“有机废液智能无害化技术与成套装备”技术检测报告

序号	样品名称	测试项目	送检单位	检测机构	报告日期
1	废气、固体废物	废气：SO_2、NO_X、二噁英、重金属等 14 项指标 固体废物：铜、锌、铬、铅、镍等 10 项重金属	中国矿业大学（北京）	北京京畿分析测试中心有限公司	2022.03.14
2	装备安全性能	防倾覆、防挥发、防静电、燃烧平稳性、隔热性、安全保护、阻燃性等七项指标	中日友好环境保护中心	中国矿业大学（北京）	2022.03

ATCCR-ZL-136（1-0）

ATCCR

CMA
160100340207
资质有效期至：2022.03.23

报告编号：ATCCR22022803

检 测 报 告

样品类别	废气、固体废物
委托单位	中国矿业大学（北京）
检测类别	委托检测
报告日期	2022 年 03 月 14 日

北京京畿分析测试中心有限公司
Analytical and Testing Center of Capital Regions

注意事项

1. 本《检测报告》签字页无本机构“检验检测专用章”和批准人签字无效；未压印本机构“检验检测（报告骑缝）专用章”的报告页无效。
2. 对测试结果若有异议，请于收到《检测报告》之日起十个工作日内向检验单位提出。
3. 不可重复性试验不进行复检。
4. 本报告只对本次采样/送检样品检测结果负责。
5. 本报告不对送检样品信息真实性及检测目的负责。
6. 复印报告未重新加盖“检验检测专用章”或检验单位公章无效。
7. 报告涂改、增删、缺页无效。
8. 本报告未经同意不得作为商业广告使用。
9. 未经本实验室的书面批准，不得复印报告。

一、检 测 信 息

受检单位	中国矿业大学（北京）		样品来源	现场采集
受检地址	北京市海淀区熙春路清华大学西楼东门南侧约 70 米（清华大学公寓 1 号楼）		样品状态	正常
采样日期	2022.02.28	检测日期	2022.02.28-2022.03.04	
样品编号	废气：ATCCR22022803-0228HJQ01-27 固体废物：ATCCR22022803-0228HJG01			
生产负荷（%）	>75			

类别	检测项目	检出限	检测标准（方法）	主要检测仪器及编号
固定污染源废气	汞及其化合物	2.50×10^{-3} mg/m^3	HJ 543-2009 固定污染源废气 汞的测定 冷原子吸收分光光度法（暂行）	冷原子吸收测汞仪 F732-V 型、SB-058
	锡及其化合物	3.00×10^{-4} mg/m^3	HJ 657-2013 空气和废气 颗粒物中铅等金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	电感耦合等离子体质谱仪 7900 型、SB-379
	镉及其化合物	8.00×10^{-6} mg/m^3		
	铅及其化合物	2.00×10^{-4} mg/m^3		
	砷及其化合物	2.00×10^{-4} mg/m^3		
	铊及其化合物	8.00×10^{-6} mg/m^3		
	锑及其化合物	2.00×10^{-5} mg/m^3		
	铜及其化合物	2.00×10^{-4} mg/m^3		
	钴及其化合物	8.00×10^{-6} mg/m^3		
	锰及其化合物	7.00×10^{-5} mg/m^3		
	铬及其化合物	3.00×10^{-4} mg/m^3		
	氯化氢	0.2 mg/m^3	HJ 549-2016 环境空气和废气 氯化氢的测定 离子色谱法	离子色谱仪 CIC-D120 型、SB-111
	颗粒物	1.0 mg/m^3	HJ 836-2017 固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法	电子天平 AUW220D 型、SB-325 自动烟尘烟气测试仪 GH-60E 型、SB-285 恒温恒湿间 自制、SB-110
			GB/T 16157-1996 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法	
	二氧化硫	3 mg/m^3	HJ 57-2017 固定污染源废气 二氧化硫的测定 定电位电解法	自动烟尘烟气测试仪 GH-60E 型、SB-285 综合气象仪追踪仪 5500 型、SB-135
	氮氧化物	3 mg/m^3	HJ 693-2014 固定污染源废气 氮氧化物的测定 定电位电解法	
	一氧化碳	3 mg/m^3	HJ 973-2018 固定污染源废气 一氧化碳的测定 定电位电解法	
	氟化氢	0.08 mg/m^3	HJ 688-2019 固定污染源废气 氟化氢的测定 离子色谱法	离子色谱仪 CIC-D120 型、SB-111
	二噁英类*	——	HJ 77.2-2008《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》	——

固体废物	铜	0.02 mg/L	GB/T 5085.3-2007 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别附录 D 固体废物 金属元素的测定 火焰原子吸收光谱法	原子吸收分光光度计 AA-7003 型、SB-038
			HJ/T 299-2007 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法	
	锌	5.00×10^{-3} mg/L	GB 5085.3-2007 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别附录 D 固体废物 金属元素的测定 火焰原子吸收光谱法	
			HJ/T 299-2007 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法	
	铅	0.10 mg/L	GB 5085.3-2007 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别附录 D 固体废物 金属元素的测定 火焰原子吸收光谱法	
			HJ/T 299-2007 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法	
	镉	5.00×10^{-3} mg/L	GB 5085.3-2007 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别附录 D 固体废物 金属元素的测定 火焰原子吸收光谱法	
			HJ/T 299-2007 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法	
	铬	0.05 mg/L	GB 5085.3-2007 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别附录 D 固体废物 金属元素的测定 火焰原子吸收光谱法	
			HJ/T 299-2007 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法	
	银	2.00×10^{-4} mg/L	HJ/T 299-2007 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法	电感耦合等离子体质谱仪 7900 型、SB-379
			GB 5085.3-2007 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别附录 C 固体废物 银元素的测定 石墨炉原子吸收光谱法	
	铍	2.00×10^{-4} mg/L	GB 5085.3-2007 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别附录 C 固体废物 铍元素的测定 石墨炉原子吸收光谱法	
			HJ/T 299-2007 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法	
	钡	0.10 mg/L	GB 5085.3-2007 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别附录 C 固体废物 钡元素的测定 石墨炉原子吸收光谱法	
			HJ/T 299-2007 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法	

