

# 制定《废弃化学品中汞含量测定 氧弹燃烧法》 国家标准编制说明

## 一、 工作简况

### （一） 任务来源

根据国家标准化管理委员会国标委发〔2025〕52号《国家标准化管理委员会关于下达2025年第九批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》的要求，2026年12月完成制定《废弃化学品中汞含量测定 氧弹燃烧法》国家标准，计划编号：20255333-T-606，计划批复文件中起草单位为：深圳市艾科尔特检测有限公司、中海油天津化工研究设计院有限公司、深圳市环保科技集团股份有限公司等，本标准由全国废弃化学品处置标准化技术委员会归口。

### （二） 制定背景

党的“二十大”报告中明确提出“推动绿色发展，促进人与自然和谐共生”的环保理念，要求我们未来发展要加快发展方式的绿色转型，深入推进污染防治，提升生态系统多样性、稳定性、持续性以及积极稳妥推进碳达峰碳中和等措施，积极应对气候变化全球治理。

“十五五”规划纲要中提出“加快形成绿色生产生活方式”的环保理念，提出“突出节约优先、强化政策激励、引导全社会参与，加快发展方式绿色低碳转型，形成绿色生产新方式和生活新风尚。”“完善资源总量管理和全面节约制度，加强水、土地、矿产等资源全过程管理和全链条节约。促进循环经济发展，健全废弃物循环利用体系，……发展壮大再制造产业，大宗固体废弃物年利用量达到45亿吨左右”等要求。

《国家标准化发展纲要》提出“筑牢产业发展基础，加大产业技术基础标准建设，加大基础通用标准的研制和应用力度。”“持续优化生态系统建设和保护标准。”“筑牢绿色生产标准基础，不断完善资源循环利用，产业废弃物综合利用等标准”等要求。

废弃化学品是涉及石化行业、化工行业等生产及化学品使用过程中产生的废弃物，包含多种废渣、废液、废气等及其包装物。废弃化学品的处理处置是解决相关行业“后顾之忧”的关键环节。该类废弃物的合理处置、回收利用与无害化消纳是工业和环境治理等关注的重点。

国内废弃化学品处理处置主要方式包括资源化利用和无害化处置。无法进行资源化利用或者经过资源化利用仍然无法达到排放要求的均需要进行最终的无害化处置。

废弃化学品处置要控制的一个重要问题就是环保达标排放，能否达标排放除了设备的优化管理外，控制原料的成分，简便快速的测定成分构成是一个重要的控制因素。废弃化学品焚烧处置装置、协同处置装置、物化处置系统的设计、施工与投产验收等均需要对所要处置的原物料进行分析检测，确定工艺和处置过程中有害因素的去除率，判定现有装置的有效性能、是否能做到合理高效的达标排放等。不论是最终物化处置消纳、焚烧处置工艺还是水泥窑协同处理工艺，均需要对配伍中各类物料中汞元素含量进行全面分析检测。

2017年8月16日起，《关于汞的水俣公约》对中国生效，其中明确“自2026年1月1日起，禁止生产含汞体温计和含汞血压计。”世界卫生组织国际癌症研究机构公布的致癌物清单初步整理参考，汞和无机汞化合物在3类致癌物清单中。2019年7月23日，汞及汞化合物被列入有毒有害水污染物名录（第一批）；汞是环保重点监测对象。

目前仅可参考固体废物中汞检测相关标准，如：《固体废物 总汞的测定 冷原子吸收分光光度法》GB/T 15555.1-1995文件只规定了固体废物浸出液中汞冷原子吸收分光光度法，而无试样中全量汞处理方法；《固体废物 汞、砷、硒、铋、锑的测定 微波消解/原子荧光法》HJ 702-2014文件规定了固体废物和固体废物浸出液中汞、砷、硒、铋、锑的微波消解/原子荧光测定方法，但当测定对象为高分子聚合物高热值可燃物，湿法消解有机质分解不完全，汞解析效率较低。

