**团 体 标 准**

**污泥干化焚烧系统集成装备技术要求**

**编 制 说 明**

**《污泥干化焚烧系统集成装备技术要求》小组**

**二〇二五年七月**

目 录

一、工作简况 1

二、标准编制原则和主要内容 3

三、主要试验和情况分析 16

四、标准中涉及专利的情况 18

五、预期达到的效益（经济、效益、生态等），对产业发展的作用的情况 18

六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系 18

七、重大意见分歧的处理依据和结果 18

八、标准性质的建议说明 18

九、贯彻标准的要求和措施建议 18

十、废止现行相关标准的建议 18

十一、其他应予说明的事项 18

**《污泥干化焚烧系统集成装备技术要求》团体标准**

**编制说明**

**一、工作简况**

**（一）任务来源**

随着城市化进程加速与工业快速发展，污水处理量大幅增加，污泥作为污水处理的副产物，产量也急剧攀升。污泥含有大量水分、病原体、重金属及有机污染物等，若处理不当，极易引发二次污染，对生态环境和人体健康构成严重威胁。传统的污泥处理方式，如填埋、堆肥等，存在占地面积大、处理周期长、易产生渗滤液及恶臭等弊端。在此背景下，污泥干化焚烧技术凭借其减量化、无害化和资源化的显著优势，成为污泥处理领域的研究热点。然而，污泥干化焚烧系统集成装备技术在应用过程中面临诸多挑战。在技术层面，污泥的成分复杂多变，不同来源的污泥含水率、热值等差异较大，导致干化焚烧过程的稳定性难以保证，易出现干化不彻底、焚烧不充分等问题，影响处理效果和能源利用效率。同时，干化焚烧过程中产生的废气、废渣等污染物处理难度大，若处理不当，会造成二次污染。在装备方面，现有集成装备的自动化程度较低，运行维护成本高，且部分关键设备依赖进口，存在技术壁垒和成本压力。此外，系统整体的协同性和优化程度不足，各环节之间的衔接不够顺畅，导致整体运行效率不高，限制了该技术的大规模推广应用。

因此，开展开发污泥干化焚烧系统集成装备标准的研制。污泥干化焚烧系统集成装备技术的研究与应用具有重大意义。从环境效益来看，该技术能够高效地实现污泥的减量化和无害化处理，有效减少污泥对土壤、水体和空气的污染，改善生态环境质量。通过先进的污染物控制技术，可大幅降低废气、废渣的排放，符合国家严格的环保标准。在经济层面，污泥干化焚烧过程中产生的热能可进行回收利用，用于发电或供热，实现能源的循环利用，降低企业的能源成本。同时，该技术的推广应用有助于推动相关环保产业的发展，创造新的经济增长点。从社会效益角度而言，解决污泥处理难题有助于提升城市的环境卫生水平，保障居民的身体健康，促进社会的和谐稳定发展，为建设资源节约型、环境友好型社会提供有力支撑。

**（二）编制过程**

为使本标准在污泥干化市场管理工作中起到规范信息化管理作用，标准起草工作组力求科学性、可操作性，以科学、谨慎的态度，在对我国现有污泥干化市场相关管理服务体系文件、模式基础上，经过综合分析、充分验证资料、反复讨论研究和修改，最终确定了本标准的主要内容。

标准起草工作组在标准起草期间主要开展工作情况如下：

**1、项目立项及理论研究阶段**

标准起草组成立伊始就对国内外污泥干化相关情况进行了深入的调查研究，同时广泛搜集相关标准和国外技术资料，进行了大量的研究分析、资料查证工作，确定了污泥干化市场标准化管理中现存问题，结合现有产品实际应用经验，为标准起草奠定了基础。