固体废物	镍	0.04 mg/L	HJ/T 299-2007 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法	原子吸收分光光度计 AA-7003 型、SB-038
			GB 5085.3-2007 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别附录 D 固体废物 金属元素的测定 火焰原子吸收光谱法	
	六价铬	0.004 mg/L	HJ/T 299-2007 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法	可见分光光度计 721 型、SB-084
			GB 7467-87 水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法	

以下空白

备 注	*项目为分包项目 分包单位名称：河北新环检测集团有限公司 资质证书编号：150312340138

报告编制人：刘畅　　授权签字人：

审核人：李结　　签发日期：2022 年 03 月 14 日

（检验检测专用章）

二、检 测 结 果

1、 固定污染源废气的检测结果

2022.02.28 检测结果

采样位置	化学危废液源头智能化减量处置设备尾气排气筒				
生产设备名称	——		净化设备名称	智能化减量处置设备	
排气筒面积(m^2)	0.071		排气筒高度(m)	35	
参数	第一次检测结果	第二次检测结果	第三次检测结果	执行标准及标准限值（GB18484-2020）	是否符合
烟气含氧量（%）	16.2	15.6	15.6	/	/
废气平均温度（℃）	52.9	52.6	54.1	/	/
废气平均湿度（%）	5.2	5.2	5.5	/	/
废气平均流速（m/s）	2.86	3.23	2.76	/	/
标况平均废气量（m^3/h）	575	650	552	/	/
汞及其化合物的浓度（mg/m^3）	4.51×10^{-3}	3.71×10^{-3}	4.29×10^{-3}	/	/
汞及其化合物的折算浓度（mg/m^3）	2.59×10^{-6}	2.41×10^{-6}	2.37×10^{-6}	0.05	符合
汞及其化合物排放速率（kg/h）	9.40×10^{-3}	6.87×10^{-3}	7.94×10^{-3}	/	/
铊及其化合物的浓度（mg/m^3）	1.45×10^{-5}	2.58×10^{-5}	1.79×10^{-5}	/	/
铊及其化合物的折算浓度（mg/m^3）	8.34×10^{-9}	1.68×10^{-8}	9.88×10^{-9}	0.05	符合
铊及其化合物排放速率（kg/h）	3.02×10^{-5}	4.78×10^{-5}	3.31×10^{-5}	/	/
镉及其化合物的浓度（mg/m^3）	1.64×10^{-5}	1.88×10^{-5}	1.2×10^{-5}	/	/
镉及其化合物的折算浓度（mg/m^3）	9.44×10^{-9}	1.22×10^{-8}	8.95×10^{-9}	0.05	符合
镉及其化合物排放速率（kg/h）	3.42×10^{-5}	3.48×10^{-5}	3.00×10^{-5}	/	/
铅及其化合物的浓度（mg/m^3）	1.64×10^{-3}	3.12×10^{-3}	2.17×10^{-3}	/	/
铅及其化合物的折算浓度（mg/m^3）	9.41×10^{-7}	2.02×10^{-6}	1.20×10^{-6}	0.5	符合
铅及其化合物排放速率（kg/h）	3.41×10^{-3}	5.77×10^{-3}	4.02×10^{-3}	/	/
砷及其化合物的浓度（mg/m^3）	6.47×10^{-4}	7.21×10^{-4}	1.59×10^{-3}	/	/
砷及其化合物的折算浓度（mg/m^3）	3.72×10^{-7}	4.69×10^{-7}	8.76×10^{-7}	0.5	符合
砷及其化合物排放速率（kg/h）	1.35×10^{-3}	1.34×10^{-3}	2.9×10^{-3}	/	/
锡及其化合物的浓度（mg/m^3）	8.79×10^{-4}	8.74×10^{-4}	9.42×10^{-4}	/	/
锡及其化合物的折算浓度（mg/m^3）	5.05×10^{-7}	5.68×10^{-7}	5.20×10^{-7}	2.0	符合
锡及其化合物排放速率（kg/h）	1.83×10^{-3}	1.62×10^{-3}	1.74×10^{-3}	/	/
锑及其化合物的浓度（mg/m^3）	5.87×10^{-5}	6.88×10^{-5}	4.98×10^{-5}	/	/
锑及其化合物的折算浓度（mg/m^3）	3.38×10^{-8}	4.47×10^{-8}	2.75×10^{-8}	2.0	符合
锑及其化合物排放速率（kg/h）	1.22×10^{-4}	1.27×10^{-4}	9.22×10^{-5}	/	/
铜及其化合物的浓度（mg/m^3）	6.97×10^{-3}	5.23×10^{-3}	6.18×10^{-3}	/	/
铜及其化合物的折算浓度（mg/m^3）	4.01×10^{-6}	3.40×10^{-6}	3.41×10^{-6}	2.0	符合
铜及其化合物排放速率（kg/h）	1.45×10^{-2}	9.69×10^{-3}	1.14×10^{-2}	/	/
钴及其化合物的浓度（mg/m^3）	8.89×10^{-5}	3.38×10^{-4}	2.32×10^{-4}	/	/