通过一系列试验验证和实际过程应用，拟立项《废弃化学品中汞含量测定 氧弹燃烧法》测定方法标准，填补目前废弃物中汞含量测定方法的缺失。

现有的汞含量测定技术，如原子吸收光谱法、原子荧光光谱法等，为氧弹燃烧法测定废弃化学品中汞的标准化提供了技术基础。根据含汞废弃化学品燃烧后产生的含汞气态组份在密闭容器中易通过高锰酸钾吸收特性，采用密闭氧弹燃烧后借助高锰酸钾吸收液吸收气态汞，吸收效率高，将吸收液采用原子荧光法与电感耦合等离子体发射光谱法进行检测，从样品前处理到分析全过程技术上可行。氧弹燃烧法作为一种成熟的样品前处理技术结合高锰酸钾吸收，在汞含量测定中具有技术可行且可与热值吸收同步测定得便捷性，可节约检测成本。

制定废弃化学品中汞含量测定的氧弹燃烧法推荐性国家标准符合经济社会发展的需求和环保法规的要求，同时能够带来经济、社会和生态上的多方面效益。

本标准的制定将解决废弃化学品中汞无适合检测标准可依的现状，使得废弃化学品处置物料的检测做到有标准、可操作，有效促进废弃化学品处置行业的发展。

### （三） 起草过程

#### 1、起草阶段

##### ① 起草工作组

主要起草单位有：中海油天津化工研究设计院有限公司等。

##### ② 分工情况

中海油天津化工研究设计院有限公司负责组织召开标准制定过程中的各阶段工作会议与项目推进的总体协调；起草小组各成员共同负责国外相关标准的查阅、收集和翻译、负责国内相关标准、相关技术资料的查阅及研究等。多方共同协作提供标准方案，试验验证，参加各阶段工作会议，对标准草案进行讨论等。中海油天津化工研究设计院有限公司负责制定标准各阶段相关文件起草编写工作（包括标准草案、编制说明及上报材料等）。

主要工作见表 1：

表 1 各单位主要工作

序号	参与单位名称	主要工作人员	标准起草中的主要工作
1	深圳市艾科尔特检测有限公司	彭义华	牵头申报计划项目，收集样品，主要试验验证工作等
2	河南心连心化肥检测有限公司	刘艳杰	资料查阅与收集，数据处理与讨论等
3	惠州市斯瑞尔环境科技有限公司	陈晓玲	资料查阅与收集，数据处理及内容确认等
4	深圳市华保科技有限公司	蓝福燕	参与试验验证，收集试验数据，参加各类讨论等
5	华东师范大学	何岩	资料查阅与收集，数据处理与讨论等
6	中海油天津化工研究设计院有限公司	安晓英	召开标准制定过程中的各阶段工作会议与项目推进的总体协调，编制各阶段稿件，主要试验验证工作等
7	深圳市艾科尔特检测有限公司	彭娟	资料查阅与收集，标准内容确认等
8	惠州市斯瑞尔环境科技有限公司	谢树敏	参与试验验证，收集试验数据，参加各类讨论等
9	深圳市华保科技有限公司	许卫芹	参与试验验证，收集试验数据，参加各类讨论等
10	深圳市艾科尔特检测有限公司	蔡瑞乾	参与试验验证，收集试验数据，参加各类讨论等
11	惠州市斯瑞尔环境科技有限公司	张谊彬	料查阅与收集，标准内容确认等
12	深圳市华保科技有限公司	李志超	参与试验验证，收集试验数据，参加各类讨论等
13	中海油天津化工研究设计院有限公司	弓创周	各阶段文件审核校对等
14	中海油天津化工研究设计院有限公司	丁灵	各阶段文件审核校对等

### ③ 调查研究过程

全国废弃化学品处置标准化技术委员会接到制定《废弃化学品中汞含量测定 氧弹燃烧法》国家标准的任务后，首先查阅了国内外相关技术资料，并向相关单位发函，进行调查并广泛征求制定标准的意见，并向企业发送制定调查函征集制定标准意见。同时征集起草单位，组建起草小组。

