置提升井等导排设施。

6.3.5 土壤气监测系统

6.3.5.1 土壤气监测系统主要监测运行过程中堆体内氧气、二氧化碳及目标污染物浓度。

6.3.5.2 土壤气监测点应设置在两根抽气支管距离中心等抽气过程中堆体内气体流动较差的区域，相邻两个土壤气监测点水平向垂直距离通常为4~6 m，具体布置方式可参见附录C.2。

6.3.5.3 土壤气监测点距离堆体顶部不宜小于1 m，距离堆体底部不宜小于0.3 m。宜对堆体不同深度的土壤气进行监测，具体布置方式可参见附录C.3。

6.3.6 进气系统

6.3.6.1 生物堆堆体顶部应设置进气系统，主要由进气管构成。

6.3.6.2 进气管通常布置于堆体底部两根抽气支管距离中心线的垂直正上方及堆体四周角落等气体流动薄弱区域，以确保抽气作用下气流能在堆体内均匀分布。进气管水平间距通常为2~3 m，具体布置方式可参见附录D.2。

6.3.6.3 进气管顶部应连接三通，与堆体顶部覆盖系统连接处应进行有效焊接，以避免雨水进入堆体，导致局部区域土壤含水率增加而影响通气效果。

6.3.7 营养水分调配系统

6.3.7.1 营养水分调配系统应设计为循环管路，包括水泵、输送管道、雾化喷灌投加管、调节阀等，具体可参见附录D.3。

6.3.7.2 营养水分调配一般通过添加含氮、磷等物质的营养液及水分实施，常见外源氮源包括尿素（ $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ）、硝酸钾（ KNO_3 ）等，磷素包括磷酸二氢钾（ KH_2PO_4 ）等。

6.3.7.3 营养元素添加量及浓度应满足堆体中微生物生长需求，并确保堆体表面不产生径流。

6.3.7.4 运行过程中堆体土壤的碳氮磷含量比值应控制在100: 10: 1~100: 10: 0.5，重量含水率保持在10%~30%。

6.3.7.5 液体功能菌剂也可通过营养水分调配系统添加至堆体内。

6.3.8 覆盖系统

6.3.8.1 堆体顶部进气和营养水分调配系统安装结束后，宜选用柔性防水膜对堆体进行整体覆盖。覆盖前应对堆顶进行平整，剔除尖锐物，防止覆盖膜被刺穿。

6.3.8.2 覆盖膜应沿堆体侧面一直铺设至堆体底部，以实现堆体的完全包裹覆盖。堆体底部四周应设置沙袋等锚固设施覆盖膜进行固定。

6.3.8.3 建设在密闭大棚内的堆体，可不设置覆盖系统，但需设置废气处理系统对大棚内抽出的废气进行达标处理。

6.3.9 二次污染控制措施

6.3.9.1 预处理过程及修复过程中产生的废气，应根据目标污染物种类及浓度，选择诸如活性炭吸附等适宜技术进行达标处置。如设置多套抽吸系统，各系统抽出的废气可经收集后合并处置。

6.3.9.2 运行过程中产生的渗滤液等废水，集中收集后宜优先通过营养水分调配系统进行回灌利用。如确需设置废水处理系统对其进行处理，应根据废水中目标污染物种类和浓度选择适当处理工艺。

6.3.9.3 预处理筛分出的建筑垃圾、石块等固体废物的处理处置应满足HJ 2035的要求；活性炭吸附等废气处理过程产生的饱和废弃活性炭等危险废物的收集和处理处置应满足HJ 2042及相关法律法规的要求。

7 主要工艺设备和材料

7.1 生物堆修复工程涉及的主要设备包括水储罐、渗滤液储罐、营养液储罐、水泵、抽气泵、抽气管、风机、活性炭罐、变频控制系统等；主要材料包括防渗膜、覆盖膜、管材等。均可选购定型产品，其性能应满足本标准6的要求。

7.2 抽气设备应高效、节能、使用方便、运行安全、噪声低、易维护管理，其标况抽气量应不低于130%的设计抽气量，标况下的抽气负压应根据生物堆土壤渗透性选择。

7.3 每个生物堆宜配置一套抽气设备，有条件的项目可配置备用抽气设备。

7.4 生物堆防渗膜应选用厚度不小于1 mm高密度聚乙烯（HDPE）膜。覆盖膜应选用厚度不小于0.3 mm黑色线性低密度聚乙烯膜（LLDPE），选用其他材料的其性能应满足本标准所述要求。