采样位置	化学危废液源头智能化减量处置设备尾气排气筒				
生产设备名称	——		净化设备名称	智能化减量处置设备	
排气筒面积(m^2)	0.071		排气筒高度(m)	35	
参数	第一次检测结果	第二次检测结果	第三次检测结果	执行标准及标准限值（GB18484-2020）	是否符合
烟气含氧量（%）	16.2	15.6	15.6	/	/
废气平均温度（℃）	52.9	52.6	54.1	/	/
废气平均湿度（%）	5.2	5.2	5.5	/	/
废气平均流速（m/s）	2.86	3.23	2.76	/	/
标况平均废气量（m^3/h）	575	650	552	/	/
钴及其化合物的折算浓度（mg/m^3）	5.11×10^{-8}	2.20×10^{-7}	1.28×10^{-7}	2.0	符合
钴及其化合物排放速率（kg/h）	1.85×10^{-4}	6.26×10^{-4}	4.30×10^{-4}	/	/
锰及其化合物的浓度（mg/m^3）	1.35×10^{-4}	2.31×10^{-4}	2.58×10^{-4}	/	/
锰及其化合物的折算浓度（mg/m^3）	7.76×10^{-8}	1.50×10^{-7}	1.42×10^{-7}	2.0	符合
锰及其化合物排放速率（kg/h）	2.81×10^{-4}	4.28×10^{-4}	4.78×10^{-4}	/	/
铬及其化合物的浓度（mg/m^3）	8.02×10^{-3}	1.93×10^{-2}	3.09×10^{-2}	/	/
铬及其化合物的折算浓度（mg/m^3）	4.61×10^{-6}	1.25×10^{-5}	1.70×10^{-5}	0.5	符合
铬及其化合物排放速率（kg/h）	1.67×10^{-2}	3.57×10^{-2}	5.72×10^{-2}	/	/
镍及其化合物的浓度（mg/m^3）	4.67×10^{-3}	1.21×10^{-2}	1.15×10^{-2}	/	/
镍及其化合物的折算浓度（mg/m^3）	2.68×10^{-6}	7.87×10^{-6}	6.37×10^{-6}	2.0	符合
镍及其化合物排放速率（kg/h）	9.73×10^{-3}	2.24×10^{-2}	2.14×10^{-2}	/	/
颗粒物的浓度（mg/m^3）	2.3	2.2	2.5	/	/
颗粒物的折算浓度（mg/m^3）	4.8	4.1	4.6	30	符合
颗粒物排放速率（kg/h）	1.32×10^{-3}	1.43×10^{-3}	1.38×10^{-3}	/	/
二氧化硫的浓度（mg/m^3）	<3	<3	<3	/	/
二氧化硫的折算浓度（mg/m^3）	<3	<3	<3	100	符合
二氧化硫排放速率（kg/h）	$<1.73\times10^{-3}$	$<1.95\times10^{-3}$	$<1.66\times10^{-3}$	/	/
氮氧化物的浓度（mg/m^3）	108	113	102	/	/
氮氧化物的折算浓度（mg/m^3）	225	209	189	300	符合
氮氧化物排放速率（kg/h）	0.062	0.073	0.056	/	/
一氧化碳的浓度（mg/m^3）	<3	<3	<3	/	/
一氧化碳的折算浓度（mg/m^3）	<3	<3	<3	100	符合
一氧化碳排放速率（kg/h）	$<1.73\times10^{-3}$	$<1.95\times10^{-3}$	$<1.66\times10^{-3}$	/	/
氯化氢的浓度（mg/m^3）	0.42	0.36	0.39	/	/
氯化氢的折算浓度（mg/m^3）	0.88	0.67	0.72	60	符合
氯化氢排放速率（kg/h）	2.42×10^{-4}	2.34×10^{-4}	2.15×10^{-4}	/	/
氟化氢的浓度（mg/m^3）	0.86	0.74	0.81	/	/
氟化氢的折算浓度（mg/m^3）	1.8	1.4	1.5	4.0	符合
氟化氢排放速率（kg/h）	4.95×10^{-4}	4.81×10^{-4}	4.47×10^{-4}	/	/

采样位置	化学危废液源头智能化减量处置设备尾气排气筒				
生产设备名称	——		净化设备名称	智能化减量处置设备	
排气筒面积(m^2)	0.071		排气筒高度(m)	35	
参数	第一次检测结果	第二次检测结果	第三次检测结果	执行标准及标准限值（GB18484-2020）	是否符合
烟气含氧量（%）	16.2	15.6	15.6	/	/
废气平均温度（℃）	52.9	52.6	54.1	/	/
废气平均湿度（%）	5.2	5.2	5.5	/	/
废气平均流速（m/s）	2.86	3.23	2.76	/	/
标况平均废气量（m^3/h）	575	650	552	/	/
二噁英类总量 Σ_{17}（PCDDs+PCDFs）（ng/m^3）	0.58	0.45	0.090	/	/
毒性当量浓度（ng TEQ/m^3）	0.053	0.047	0.013	0.5	符合
11%含氧量换算毒性当量浓度（ng TEQ/m^3）	0.11	0.087	0.024	/	/

2、固体废物的检测结果

检测项目	采样位置
	智能化减量处置设备
铜（mg/L）	0.045
锌（mg/L）	9.78×10^{-3}
镉（mg/L）	9.96×10^{-3}
铅（mg/L）	0.625
铬（mg/L）	0.132
铍（mg/L）	5.78×10^{-4}
钡（mg/L）	0.229
镍（mg/L）	0.162
银（mg/L）	7.45×10^{-3}
六价铬（mg/L）	0.007