标准起草组进一步研究了污泥干化需要具备的特殊条件，明确了技术要求和指标，为标准的具体起草指明了方向。

**2、标准起草阶段**

在理论研究基础上，起草组在标准编制过程中充分借鉴已有的理论研究和实践成果，基于我国市场行情，经过数次修订，形成了《污泥干化焚烧系统集成装备技术要求》标准草案。

**3、标准征求意见阶段**

形成标准草案之后，起草组召开了多次专家研讨会，从标准框架、标准起草等角度广泛征求多方意见，从理论完善和实践应用多方面提升标准的适用性和实用性。经过理论研究和方法验证，起草组形成了《污泥干化焚烧系统集成装备技术要求》（征求意见稿）。

**（三）主要起草单位及起草人所做的工作**

**1、主要起草单位**

中国中小企业协会、绿水股份有限公司等多家单位的专家成立了规范起草小组，开展标准的编制工作。绿水股份有限公司是环保生态领域深耕多年、实力出众的综合性企业，秉持“绿色领航、责任致远”理念，拥有专业团队与先进设备，依托科学管理体系，在水处理、大气治理等多领域成果丰硕。公司注重创新，严格遵循标准把控品质，以高效执行力和强烈责任感，为客户提供全流程优质服务，获业界广泛认可，正为全球生态改善持续发力。作为牵头单位，公司为标准制定提供了丰富的实践经验和专业支持。

经工作组的不懈努力，在2025年7月，完成了标准征求意见稿的编写工作。

**2、起草人所做工作**

广泛收集相关资料。在广泛调研、查阅和研究国际标准、国家标准、行业标准的基础之上，形成本标准草案稿。

**二、标准编制原则和主要内容**

**（一）标准编制原则**

本标准依据相关行业标准，标准编制遵循“前瞻性、实用性、统一性、规范性”的原则，注重标准的可操作性，本标准严格按照《标准化工作指南》和GB/T 1.1《标准化工作导则 第一部分：标准的结构和编写》的要求进行编制。标准文本的编排采用中国标准编写模板TCS 2009版进行排版，确保标准文本的规范性。

**（二）标准主要技术内容**

本标准报批稿包括9个部分，主要内容如下：

* 1. 范围

本文件规定了污泥干化焚烧系统集成装备的术语和定义、总体要求、集成要求、核心单元设备、性能要求、安全要求、包装、运输与标识内容。

本文件适用于污泥干化焚烧系统集成装备。

* 1. 规范性引用文件

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

GB 190 危险货物包装标志

GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准

GB 18485 生活垃圾焚烧污染控制标准

HJ 57 固定污染源废气 二氧化硫的测定 定电位电解法

HJ 76 固定污染源烟气（SO2、NOX、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法

HJ 77.2 环境空气和废气 二噁英类的测定 同位素稀释高分辨气相色谱-高分辨质谱法

HJ 543 固定污染源废气 汞的测定 冷原子吸收分光光度法

HJ 548 固定污染源废气 氯化氢的测定 硝酸银容量法

HJ 692 固定污染源废气 氮氧化物的测定 非分散红外吸收法

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

* + 1. 干化 drying

通过物理或化学方法降低污泥含水率的过程。

* + 1. 焚烧 burning

在高温条件下，将污泥中的可燃成分氧化分解，转化为灰渣和烟气的过程。

* + 1. 关键装备 key equipment

污泥干化、焚烧及辅助系统组成的主要装备。

* 1. 总体要求
		1. 集成要求
			1. 系统集成装备应采用模块化设计，各功能单元的布局应紧凑合理，物理连接可减少现场组装接口，各功能单元包括但不限于：
1. 接收/储存；
2. 干化；
3. 焚烧；
4. 烟气净化；
5. 灰渣处理。
	* + 1. 设备间机械、管道、电气及仪表的接口应标准化，单元间应无缝衔接。控制系统应实现全流程一体化监控。
			2. 能源集成宜优化设计：
6. 焚烧余热优先回用于干化单元；
7. 外部热源消耗通过热能回收装置（如余热锅炉）降至最低。
	* 1. 性能要求
			1. 系统应在额定设计工况下考虑以下因素：
8. 湿污泥处理能力；
9. 干化后污泥含水率；
10. 焚烧炉膛温度、烟气停留时间；
11. 年可用率。
	* + 1. 干化机、焚烧炉、主风机、余热锅炉等关键设备应设置冗余配置或快速切换措施。
		1. 安全与环保
			1. 安全设计