7.5 所用管道应采用稳定、不易腐蚀的材料，如聚氯乙烯（PVC）、纤维增强复合材料（FRP）、不锈钢等。风机、阀门、泵等配件也应满足相应防腐防爆要求。

8 检测与过程控制

8.1 污染物检测

8.1.1 运行过程中，应定期对堆体开展土壤取样，监测目标污染物浓度、土壤含水率等参数。

8.1.2 土壤取样点应设置在生物堆体底部、垂向中间以及相邻抽气支管距离中心等修复薄弱区域。

8.1.3 土壤取样频率可根据抽气管道和土壤气测试过程中挥发性组分浓度变化规律确定。如前期开展了模拟实验，也可参考实验过程中污染物降解速率确定。一般不低于每季度1次。

8.1.4 土壤取样可采用手工土钻完成，每次对堆体开展取样后，如对堆体覆盖膜造成了破坏，应及时修补，防止雨水渗漏至堆体。

8.2 工艺参数检测

8.2.1 运行过程中，应利用设置的土壤气监测系统，采用便携设备定期对堆体内氧气、二氧化碳及挥发性组分含量进行检测，各物质含量应分布均匀且氧气体积含量不低于10%。监测频率一般不低于2次/月，可根据监测数据变化规律实时调整。

8.2.2 可利用在线监测设备对每个堆体进入废气处理设施前的废气进行取样检测，重点监测目标污染物中的挥发性组分，可通过记录对应时段的抽气流量计算污染物的去除率，以判断污染物去除速率和效果。

8.2.3 堆体规模较大、抽气支管较多时，可通过关闭不同区域抽气支管上的流量调节阀对堆体不同区域污染物的去除效果进行监测。

8.2.4 应根据检测结果及时调整优化抽气工况，保证生物堆稳定运行。

8.3 过程控制

8.3.1 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。

8.3.2 修复工程所有必备的环节应采用自动控制系统，如抽气系统、营养及水分调配系统、废气处理系统等。

8.3.3 自动控制系统应能够对各生产工艺参数如温度、压力、流量、液位等进行监测和数据处理。

8.3.4 自动控制系统应设配电柜和控制柜，控制柜具备自动和手动互切换双回路控制系统，并具有自动保护和声光报警功能。

8.3.5 应设计变频控制系统实现对抽气设备抽气量的精确调节，实现节能降耗。变频控制系统应至少预留一条控制通道。

8.3.6 修复工程可根据需求，在水储罐、营养液储罐和渗滤液储罐内设置液位自动控制器，并有高/低位接点输出，可自动及手动控制泵的启停。

8.3.7 自动控制室、计算机房等机械通风不能满足温度、湿度要求的场所，应设置空调等温湿度调节装置。

9 主要辅助工程

9.1 电气系统设计总体应满足GBJ 55的要求。通风系统、废气处理系统的主要用电负荷为AC380/220，负荷等级为二级，应有备用电源。

9.2 生活与办公区排水和污水处理设施应根据当地排水管网情况和污水排放要求设置，应满足堆体运行期间工艺和管理人员日常生活的用水及排水需求。

9.3 堆体内微生物适宜生长温度范围一般为20~40℃，可通过设计加热系统为堆体进行加热升温。

9.4 通信系统主要指数据采集和传输设备，主要功能为处理和存储监测数据，并按中心计算机指令传输监测数据和设备工作状态信息。采集和传输设备可采用无线通讯或有线通讯的方式。

10 劳动安全与职业卫生

10.1 一般规定

10.1.1 工程在设计、建设、运行过程中，应高度重视劳动安全和职业卫生，采取相应措施，消除事故隐患，防止事故发生。

10.1.2 生物堆修复工程劳动安全和职业卫生应符合GB/T 12801的有关规定。

10.1.3 工程业主或施工单位应对劳动者进行劳动安全与职业卫生培训。

10.2 劳动安全

10.2.1 注意场地用电安全，电气装置应满足GB 19517的要求，电气设备应由专业电气人员操作。

10.2.2 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。压力管道、输送泵的设计安装需满足GB/T 20801.1的要求。