以下空白

化学危废液源头智能化减量处理
技术与成套装备

安全性能检测报告

委托方（甲方）：中日友好环境保护中心

服务方（乙方）：中国矿业大学（北京）

二零二二年三月

目 录

一、检测目的和范围.....1

1.1 检测目的.....1

1.2 检测范围.....1

二、装备概述.....2

2.1 工艺流程.....2

2.2 技术参数.....3

三、 检测内容及过程.....4

3.1 检测内容.....4

3.2 检测过程.....4

四、主要结论.....12

五、测试报告有效性说明.....13

六、 参考规范.....14

一、检测目的和范围

1.1 检测目的

本报告是**JHWFY-50型化学危废液源头智能化减量处理技术与成套装备**（以下简称装备）的安全测试报告。根据合同要求，报告主要测试以下指标：**防倾覆、防挥发、防静电、燃烧平稳性、隔热性、安全保护**和**阻燃性**，通过以上7项安全指标对装备的安全性能进行评估。

1.2 检测范围

本报告的测试范围为JHWFY-50型化学危废液源头智能化减量处理技术与成套装备及其周边环境，该装备主要包含以下四个模块：**智能识别模块；精准裂解模块；余热利用模块；尾气处理模块**。

二、装备概述

2.1 工艺流程

JHWFY系列化学危废液源头智能化减量处理技术和产品由北京即鸿科技有限公司与清华大学联合研发，是集废液处理、热能回收于一体的综合处置系统，主要适用于处理高校及科研院所实验产生的主要含碳、氢、氧元素的有机化学废液。

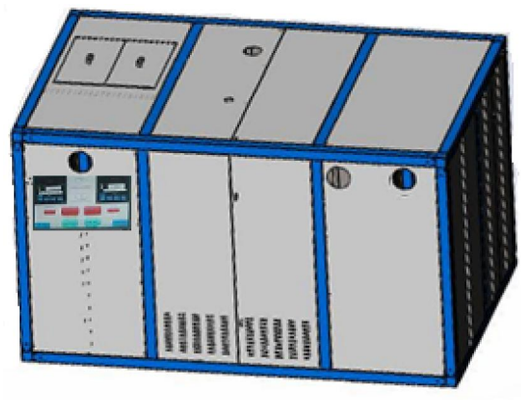

图2-1装备外形图

装备是集多个处理模块为一体综合处置系统，具体工艺流程见图2-2。

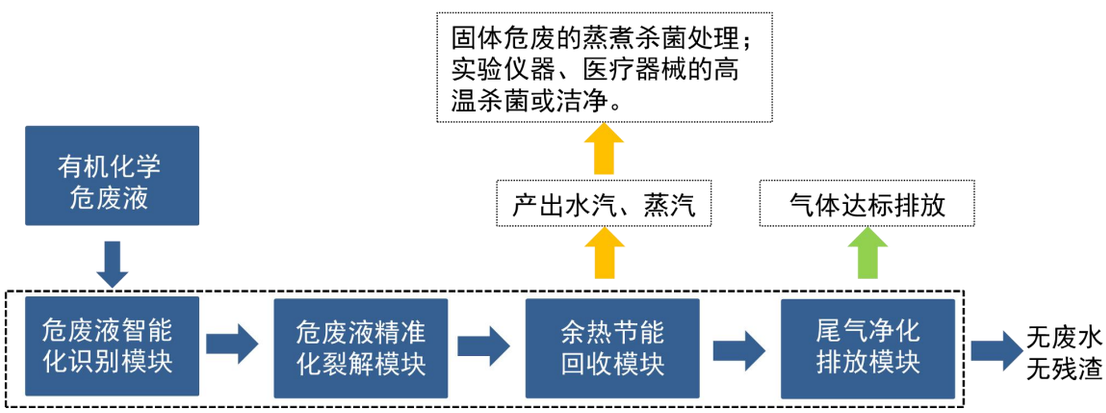

图2-2化学危废液源头智能化减量处理技术与成套装备工艺流程

废液进入智能识别模块后，通过专用仪器及手段进行综合热力学特性分析，根据分析结果，自动匹配热解工艺。在裂解模块对废液进行两级裂解处理，一级裂解温度一般在950℃以上，主要焚烧废液中的有机物；二级裂解温度在1100℃左右，烟气停留时间不少于2s，确保裂解炉内危险废物能够充分燃烧，并防止二噁英生成。

高温烟气经裂解模块排出后进入余热回收模块，余热锅炉对高温烟气进行余热回

收，同时将烟气温度从1100～1200℃降至530℃左右。回收后的烟气仍有较高的温度，烟气进入尾气处理模块后，依次经过急冷/脱酸、脱水和除尘/吸附工序，然后排出外界。在急冷/脱酸工序中，碱液喷枪将NaOH溶液雾化后与烟气充分混合，使烟气脱酸并降温至200℃以下。烟气停留时间小于1s，降温的同时防止二噁英的二次合成。在脱水工序中，湿润的烟气流过以聚丙烯为主要材料的PP多面空心球过滤层，达到脱水、干燥的目的。在除尘/吸附工序中，干燥的烟气流经以聚四氟乙烯为主要材料的过滤棉，达到除尘的目的；对于微小的粉尘颗粒、重金属等，利用活性炭吸附。最后，将经过处理的尾气排出外界。

2.2 技术参数

表2-1 JHWFY-50主要技术参数

产品型号	JHWFY-50
年处理量（t/a）	50
额定装机容量（kW）	30
装备外形尺寸L*W*H（m）	4*2.5*2.3
装备重量（t）	3.3
给水流量（L/ min）	20
废液处理量（kg/h）	1~20