安全设计应满足以下要求：

1. 粉尘爆炸风险区域（干化单元、干污泥仓），配置氧含量监控、惰化系统及泄爆装置；
2. 高温设备表面温度>60°C时，设置隔热层及警示标识；
3. 有毒气体（如H₂S、CO）泄漏点安装在线检测仪及联锁报警。
	* + 1. 环保合规

环保合规应满足以下要求：

1. 烟气排放满足GB 18485的规定；
2. 厂界噪声满足GB 12348的规定；
3. 废水、臭气排放通过集成净化单元达标。
	* 1. 自动控制
			1. 集成控制系统应实现：
4. 全流程自动启停、负荷调节及安全联锁；
5. 烟气O₂、NOx、粉尘浓度等关键参数实时显示、存储及超标报警；
6. 支持远程诊断接口。
	* + 1. 人机界面宜提供多级操作权限及故障处理指导模块。
		1. 材料结构
			1. 接触腐蚀性介质（污泥、酸性烟气）的设备及管道应采用耐蚀材料，并注明厚度裕量。
			2. 高磨损部位（污泥输送机、灰渣阀）宜采用碳化钨涂层或陶瓷内衬。
		2. 维护要求

关键设备应预留检修空间，易损件（滤袋、密封件）更换可在4 h内完成。

* + 1. 文件要求
			1. 供应商应提供集成装备的下列文件：
1. 整体图、三维布置图及基础载荷图；
2. 安全风险评估报告；
3. 工厂集成测试方案及记录。
	* + 1. 性能考核应在72 h连续运行后验收。
	1. 集成要求
		1. 物理集成
			1. 各功能单元（污泥接收/储存、干化、焚烧、烟气净化、灰渣处理）应按工艺流程紧凑布局，设备间距宜≥0.8 m，满足检修通道要求，且不应存在干涉风险。
			2. 单元间连接管道应采用工厂预制的标准化法兰接口，现场安装错位量≤2 mm。
			3. 大型设备（焚烧炉、余热锅炉）基础应集成设计，荷载偏差宜控制在±5%以内。
		2. 控制集成
			1. 全系统应由单一PLC控制，可实现：
4. 干化单元出口含水率→焚烧单元进料量→烟气净化单元药剂投加的自动联锁调节；
5. 关键参数（如焚烧炉温度、烟气O₂含量）超限时触发分级报警及停机保护。
	* + 1. 控制柜应集中布置于防爆控制室，各单元信号宜通过冗余总线传输。
			2. 操作界面应集成所有单元实时数据，并支持“一键启停”全流程。
		1. 能源集成
			1. 能源回收应满足以下要求：
6. 焚烧烟气余热优先用于干化单元，剩余热量通过余热锅炉产蒸汽；
7. 蒸汽产量＞需求产量时，富余蒸汽回用于厂区供热或发电。
	* + 1. 系统排烟温度宜≤130°C，且不应因余热利用导致烟气净化效率下降。
		1. 接口要求
			1. 供应商应提供完整的接口清单，包括机械、电气、仪表点位表，并对集成装备内部所有接口的匹配性负责。
			2. 外部接口（如市政水电、污泥接收槽车位）可由用户提供，但供应商应明确接口参数。
		2. 验证要求
			1. 物理集成度应通过三维模型碰撞检测验证，并提交模型文件。
			2. 控制集成逻辑应在工厂测试中模拟运行≥200个联锁场景。
			3. 能源集成方案应附热平衡计算书，标明各节点温度、流量及热效率。
	1. 核心单元设备
		1. 干化单元
			1. 干化机类型应明确（桨叶式/流化床/带式等）。
			2. 热介质（蒸汽/导热油）温度应可控，控制精度±5°C。
			3. 接触湿污泥的部件（桨叶/内壁）应采用耐腐蚀材料，宜选择316 L不锈钢，厚度≥8 mm，高磨损区加焊碳化钨硬质层。
			4. 干化腔氧含量应≤8%，超限时应自动触发氮气惰化及停机保护。
		2. 焚烧单元
			1. 焚烧炉应选用流化床或回转窑炉型，炉膛温度应稳定于850°C ~950°C，高温区停留时间应≥2.0 s。
			2. 燃烧效率应≥99.9%，炉渣热灼减率≤3%。耐火材料宜选用刚玉莫来石质，厚度≥250 mm。
			3. 配风系统应实现一次风/二次风比例自动调节，范围在30：70~50：50，风量测量误差宜≤±2%。
		3. 余热利用单元
			1. 余热锅炉应产饱和蒸汽，压力≥1.0 MPa，热效率宜≥75%。
			2. 高温烟气入口（≥550°C）受热面应采用不锈钢，并配置声波吹灰器。
		4. 烟气净化单元
			1. 净化工艺应包含以下内容：
8. 脱硝：系统氨逃逸≤8 ppm，或系统脱硝效率≥85%；
9. 脱酸：半干法反应塔出口温度控制于140°C ~160°C，脱酸效率≥90%；
10. 除尘：布袋材质选用覆膜滤料，过滤风速≤0.8 m/min，出口粉尘≤10 mg/Nm³。
	* + 1. 活性炭喷射量应按二噁英浓度动态调节，保证排放应≤0.1 ngTEQ/Nm³。
		1. 灰渣处理单元
			1. 飞灰输送系统应密闭设计，气力输送风速≥18 m/s，管道弯头内衬陶瓷，厚度≥6 mm。
			2. 飞灰仓应配置流化装置及料位计，仓顶排气接入烟气净化系统。
		2. 控制系统
			1. 应采用冗余架构，如控制器、电源、网络，冗余宜≥15%。
			2. 关键仪表应满足以下要求：
11. 烟气在线分析仪（O₂/CO/NOx/SO₂/粉尘）符合HJ 76的要求；
12. 焚烧炉热电偶三重冗余，误差≤±1.5°C。
	1. 性能要求
		1. 项目要求
			1. 供应商应对表1所列性能参数提供保证值，且在考核测试中达标：
13. 强制项目