10.2.3 项目现场应设置明显标志，严禁明火。

10.2.4 如使用燃气设备进行堆体加温，应远离易燃易爆危险化学品存放地，安全距离应符合GB 50494等国家或相关行业标准规定。燃气管道设计及安装应符合GB 50028、GB 50494的要求。燃气的运输、卸载、储存及气化站内的操作等工作必须由专业人员执行。操作人员必须穿戴防静电防护服。

10.2.5 工程中各生产构筑物应设置便于行走的操作平台、走道、安全护栏和扶手，栏杆高度和强度应符合国家有关劳动安全卫生规定，主要通道应设置应急灯。

10.2.6 工程中在设备安装和检修时应有相应的防爆炸、烫伤及触电等安全保护措施。

10.3 职业卫生

10.3.1 工程职业卫生体系应符合GB/T 28001的规定，职业卫生设计应符合GBZ 1的规定，工作场所有害物质浓度应符合GBZ 2.1等标准的规定。

10.3.2 工程中有可能发生急性职业损伤的有毒、有害工作场所，应当设置报警装置，配备现场急救用品、冲洗设备、应急撤离通道和必要的泄险区。

10.3.3 现场人员应根据岗位的风险程度分级配备必要的劳动保护及个人防护装备，如防溅安全护目镜、全面罩、呼吸器、手套、防护服等防护用品。

10.3.4 使用过的劳保、防护用品必须严格管理，不得随意丢放。

10.3.5 应制订切实可行的人员伤害急救处置预案，并进行必要的训练和演习。

11 施工与调试

11.1 一般规定

11.1.1 建构筑物基础设计与建设应按照GB 50007及JGJ 79的有关规定执行。

11.1.2 工程建设中使用的材料与配件的设计选型均应符合国家及行业技术规范的相关要求。

11.1.3 修复工程的设计、施工、验收、运行除符合本规范规定外，还应遵守国家现行的有关法律法规、标准和行业规范的规定。

11.2 施工

11.2.1 生物堆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。

11.2.2 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。

11.2.3 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。

11.2.4 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。

11.2.5 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。

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

11.2.7 施工单位除应遵守相关的施工技术规范外，还应遵守国家有关部门颁布的劳动安全、环境保护及卫生消防等强制性标准的要求。

11.2.8 抽气管道、抽气泵、泵安装工程施工及验收规范应符合GB 50275的相关规定，应确保抽气管道的气密性。

11.2.9 施工过程中，应避免施工机械在堆体上行走，造成堆体被压实。

11.3 调试

11.3.1 工程安装、施工完成后应首先对相关仪器仪表进行校验，然后根据工艺流程对每个堆体进行分项调试和整体调试。

11.3.2 整体调试要求：各系统运转正常，技术指标达到设计要求，抽气管路系统气密性良好。

11.3.3 堆体抽气系统应采用逐步增大抽气流量的方式进行调试，确保堆体内气路均匀，避免形成优先通道。可通过设置的土壤气监测系统，定期监测堆体内氧气、二氧化碳含量与分布变化，以确认堆体内气体流场分布，并及时调整调试方案。

11.3.4 动力、控制及在线监测等系统的调试，可参照国家相关技术规范执行。

12 运行与维护

12.1 运行

12.1.1 应建立严格的交接班制度。交接班制度内容应包括生产设备、工具及生产辅助材料的交接，运行记录的交接等。

12.1.2 应对污染土壤、修复后土壤、设备运行状况、设备维护状况等建立严格的登记制度。登记内容应包括设备运行参数、化验分析及自动监测数据记录等。

12.1.3 工程运行效果未达到设计要求时，应及时排查问题并采取相应措施，必要时可调整设计方案。

12.1.4 生物堆修复工程的运行、维护和安全管理的执行除本标准外，还应符合国家现行标准的有关规定。

12.2 维护

12.2.1 应制定治理修复工程设备的定期维护计划。

12.2.2 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。

12.2.3 维护人员应做好相关维护保养记录。

12.3 修复效果评估

12.3.1 经综合分析运行过程中各介质定期监测数据后，若判断修复达到目标值，可开展修复效果评估。

12.3.2 修复效果评估宜在堆体拆除前开展。

12.3.3 修复效果评估总体上满足按HJ 25.5中6.1.2.3.3和7.1.2的技术要求。

12.3.4 效果评估过程中，土壤采样点数量和布置位置，应结合运行过程堆体不同区域抽气系统废气中污染物浓度变化、堆体土壤气中各指标含量变化及土壤监测结果确定，应重点设置在生物堆体底部、中间以及抽气支管之间位置等修复薄弱区域。