注：装备需定时补水，自来水给水压力不小于0.3MPa。

三、 检测内容及过程

3.1 检测内容

表3-1 化学危废液源头智能化减量处理技术与成套装备检测指标一览表

安全性能指标	检测方法	检测时间	检测地点
防倾覆	测量整个装置和废液桶的水平程度，评估智能识别模块的防倾覆性。	2022年2月17日，2月28日	北京市海淀区熙春路清华大学
防挥发	检查废液桶密闭性是否良好，输送管连接处的温湿度是否正常。		
防静电	检测废液桶外壳是否为静电耗散材料；装备外壳是否接地。		
燃烧平稳性	检测尾气中一氧化碳、二氧化碳、氧气浓度是否稳定。		
隔热性	测量装备外壳表面温度，判断高温裂解室对外壳的影响，隔热性是否满足安全要求。		
安全保护	检查装备是否采取了报警、接地，熔断保险丝、安全联动等安全保护措施。		
阻燃性	对聚四氟乙烯和活性炭进行热重分析，计算材料的燃烧反应性指数，评估材料在工作环境范围内的材料的阻燃性。		

3.2 检测过程

3.2.1 防倾覆性能测试

采用数字水平仪（精度：0.1°），检测了智能识别模块内部废液桶在装备运行过程中的稳定性。检测时，将水平仪固定在废液桶上表面，每隔30 s读取一次水平仪倾斜角度示数，持续读数15 min，并记录最大倾斜角度。评估示数波动是否在可接受的安全范围内。同时，对模块内部空间进行测量，评估空间尺寸设计是否合理。检测结果如下：

表3-2 防倾覆性能测试结果

指标 / 对象	长（cm）	宽（cm）	高（cm）	倾斜范围
智能识别模块	60.0	50.0	50.0	±1.5°
废液桶	40.0	30.0	95.0	±1.8°

检测结果表明：废液桶倾斜范围±1.8°，桶壁四周留有20 cm的间隙，**废液桶发生倾覆概率较低。但装置的倾覆性与底部平面的平整度有关，应重点关注底面的平整性。**

3.2.2 防挥发性能检测

采用探头式电子温湿度计（测温范围-50~90℃，精度0.1℃；测湿范围10~99％，精度1％）测量了废液桶口位置处的温湿度，以评价废液桶的挥发性。

检测时，在装备开启后每隔20分钟测量一次空间内的温湿度。测量时将温湿度计的外置探头置于废液桶口位置，待示数稳定后记录相应数据；并测量外界环境的温湿度数据作为对照。检测结果如下：

表3-3 温湿度测试结果

时间(min) / 温湿度	20	40	60	80	100	平均值	环境
温度（℃）	14.4	14.4	14.8	14.7	14.7	14.6	15.1
湿度（%）	27	29	29	29	29	28.6	26

检测结果表明：测点处温度略低于环境温度，而湿度略高于环境湿度，说明废液桶口位置处存在一定的液体挥发。但整个测量过程中温湿度变化较小，表明**废液挥发速率较小，本次测量中防挥发性在可接受范围之内。但是对于典型易挥发且具有剧毒的有机物，当装备所处空间相对密闭时，需要进一步提高废液桶的密闭性。**

3.2.3 防静电性能检测

采用了绝缘电阻测试仪测量了装置金属外壳和废液桶表面的电阻值和体积电阻值。经检测，装备金属外壳的表面电阻率低于10^{-6}Ω，已接地并符合《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》（GB 50169—92）。废液桶外壳的表面电阻率满足和体积电阻率均满足R＞2×10^{9}Ω，根据《防止静电事故通用导则》（GB12158-2006）属于防静电塑料材质。**检测结果表明：本次测量中该装备的防静电性能满足规范要求。**

3.2.4 燃烧平稳性检测

通常燃烧装置在发生爆燃或轰燃瞬间，燃烧产物中的氧气、一氧化碳、二氧化碳等含量都会在短时间发生明显的变化，基于此原理，采用实时尾气测量方法，分析尾气中燃烧产物的浓度变化。

本次测量过程中，采用德国生产的德图烟气分析仪对尾气中的氧气、二氧化碳、一氧化碳浓度进行实时监测。监测过程中，主要关注装备在开启过程和中间过程的燃烧平稳性。**对于装备的开启过程，**测量了装备开启后40 s内尾气中各项气体浓度变化，检测时每隔1 s记录一次数据，**测量结果见图3-1**。**对于装备运行的中间过程，**测量了