| 序号 | 参数 | 测试标准 |
| --- | --- | --- |
| 1 | 湿污泥处理能力 | 称重法 |
| 2 | 干化后含水率 | 烘干法 |
| 3 | 焚烧炉出口温度 | 热电偶 |
| 4 | 烟气停留时间（≥850°C） | 流速积分法 |
| 5 | 烟气粉尘排放 | HJ 76 |
| 6 | 二噁英排放 | GB 18485 |
| 7 | 系统综合能耗 | 电表/流量计累积 |

* + - 1. 噪声、废水等指标宜作为附加保证项，但不应影响核心性能验收。
		1. 考核测试
			1. 测试应满足：
1. 污泥特性符合设计范围，含水率±3%，热值±5%；
2. 系统连续运行≥72 h，负荷≥95%额定值；
3. 烟气净化、除臭等环保设施同步投运。
	* + 1. 外部环境超出设计范围时可暂停测试。
		1. 测试方法
			1. 污染物排放应由具备CMA资质的第三方检测，采样频次应符合：
4. 每4 h采集1次，烟气参数：
	1. 粉尘；
	2. SO₂；
	3. NOx。
5. 二噁英：至少3个有效样品，每样品采集≥6 h。
	* + 1. 能耗数据通过校准仪表实时记录，精度应满足：
6. 电能：±0.5级；
7. 蒸汽/燃料：±1.5%。
	* 1. 验收要求
			1. 单项参数实测值应满足：
8. 保证值±5%；
9. 严格限值超差即判定不合格。
	* + 1. 因供应商责任导致考核失败：
10. 免费整改后重测；
11. 重测费用由供应商承担。
	* 1. 责任要求
			1. 性能保证期应为验收后12个月，期内：
12. 保证值持续有效；
13. 非用户原因导致的性能下降免费修复。
	* + 1. 保证期可延长至重大维修后12个月。
	1. 安全要求
		1. 环保排放
			1. 烟气排放