12.4 应急处理措施

12.4.1 制定生物堆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、财产损失和环境破坏等。

12.4.2 生物堆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等。

12.4.3 事故处理时应做好记录、分析原因，防止同类事故重复发生。

附录 A
(资料性附录)
生物堆堆体系统示意图

图 A.1 给出了生物堆堆体系统示意图。

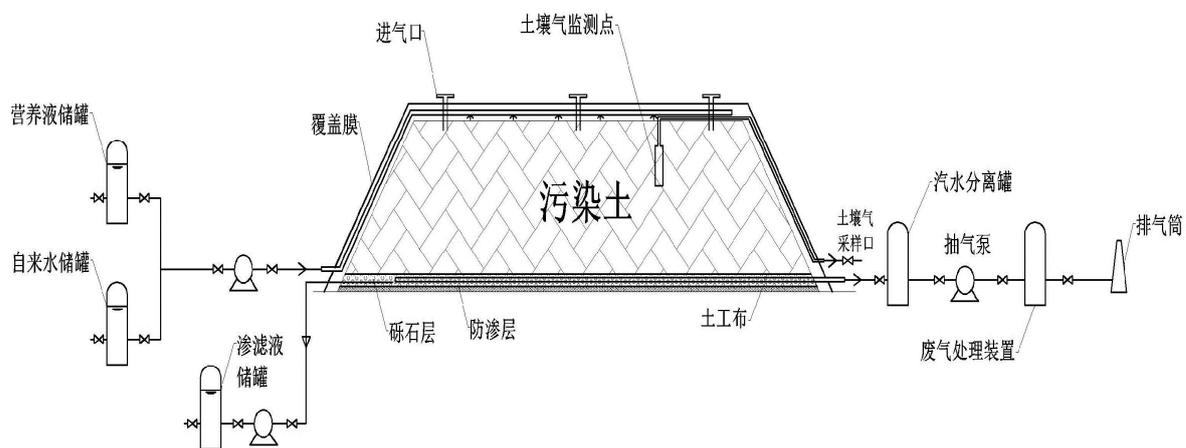


图 A.1 生物堆堆体系统示意图

附录 B