装备运行中25 s内尾气中各项气体浓度变化，检测时每隔1 s记录一次数据，**具体见图3-2。**

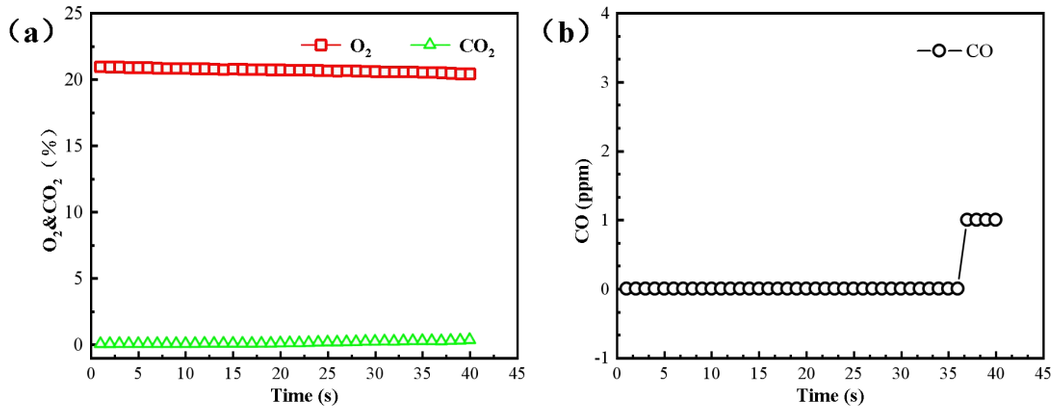

图3-1装备开启后40 s内尾气中O_2、CO_2（a）和CO（b）浓度的变化

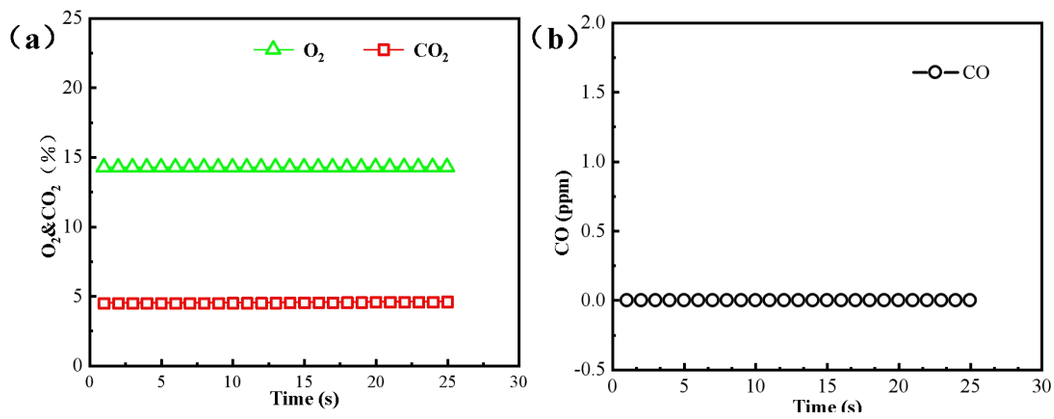

图3-2装备运行过程中25 s内尾气中O_2、CO_2（a）和CO（b）浓度的变化

结合图3-1和图3-2，可以看出两图中氧气和二氧化碳浓度均变化较小，最大相对偏差分别为1.12%、0.67%，**说明装备在开启过程和中间过程中的燃烧平稳性较好。为了综合评价装备运行过程中的燃烧平稳性，测量了装备开启后30 min内尾气中各项气体浓度变化，检测时每隔2 min记录一次数据，测量结果见图3-3，具体测量数据见表3-4。**

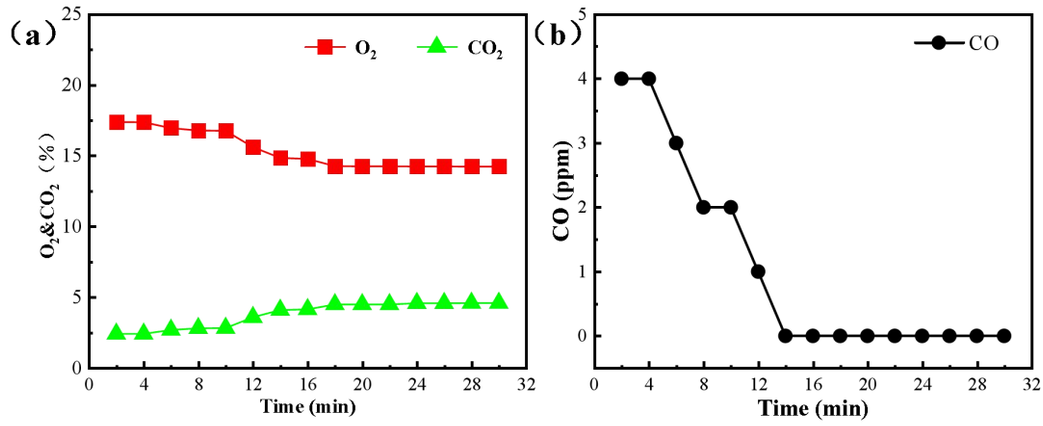

图3-3装备开启后30分钟内尾气中O_2、CO_2（a）和CO（b）浓度变化

表3-4 装备开启后不同时刻下尾气中二氧化碳、氧气、一氧化碳和温度的测试结果

开启时间（min）	二氧化碳(%)	氧气(%)	一氧化碳(ppm)	温度（℃）
2	2.41	17.39	4	39.1
4	2.41	17.38	4	39.3
6	2.69	16.96	3	39.5
8	2.81	16.79	2	39.6
10	2.82	16.77	2	39.6
12	3.59	15.62	1	41.1
14	4.1	14.85	0	44
16	4.15	14.78	0	44.7
18	4.49	14.27	0	50.7
20	4.49	14.26	0	50.4
22	4.49	14.26	0	49.5
24	4.58	14.25	0	49.3
26	4.58	14.25	0	51.3
28	4.59	14.24	0	51.4
30	4.59	14.24	0	51.6

检测结果表明：在当前工作条件下，装备开机后没有发生烟气爆燃（图3-1、图3-2）。装备开机后的一段时间内（本次测试中约15 min），存在不稳定的燃烧阶段（图3-3）。装备运行18 min后，装备尾气中的氧气、二氧化碳浓度均趋于稳定，最大相对偏差分别为1.19%、0.12%，其中一氧化碳浓度小于1 ppm，表明裂解炉燃烧相对稳定。**因此，在当前工作条件下，可以认为装备燃烧平稳性良好。**

根据《危险废物焚烧污染控制标准》（GB 18484—2020），燃烧效率定义为烟道排出气体中二氧化碳浓度与二氧化碳和一氧化碳浓度之和的百分比：

$$\mathrm{CE} = \frac{C_{co_2}}{C_{co_2} + C_{co}} \times 100\%$$

式中：

C_{CO_2}——燃烧后排气中 CO_2 的浓度；

C_{CO} ——燃烧后排气中 CO 的浓度。

经计算，燃烧效率CE＞99.99%。

3.2.5 隔热性能检测

采用探头式电子温度计（测温范围-50~90℃，精度0.1℃）测量了高温裂解模块周围外壳的表面温度，以评价装备的隔热性。

检测时，在装备开启后每隔15分钟测量一次外壳温度。测量时将外置探头固定在外壳表面，待示数稳定后记录测量数据；同时根据装备的演示器上的数值记录裂解室温度。测量结果如下：