2026年4月17日，在线召开标准方案会，会上起草小组经讨论，就标准草案和试验方案内容进行了讨论，提出意见和建议如下：

标准范围中应该是废弃化学品中总汞含量的测定试样方法；适用范围中是否添加可燃废弃化学品或者是用于焚烧等的定语；第6章试剂中删除用于砷含量测定的6.8“硫脲-抗坏血酸混合溶液”；由于日常试验中发现重铬酸钾中的汞含量较高，所以删除6.10中的注解，删除汞固定液，相应删除6.10、6.11中的描述，修改为“该溶液现用现配”；9.2中的描述修改样品胶囊（或助燃袋等）为可选，如果试样热值比较高，也可以不加；删除9.3.2.3中的关于加硫脲-抗坏血酸混合溶液的描述，相应删除室温放置的要求；试验数据处理中，修改汞含量的表示方式为mg/kg或 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ；质量控制中，是否添加精密度和准确度的要求，并分段提出具体数据要求等。

会后标准起草小组就会议讨论内容认真修改完善标准草案，出具试验方案，开展试验验证工作。

## 2、标准征求意见阶段

于2026年7月初经化处标委将征求意见稿及编制说明在国家标准制修订工作管理系统公开征求意见。同时化处标委（SAC/TC 294）也将标准稿件发送至委员单位及各相关单位开展征求意见工作。征求意见截止时间为2026年9月10日。

具体意见和建议及处理情况见《标准意见汇总处理表》。起草小组对征求意见稿认真修改后提出送审稿件。

## 3、标准审查阶段

## 4、报批阶段

。

## 二、 国家标准编制原则、主要内容及确定依据

### （一） 国家标准编制原则

- ① 积极采用国际标准和国外先进标准的原则；
- ② 有利于促进技术进步，提高废弃化学品检测水平的原则；
- ③ 利于保护生态环境及人身安全、合理利用资源，提高经济效益的原则；
- ④ 遵循科学性、先进性、统一性。

### （二） 确定国家标准主要内容及确定的依据

#### 1、国外标准情况查阅：

国际上，相关标准有美国材料与试验协会标准：

ASTM D 129-2000 石油产品中硫含量的标准试验方法(氧弹法)；

ASTM D 3684-2001 用氧弹燃烧/原子吸收法测定煤中总汞量的标准试验方法。

上述标准确立了使用氧弹燃烧法作为一种检测方法的前处理方式的可行性。针对煤和石油等易燃物，可有效消除基体影响，准确测定可以以溶液回收的元素，如卤族元素、硫、氮以及汞等。

在此基础上，对于废弃化学品焚烧处置，建立一种总汞含量测定的方法。

## 2、与国内相关标准间的关系：

（1）相关标准主要有：

HJ 702-2014 固体废物 汞、砷、硒、铋、锑的测定 微波消解-原子荧光法

GB/T 15555.1-1995 固体废物 总汞的测定 冷原子吸收分光光度法

（2）与现有强制标准的配套及协调情况：

HJ 662-2013《水泥窑协同处置固体废物环境保护技术规范》其中第六章“协同处置运行操作技术要求”中 6.1 条要求对固体废物的准入进行评估，要求对拟处理的固体废物进行取样和特性分析，但并没给出具体的检测参考标准。

HJ 561-2010《危险废物（含医疗废物）焚烧处置设施性能测试技术规范》其中第四章“性能测试的内容”4.3 中焚烧处置设施的性能测试内容主要包括四个指标，废物特性指标、系统性能指标、烟气排放指标、设备运行参数，并且要求以上指标达到一定的去除率，但是标准中并没有给出相关检测可以参考的标准。

## 3、制定标准依据

① 结合国内外文献及国内目前相关标准中的测定方法；

② 企业应用的实际情况；

③ 各实验室试验验证情况；

④ 按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草标准文本。

### （三） 国家标准主要内容

本次制定，标准中给出了试验前处理后目前企业使用最多的两种仪器检测法：电感耦合等离子体发射光谱法，基于便利的应用条件和一次处理多元素测定的特性，本次列入其中；另外选择原子荧光法测定汞，该方面具有测定结果准确和检出限极低等特点。