(资料性附录)
堆体底部防渗、渗滤液收集与抽气系统示意图

图 B.1、图 B.2、图 B.3 分别给出了堆体底部防渗与渗滤液收集系统示意图、堆体底部抽气管平面布置示意图、堆体底部抽气管布置剖面示意图。

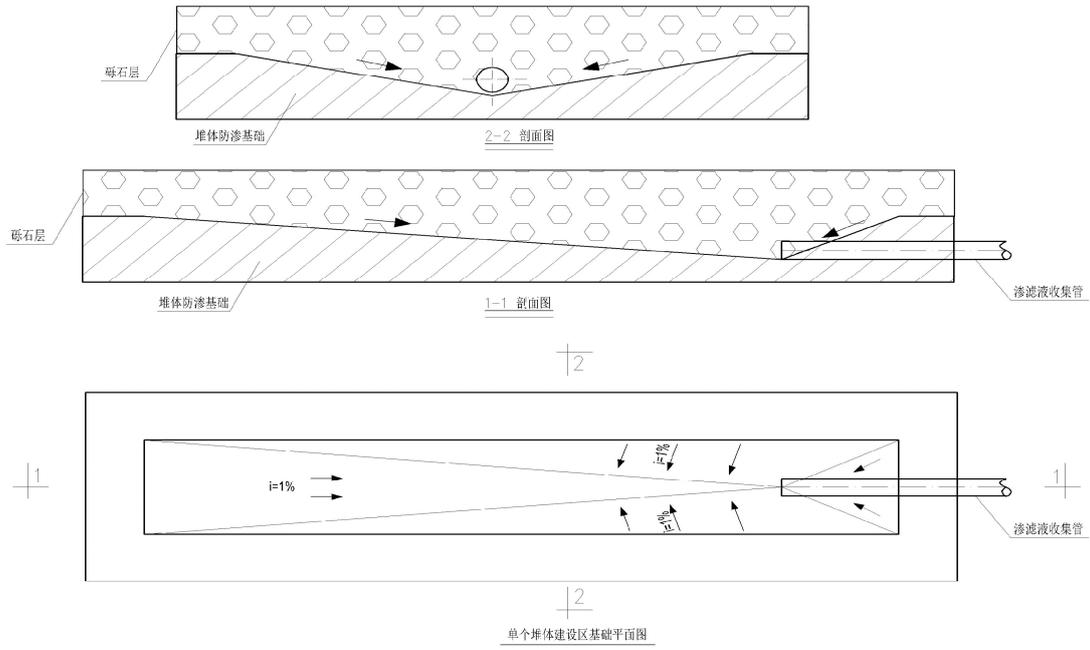


图 B.1 堆体底部防渗与渗滤液收集系统示意图

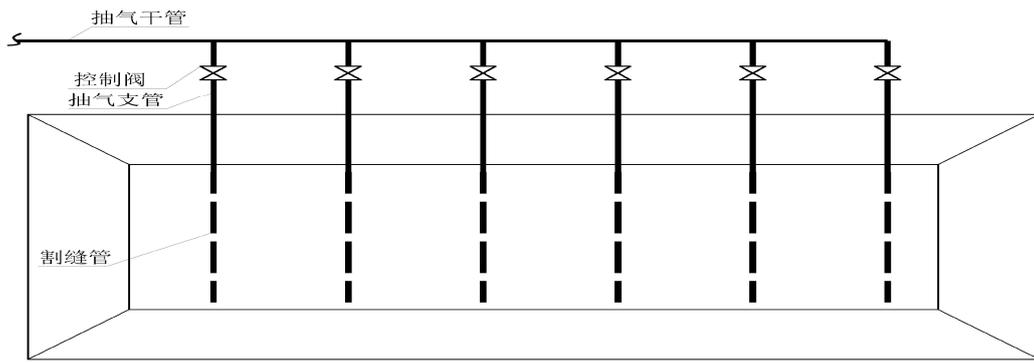


图 B.2 堆体底部抽气管平面布置示意图

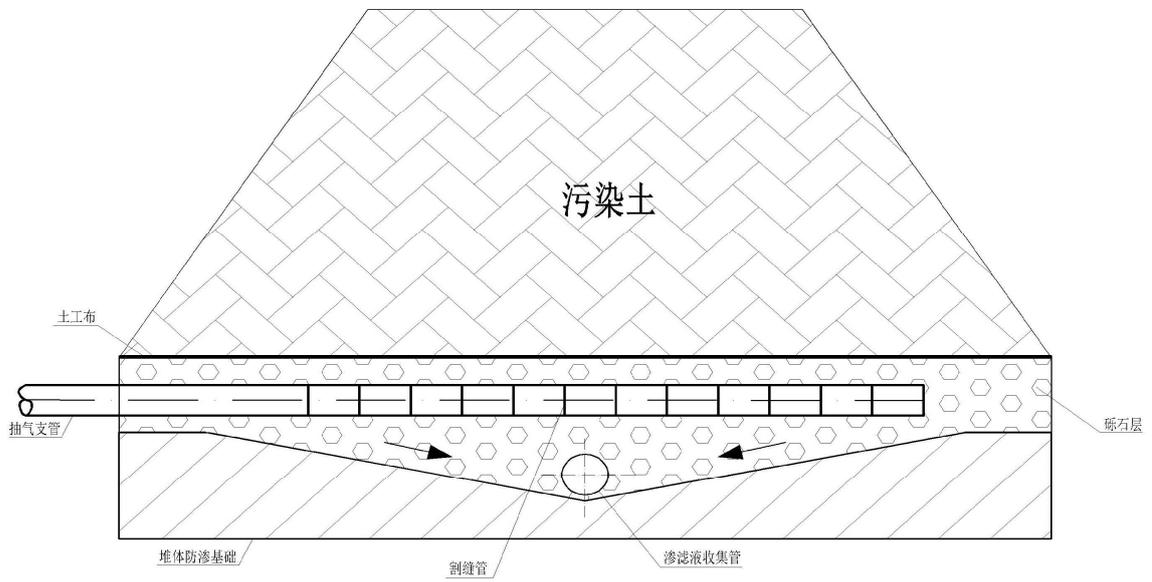


图 B.3 堆体底部抽气管布置剖面示意图

附录 C
(资料性附录)