集成装备最终排气筒出口污染物浓度应满足表2限值（基准氧含量11%）：

1. 烟气强制排放限值

| 污染物 | 单位 | 限值 | 测试标准 |
| --- | --- | --- | --- |
| 颗粒物 | mg/Nm³ | ≤20 | HJ 76 |
| SO₂ | mg/Nm³ | ≤80 | HJ 57 |
| NOx | mg/Nm³ | ≤250 | HJ 692 |
| HCl | mg/Nm³ | ≤50 | HJ 548 |
| 二噁英类 | ngTEQ/Nm3 | ≤0.1 | HJ 77.2 |
| 汞及其化合物 | mg/Nm³ | ≤0.05 | HJ 543 |

* + - 1. 废水与固废

废水与固废应满足以下要求：

1. 工艺废水预处理至pH=6~9、COD≤100 mg/L后，排入厂区污水管网；
2. 飞灰按危险废物管理，密封转运至有资质单位处置。
	* 1. 安全设计
			1. 防爆防火应满足以下要求：
3. 干化机、干污泥仓等爆炸风险区，配置：
	1. 氧含量监测仪，精度±0.5%；
	2. 自动氮气惰化系统，氧含量>8%时触发；
	3. 泄爆片，爆破压力≤0.1 MPa。
4. 焚烧炉周边5 m内设置消防栓，水压≥0.4 MPa，及CO₂灭火器。
	* + 1. 毒害防护应满足以下要求：
5. 储泥池、反应塔等有限空间安装H₂S/CH₄检测仪，一级报警值10 ppm，二级报警值15 ppm，并联锁启动事故风机，风量≥12次/h换气。
6. 接触腐蚀性介质的操作位配置紧急淋浴器，响应时间≤1 s。
	* 1. 职业健康
			1. 高噪声设备（引风机、空压机）应采取：
7. 隔声罩，插入损失≥25 dB(A)；
8. 减振基础，振动速度≤4.5 mm/s。
	* + 1. 巡检通道噪声宜≤85 dB(A)，否则应配发护耳器。
		1. 应急管理
			1. 控制系统应预设紧急停车程序，触发条件应包括：
9. 焚烧炉温度<800°C，持续>5 s；
10. 干化系统氧含量>10%；
11. 烟气净化失效，粉尘>50 mg/Nm³。
	* + 1. 供应商应提供应急预案，涵盖火灾、有毒泄漏、粉尘爆炸场景的处置流程。
		1. 文件要求

供应商应提交：

1. 环保设备性能承诺书；
2. 防爆区域划分图；
3. 安全阀、泄爆片计算书及型式试验证书。
	1. 包装、运输与标识
		1. 包装
			1. 焚烧炉、余热锅炉等大型设备，应采用模块化钢结构框架包装，框架刚度满足：
4. 抗变形能力≥设备自重200%；
5. 顶面承压≥5 kN/m²。
	* + 1. 分析仪等精密仪表，应独立包装：
6. 防静电袋密封后装入硬质发泡箱，抗震≥5 g；
7. 箱内湿度指示卡宜显色阈值≤30%RH。
	* + 1. 滤袋、陶瓷内衬等易损件，可采用木箱包装，内衬防水油毡≥0.5 mm厚。
		1. 运输
			1. 超限设备（宽度＞3.5 m）应申请特种运输许可，并提交：
8. 三维尺寸图；
9. 公路/水路运输路线勘察报告。
	* + 1. 运输过程应满足以下要求：
10. 加速度≤0.3 g；
11. 设备表面温度宜保持-25°C～50°C。
	* + 1. 海运集装箱箱内宜投用气相防锈剂。
		1. 标识
			1. 外箱标识应包含：
12. 设备名称/编号；
13. 尺寸；
14. 毛重/净重；
15. 重心位置；
16. 防雨；
17. 禁止翻滚。
	* + 1. 危险警示应符合GB 190的要求：
18. 腐蚀性介质包件贴“腐蚀”标识；
19. 电气设备贴“防静电”标识。
	* + 1. 接口防护应满足以下要求：
20. 法兰口加盖盲板；
21. 电缆接口注密封胶。
	* 1. 文件
			1. 每箱应内置防水袋封装：
22. 装箱清单；
23. 安装方位示意图。
	* + 1. 整套设备应提供总装箱目录，注明“关键箱”与“备件箱”分类。
		1. 责任
			1. 运输导致的设备损伤：
24. 包装完好但内部损坏由供应商担责；
25. 外箱破损且未购买保险归责于承运方。
	* + 1. 到货开箱应双方签字确认，争议问题宜48 h内书面提出。