基于上述两种方法检测，企业可根据待测试验溶液浓度和自身仪器设置情况选择检测方法。

采用氧弹燃烧法测定试验验证，当废弃化学品取样量为 0.2g，燃烧后定容至 100mL 时，电感耦合等离子体原子发射光谱法检出限  $8 \mu\text{g/g}$ ；当废弃化学品取样量为 0.2g 定容后分取 5mL 定容至 50mL 时，原子荧光法测汞的检出限为  $0.4 \mu\text{g/g}$ 。

#### 1、范围

本文件描述了采用氧弹燃烧法测定废弃化学品中总汞含量的试验方法。

本文件适用于常温下非气态可燃废弃化学品中总汞含量的测定。

本标准主要针对需要通过焚烧处置的废弃化学品，所以适用于非气态的可燃的废弃化学品。

#### 2、术语

标准中没有需要定义的术语。

#### 3、一般规定

一般规定中对于试验用水、试剂、杂质标准溶液等进行了规定。

本文件所用试剂和水，在没有注明其他要求时，均指分析纯试剂和GB/T 6682中的二级水。

试验中所用的杂质标准溶液，在没有注明其他要求时，按HG/T 3696.2的规定制备。

#### 4、试剂或材料

试剂或材料部分包含了样品前处理和试验所使用的各种试剂，材料主要为燃烧袋等。试验所用试剂或材料均要求在试验准备阶段测定其中的汞含量，一般要求低于检出限。

优级纯试剂一般指在试验过程中用到的盐酸。

汞标准溶液，根据试验中仪器的检出限，给出了两种使用规格，一种是“1 mL溶液含汞(Hg) 1  $\mu\text{g}$ ”，一种是“1 mL溶液含汞(Hg) 10 ng”。其中的汞含量较低，试剂中要求现用现配。在试验验证过程中，如果搁置时间超过1天则曲线出现发飘的状况。如果企业不能做到现用现配，则可以在标液中加入稳定剂，如汞固定溶液，该溶液配制：称取0.5 g重铬酸钾，置于950 mL水中，再加50 mL硝酸，混匀。

## 5、仪器设备

仪器设备部分包含了试验过程中的主要设备，如氧弹式热量计、氢化物发生原子荧光光度计、电感耦合等离子体发射光谱仪。

## 6、取样与制样

成分明确的废弃化学品按照相应的产品标准进行取样、制样；成分未明或混合物按 GB/T 33057 中规定的方法进行取样、制样。

一般要求，固体样品处理后颗粒粒径不大于 2 mm，或按照 GB/T 213 中要求，混匀后压饼。液体样品为均相。

## 7、试验

试验步骤部分主要分为了试验前的准备、试验溶液和空白试验溶液制备以及试验步骤。

准备部分详细介绍了使用氧弹燃烧前处理之前的准备要求。试验溶液制备部分详细描述了使用氧弹仪进行前处理的方法和最终制得试验溶液和空白试验溶液的要求。

使用本方法检测的废弃化学品要求是可燃、易燃物，如果热值较低，可能造成燃烧不完全，汞的解析不完全等，从试验情况看，一般低于6000J/g就会出现燃烧不完全情况，在试验部分增加了注解，要求在低于该热值情况下掺烧助燃剂。