堆体及设置在堆体内部的土壤气等监测系统示意图

图 C.1、图 C.2 和图 C.3 分别给出了堆体剖面示意图、土壤气监测点平面布置示意图和土壤气监测点垂向布置示意图。

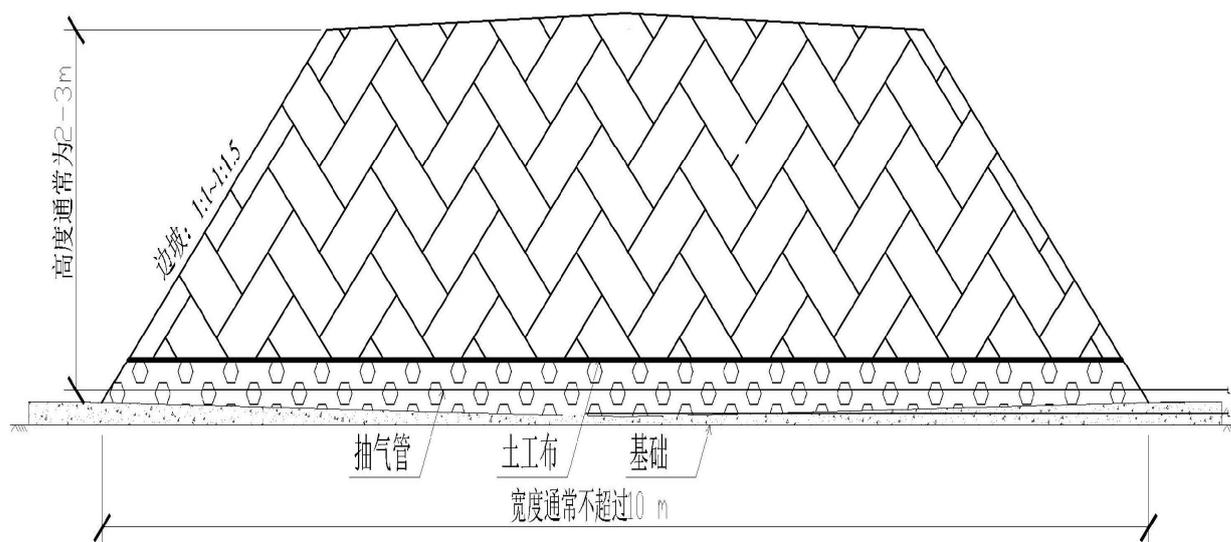


图 C.1 堆体剖面示意图