表3-5 温度测试结果

时间(min) / 测点	15	30	45	60	75	平均值
装备外壳（℃）	44.7	45.5	45.5	45.6	45.6	45.4
第一裂解室（℃）	998	998	998	998	998	998
第二裂解室（℃）	1099	1100	1100	1100	1100	1099.8

检测结果表明：装备运行一段时间后，根据装备显示器的读数，高温裂解模块内部两个裂解室温度分别稳定在998℃、1100℃；装备外壳的表面温度保持在45℃左右，外壳温度可以接受且变化较小。**检测表明，本次测量中外壳温度在可接受的安全范围之内，装备外部隔热性较好。**

3.2.6 安全保护性能检测

依据《国家电气装备安全技术规范》（GB19517-2009），装备属于“按其结构类型或功能应用于电气作业场或封闭的电气作业场，主要或完全由专业或受过初级训练人员操作的电气装备”。经检测，装备配备了独立的供电箱，供电箱具有独立的过载保护设计和安全报警装置，符合技术规范的一般安全技术要求。

依据《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》（GB 50169—92），装备供电线路及装备外壳的设计符合电气装置接地的一般规定。

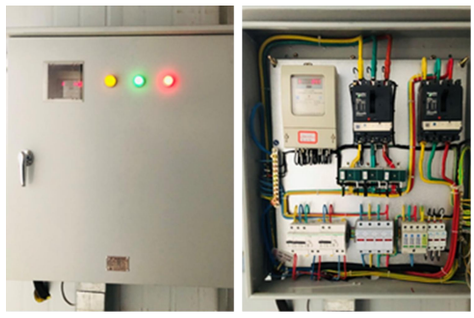

图3-4 装备供电箱

检测结果表明：装备安全保护性能符合规范设计要求。

3.2.7 材料阻燃性检测

采用热重实验仪（图3-5），**对装备内尾气处理模块中采用的可燃材料（聚四氟乙烯过滤棉和活性炭）开展了热重分析。**

图3-5 热重实验仪（TG）耐驰公司

项目中，具体采用20℃/min，30℃/min两种升温速率下的空气氛围热重实验，进行可燃性分析，评估聚四氟乙烯过滤棉和活性炭在装置正常工作环境下的危险性，各组实验的升温均为室温至800℃。

（1）评估指标

对于热重分析，材料开始反应温度和反应性指数S可表征材料的阻燃性能。反应温度或着火温度通常指材料开始发生燃烧对应的温度；反应性指数S已被研究人员广泛应用于分析固体燃料的燃烧反应性。指标S同时考虑**着火温度、燃尽温度和反应速率**，定义为:

$$S = \frac{(\frac{dm}{dt})_{max}(\frac{dm}{dt})_{ave}}{T_i^2 T_e}$$

式中，T_i，T_e分别为材料在升温过程中的着火温度和燃尽温度，确定方法见图3-6：

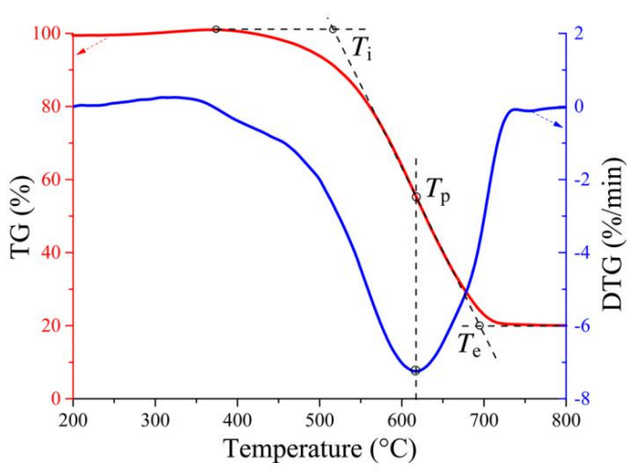

图3-6 着火温度和燃尽温度的确定方法

（2）实验结果分析

图3-7给出了活性炭材料在不同升温速率下，空气氛围中的失重曲线：

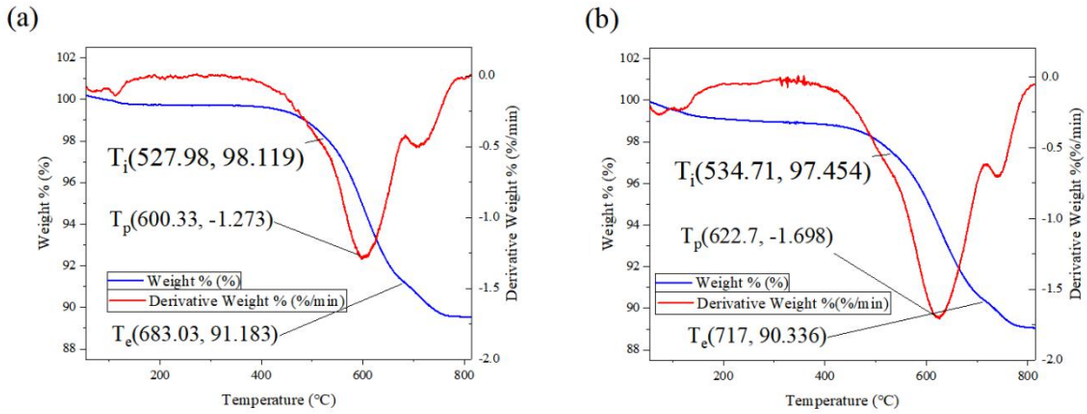

图3-7 不同升温速率下活性炭材料的失重曲线

（a）20℃/min；（b）30℃/min

图中，T_i，T_p，T_f分别为材料在升温过程中的着火温度，失重峰值温度，及燃尽温度。由图可知，不同升温速率下，**活性炭材料的着火温度（T_i）均在520℃以上**，高于材料所在的**尾气处理模块正常工作环境温度**（低于200℃）；此外，材料在整个失重过程中总损失质量低于15%，说明该活性炭材料中可燃成分较少；因此，活性炭材料在装置正常工作时危险性较低。