试验步骤部分分成两个部分，第一部分为使用ICP-OES测定汞，给出了取样量和检出限；第二部分为使用氢化物原子荧光仪测定汞，并给出了方法检出限。

由于汞含量一般较低，所以在结果部分以mg/kg为单位计算。

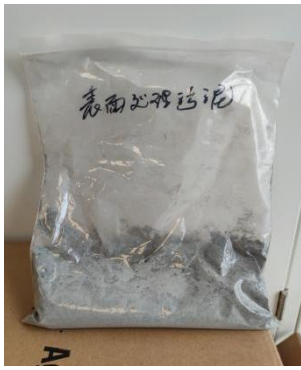
## 8、质量控制

质量控制部分参照《合格评定 化学分析方法确认和验证指南》GB/T 27417-2017 中的附录部分给出了方法回收率偏差范围要求和实验室内变异系数要求。

## 三、 试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

### (一) 试验验证分析

本次试验选择了包括废吸附活性炭、表面处理污泥、废矿物油、NMP废液、聚丙烯塑料等代表性样品，样品来源主要为危废收集与有证标准样品。其中表面处理污泥与废活性炭经干燥后粉碎至粒径小于2 mm，表面处理污泥再压饼处理，废活性炭因粘接性较差压饼后无法成型易散碎，其余液体样品直接称取均质试样并添加助燃袋包裹后进行燃烧吸收试验。测试样品见下图：



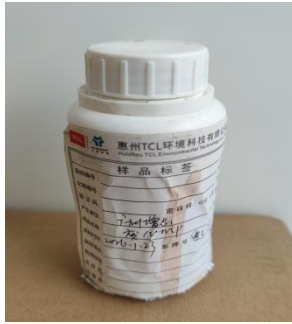
表面处理污泥



表面处理污泥压饼



废活性炭



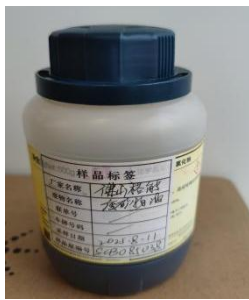
NMP 废液



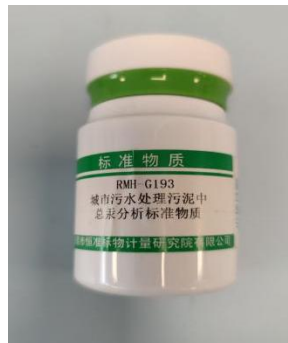
废工业酒精



EBR 废液



废矿物油



城市污水处理污泥中总汞标样  
RMH-G193



聚丙烯塑料中汞标样 RMA019a

### (1) 校准曲线

试验仪器操作的校准曲线如下表：

表 2 校准曲线绘制情况

仪器方法	波长	系列浓度	曲线方程	相关系数
ICP-OES	194.164 nm	0.000, 0.010, 0.025, 0.050, 0.100, 0.200 (µg/mL)	$I=2123.56519737 * C + 8.53484340$	0.9998
	184.887 nm		$I=1082.06693958 * C + 9.28455335$	0.9999
	253.652 nm		$I=1585.09885769 * C + 14.70911900$	0.9996
HG-AFS	253.7 nm	0.000, 0.10, 0.25, 0.05, 1.00, 2.00 (ng/mL)	$I=1267.5705 * C + 20.3335$	0.9998

### (2) 方法检出限、测定下限

本次检出限试验直接采用助燃袋经氧弹内燃烧后收集高锰酸钾吸收液作为检出限评估空白试验溶液，且在ICP-OES与HG-AFS仪器上均有强度响应，其中出现负值情况是由于校准曲线拟合所致，不影响检出限统计评估。

表 3 方法检出限、测定下限试验测定数据表

样品编号		空白（助燃袋）					
仪器方法/条件（波长）		ICP-OES			HG-AFS		
		184.887nm	194.164nm	253.652nm	灯电流	30mA	
测定结果 (mg/L)	1	-0.0020	0.0005	0.0047	测定结果 (μg/L)	1	0.0966
	2	-0.0018	-0.0027	0.0028		2	0.0886
	3	-0.0023	0.0001	0.0000		3	0.1011
	4	-0.0027	-0.0025	0.0000		4	0.1028
	5	-0.0021	-0.0002	-0.0015		5	0.0904
	6	-0.0049	0.0010	0.0026		6	0.0891
	7	-0.0044	-0.0006	0.0044		7	0.0913
平均值 (mg/L)		-0.00289	-0.00063	0.00186	平均值 (μg/L)		0.0943
标准偏差 (mg/L)		0.0012	0.0014	0.0024	标准偏差 (μg/L)		0.0059
t 值 (TINV(0.02,7-1))		3.14267	3.14267	3.14267	t 值 (TINV(0.02,7-1))		3.14267
仪器检出限 (mg/L)		0.004	0.005	0.007	仪器检出限 (μg/L)		0.02
方法检出限 (mg/kg)		2	2	4	方法检出限 (mg/kg)		0.1
测定下限 (mg/kg)		8	8	16	测定下限 (mg/kg)		0.4