**三、主要试验和情况分析**

结合国内外的行业测试标准和企业内部工厂管控的项目进行要求规定和试验验证。

在污泥干化焚烧系统集成装备的研发过程中，开展了全面且深入的试验验证工作。针对干化环节，通过搭建中试平台，模拟不同含水率、成分的污泥，对多种干化工艺及设备参数进行反复测试，精确记录干化时间、能耗以及污泥最终含水率等关键指标，累计试验次数超[X]次，确保干化设备在各种工况下都能稳定高效运行，将污泥含水率精准控制在设定范围内。对于焚烧部分，在大型试验炉中进行了长时间的连续焚烧试验，详细分析不同焚烧温度、停留时间以及空气过剩系数等因素对污泥焚烧效果的影响，重点监测污染物排放情况，如二噁英、氮氧化物、二氧化硫等，经过多次优化调整试验，使焚烧过程达到最佳状态，污染物排放远低于国家相关标准。同时，对整个系统集成装备进行了联动试验，检验各子系统之间的协同配合能力，模拟实际运行中可能出现的各种突发情况，如设备故障、污泥流量波动等，通过多次应急演练和故障排除试验，确保系统具备高度的可靠性和稳定性。

通过本污泥干化焚烧系统集成装备技术的应用，预期能够实现多方面显著效果。在污泥处理能力上，可高效处理不同规模产生的污泥，满足城市污水处理厂、工业废水处理设施等日益增长的污泥处置需求，日处理量可根据实际需求灵活调整，有效解决污泥堆积带来的环境隐患。在处理质量方面，经该系统处理后的污泥能够实现充分干化和彻底焚烧，最终产物为无害化的灰渣，体积大幅减小，便于后续处置和资源化利用。在环保性能上，严格遵循国家及地方最严格的环保标准，通过先进的污染控制技术，确保焚烧过程中各类污染物排放浓度极低，氮氧化物、二氧化硫等污染物排放浓度也远低于标准限值，最大程度减少对环境的二次污染。此外，该系统集成装备具备智能化控制功能，能够实现运行参数的实时监测和自动调整，降低人工操作强度，提高运行效率，同时通过优化能源利用，降低整体能耗，实现节能减排与经济效益的双赢，为污泥处理行业的可持续发展提供有力技术支撑。

**四、标准中涉及专利的情况**

无

**五、预期达到的效益（经济、效益、生态等），对产业发展的作用的情况**

污泥干化企业规范运营，在国际市场上有机会与其他各国（相关）企业竞争。

**六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系**

与现行法律、法规和强制性标准没有冲突。

**七、重大意见分歧的处理依据和结果**

标准制定过程中，未出现重大意见分歧。

**八、标准性质的建议说明**

本标准为团体标准，供社会各界自愿使用。

**九、贯彻标准的要求和措施建议**

无。

**十、废止现行相关标准的建议**

本标准为首次发布。

**十一、其他应予说明的事项**

无。