图3-8给出了聚四氟乙烯材料在不同升温速率下，空气氛围中的失重曲线：

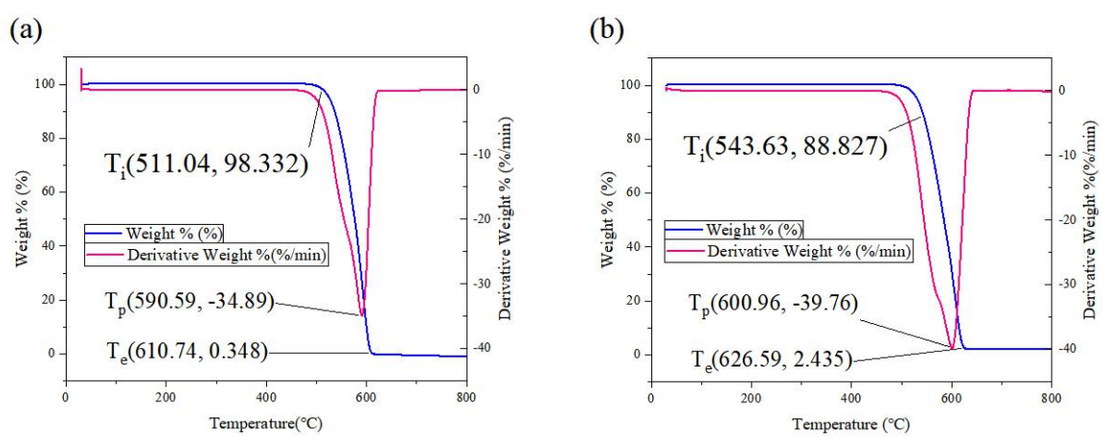

图3-8 不同升温速率下聚四氟乙烯材料的失重曲线

（a）20℃/min；（b）30℃/min

由图可知，不同升温速率下，**聚四氟乙烯材料的着火温度（T_i）在510℃以上**，同样高于材料所在的**尾气处理模块**正常工作环境温度（低于200℃）；因此，聚四氟乙烯材料在装置正常工作时危险性较低。

最后，计算了两种材料的燃烧反应性指数S，具体见表3-5，通过结果可知，活性

炭的燃烧反应性远低于聚四氟乙烯材料，这主要是由于活性炭中含有大量不燃添加剂，导致可燃组分较少，危险性低。因此，建议在后续的装置优化过程中，优先改进聚四氟乙烯滤袋。

表3-6 不同升温速率下材料燃烧反应性指数S

材料	实验组	燃烧反应性指数
活性炭	20℃/min	$1.78*10^{-9}$
	30℃/min	$3.43*10^{-9}$
聚四氟乙烯	20℃/min	$5.58*10^{-7}$
	30℃/min	$7.99*10^{-7}$

四、主要结论

本次测试主要测量了装备的防倾覆、防挥发、防静电、燃烧平稳性、隔热性、安全保护和阻燃性共七项指标，本次测试数据表明：

（1）在防倾覆方面：测量了智能识别模块及装备外壳的水平性，得出智能识别模块和装备发生倾覆的概率较低。

（2）在防挥发方面：装备的挥发性能主要与废液桶的密封性有关，在本次测量过程中，废液桶的密闭性较好，测试中挥发性较小，符合要求。

（3）在防静电方面：测量了废液桶外壳和装备外壳的表面电阻率和体积电阻率，测量结果符合《防止静电事故通用导则》（GB12158-2006），表明装备防静电性能较好。

（4）在燃烧平稳性方面，测量了装备启动阶段、正常运行阶段尾气中一氧化碳、二氧化碳和氧气的浓度，测量中气体浓度相对平稳，并未发生爆燃，结果表明本次测试中该装置燃烧相对平稳。

（5）在隔热性方面：测量了高温裂解模块周围外壳的表面温度，并记录了裂解室温度。结果表明装备外壳温度较低，装备外壳隔热性能较好。在装备内部，当高温裂解模块与其他模块连接紧密时，对内部模块需要做好隔热措施，保证裂解室产生的高温不对其他模块产生影响。

（6）在安全保护方面：检查了装备的独立供电箱、保险丝、接地及报警，符合《国家电气装备安全技术规范》（GB19517-2009）、《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》（GB 50169-92）。

（7）在阻燃性方面：通过开展热重实验，测量了聚四氟乙烯和活性炭在不同温度下的反应分解过程，发现这两种材料的反应温度在500℃以上，高于材料所在的尾气处理模块正常工作环境温度（低于200℃）。测试结果表明，这两种材料在正常工作条件下危险性较低。

综合以上七类指标，在测试条件下，装备整体运行平稳，具备良好的安全性能。

五、测试报告有效性说明

危废液种类多样，甚至包含许多剧毒物质，同时不同物质的燃烧反应性能存在较大差异。因此，本报告所得出的结论只针对当前测试所处理的样品及测试条件。

本次测试只考虑了设备在正常运行条件下的七项指标，测试结果并不能反映人员误操作或设备内部模块故障时的所出现的各类情况及相关风险。

此外，由于设备内部模块及具体参数有商业保密要求，本报告未对装置不同模块间的相互影响进行全方位检测，建议后期进一步对内部各模块间的相互影响进行安全性测试。

六、 参考规范

GB 18484-2020《危险废物焚烧污染控制标准》

GB12158-2006《防止静电事故通用导则》

GB19517-2009《国家电气装备安全技术规范》

GB 50169-92《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》

GB 8624-2012《建筑材料及制品燃烧性能分级》