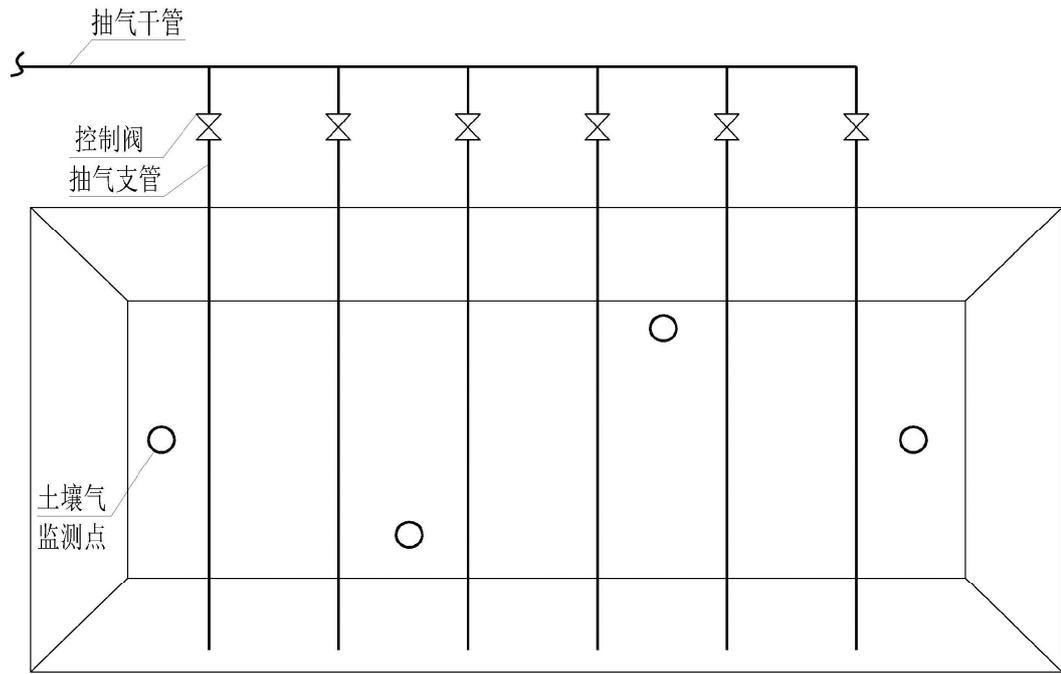


图 C.2 土壤气监测点平面布置示意图

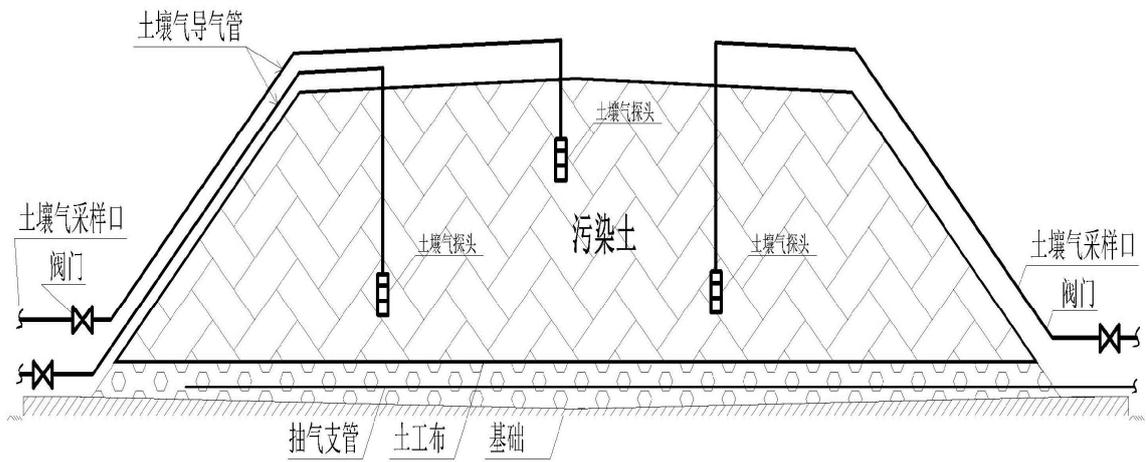


图 C.3 土壤气监测点垂向布置示意图

附录 D
(资料性附录)