注：I) ICP-OES 测定方法检出限按称量 0.2g 试样进行氧弹燃烧吸收试验后定容至 100mL 容量瓶计，以 4 倍检出限作为测定下限。II) HG-AFS 测定方法检出限按称量 0.2g 试样进行氧弹燃烧吸收试验后定容至 100mL 容量瓶再从中分取 5mL 定容至 50mL 容量瓶计，以 4 倍检出限作为测定下限。

从试验结果看，ICP 的方法中取推荐的 194.164nm 波长进行检测。两种仪器方法的检出限分别为 8 mg/kg，0.4 mg/kg。

### (3) 方法精密度测试

采用废矿物油、聚丙烯塑料实际样品分别进行 7 次重复性测定，当实际样品试液低于或接近方法检出限时采用添加适量待测目标元素后再上机测定结果作为精密度评价数据进行方法精密度验证。统计计算平行测定结果相对标准偏差，见表 4。

表 4 精密度测试数据

仪器方法		ICP-OES		HG-AFS	
平行样品编号		废矿物油添加	聚丙烯塑料 RMA019a	废矿物油	聚丙烯塑料 RMA019a
测定结果 (mg/kg)	1	10.8443	167.8843	1.660	173.5
	2	10.2246	167.2384	1.683	179.4
	3	10.2368	167.4483	1.709	185.6
	4	10.0286	169.0429	1.567	186.6
	5	10.2599	161.3039	1.563	177.0
	6	10.603	168.4855	1.609	177.4

	7	10.4429	170.6317	1.704	184.2
平均值 (mg/kg)		10.38	167.43	1.642	180.5
标准偏差 (mg/kg)		0.27	2.94	0.0622	4.9999
相对标准偏差 (%)		2.6%	1.8%	3.8%	2.8%

经验证，对废矿物油、聚丙烯塑料实际样品进行7次重复性测定，其相对标准偏差均符合《合格评定 化学分析方法确认和验证指南》（GB/T 27417-2017）“附录B 实验室内变异系数”要求：1~10mg/kg相对标准偏差小于7.5%，10~100mg/kg相对标准偏差小于5.3%，100~1000mg/kg相对标准偏差小于3.8%。

#### (4) 方法准确度测试数据

采用废矿物油、表面处理污泥实际样品进行3次加标试验，进行方法正确度验证。计算加标加收率，测定结果见表5。

表5 加标测试数据

平行样品号	仪器方法	样品测定值 (μg)	加标量 (μg)	加标后测定值 (μg)	加标回收率 (%)
废矿物油	ICP-OES	ND	5	4.97	99.5%
废矿物油		ND	5	4.69	93.7%
废矿物油		ND	5	4.63	92.6%
表面处理污泥	ICP-OES	ND	5	5.24	104.7%
表面处理污泥		ND	5	4.56	91.2%
表面处理污泥		ND	5	4.91	98.3%
废矿物油	HG-AFS	0.386	3	3.37	99.5%
废矿物油		0.392	3	3.39	99.8%
废矿物油		0.389	3	3.45	101.9%
表面处理污泥	HG-AFS	0.051	2	1.69	82.1%
表面处理污泥		0.044	2	1.98	96.6%
表面处理污泥		0.043	2	1.78	86.6%

注：“ND”代表方法未检出或低于方法检出限，进行加标回收统计时结果数值按“0”计。

经验证，对废矿物油、表面处理污泥实际样品进行3次重复加标测定，其加标回收率均符合《合格评定 化学分析方法确认和验证指南》（GB/T 27417-2017）“附录A 方法回收率偏差范围”要求：低于0.1mg/kg加标回收率范围在60~120%，0.1~1mg/kg加标回收率范围在80~110%，1~100mg/kg加标回收率范围在90~110%。