堆体顶部的进气、营养水分调配和覆盖系统示意图

图 D. 1、图 D. 2、图 D. 3 分别给出了进气、营养水分调节和覆盖系统剖面示意图、进气管平面布置示意图、营养及水分调配系统平面布置示意图。

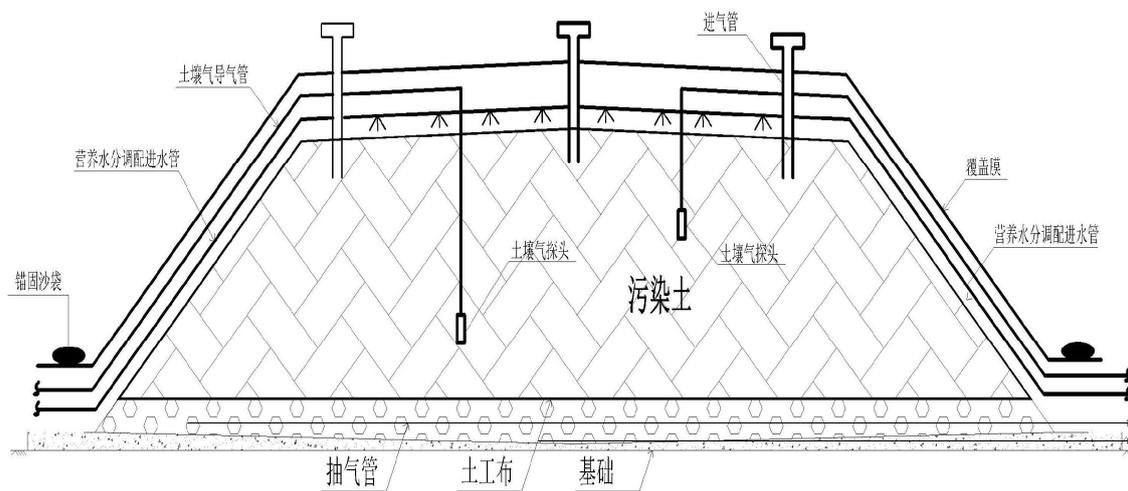


图 D. 1 系统剖面示意图

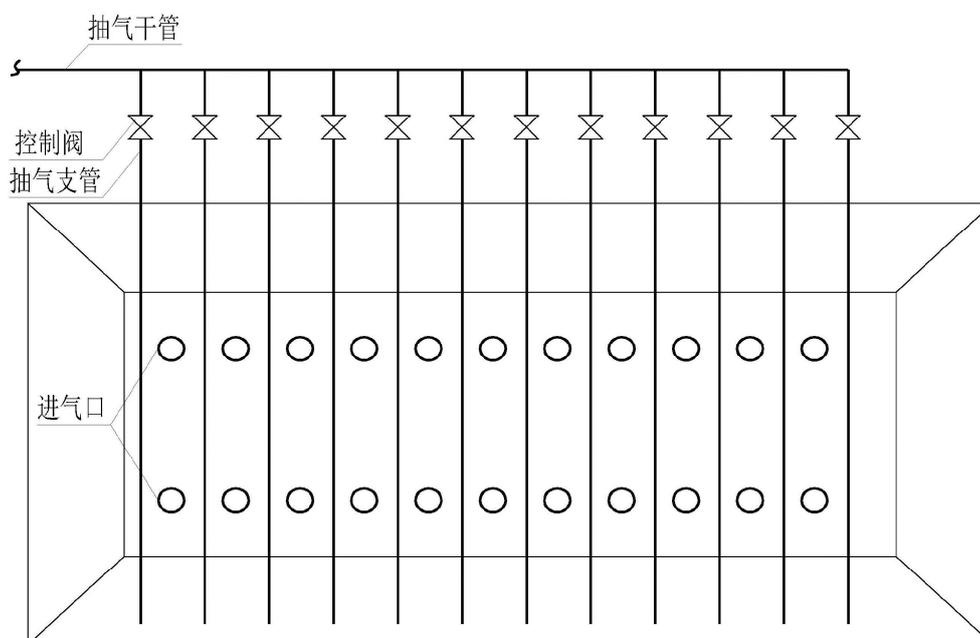


图 D. 2 进气管平面布置示意图

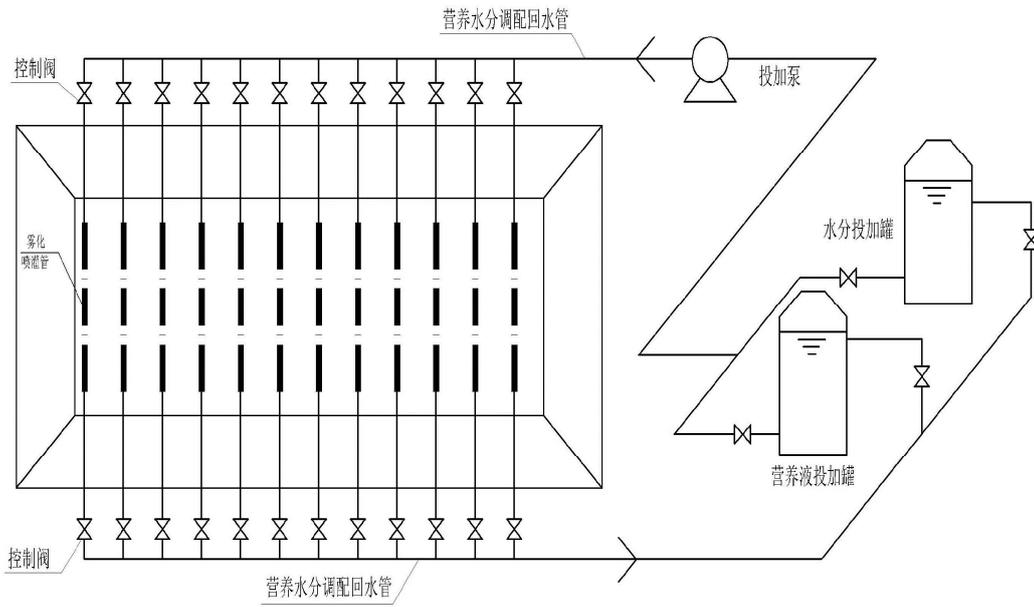


图 D. 3 营养及水分调配系统平面布置示意图