采用聚丙烯塑料中汞与城市污水处理污泥质控标准样品进行重复性试验，进一步进行正确度验证。测定结果见表6。

表6 质控样品

样品编号	ICP-OES	HG-AFS	备注
聚丙烯塑料 RMA019a 标准值：(173±14) mg/kg	167.9	173.5	--
	167.2	179.4	

	167.4	185.6	
	169.0	186.6	
	161.3	177.0	
	168.5	177.4	
	170.6	184.2	
城市污水处理污泥 RMH-G193 标准值: (18.4±2) mg/kg	3.3	8.8	污泥试样热值低,无法燃烧或 燃烧不完全,方 法不适用。
	4.0	10.5	

经验证,对聚丙烯塑料中汞质控标准样品按标准试验步骤进行多次重测定,测结果均在标称的标准值不确定度范围以内(173±14) mg/kg。而城市污水处理污泥质控样品因氧弹内无法完全燃烧,弹筒发热量聚丙烯塑料45236.34(J/g),城市污水处理污泥5521.14(J/g),仅有聚丙烯塑料的12%,需要掺烧部分助燃剂。

选择表面处理污泥、工业酒精、使用后蜂窝活性炭、NMP废液、EBR废液、废矿物油实际样品进行测定,结果见表7。

表7 实际样品

样品编号	ICP-OES 测定结果 (mg/kg)	HG-AFS 测定结果 (mg/kg)
表面处理污泥	<2	0.1
表面处理污泥	<2	0.1
工业酒精	<2	1.1
工业酒精	<2	1.0
使用后蜂窝活性炭	<2	1.8
使用后蜂窝活性炭	<2	1.8
NMP 废液	<2	0.9
NMP 废液	<2	0.9
EBR 废液	<2	0.5
EBR 废液	<2	0.5
废矿物油	<2	1.7
废矿物油	<2	1.7
聚丙烯塑料 RMA019a	168.5	173.5
聚丙烯塑料 RMA019a	170.6	179.4

注:表中未检出报告结果“<某值”的情况为根据本“方法检出限及测定下限”中评估的方法检出限。

## (5) 结论

综上所述,经验证得出的方法检出限、测定下限、精密度和正确度等,均满足标准方法要求。

## (6) 发现的问题以及建议

- a. 样品制备要准确,固态样品按 GB/T 33057 制备样品,至少 200g 粉碎使其全部通过 2.0mm 孔径的试验筛,充分混匀,装入密闭容器中,保存,备用,对于水分含量大于 15%的固态样品,进行预干燥;液

态及膏状样品机械混匀，装入磨口瓶中保存，备用。

——液体样品用石英坩埚盛装，确保样品与助燃剂充分接触，同时样品质量需控制在 0.2-1.0g 之间，避免燃烧过于剧烈导致氧弹压力异常。燃烧后处理需规范，燃烧结束后需静置 15-30 分钟，待氧弹内温度降至室温、压力恢复平稳后再缓慢放气，避免吸收液喷溅造成卤素损失。

——固态试样：取适量的试样，用压样机压制，称取 0.2g~1g 压制试样(精确至 0.1mg)，置于燃烧皿中；不易压制成型的试样，用已知燃烧热值的燃烧袋或擦镜纸等基质包裹，置于燃烧皿中；

——液态及膏状试样：称取 0.4g~1g 试样(精确至 0.1mg)于燃烧皿中，可加入已知燃烧热值的定量滤纸等基质辅助燃烧。

——不易燃烧完全的试样，可先在坩埚底铺上一个石棉垫，或用石棉绒做衬垫（先在坩埚底铺上一层石棉绒，然后以手压实）。如加衬垫仍然燃烧不完全，可提高充氧压力至 3.2Mpa，或用已知质量和热值的擦镜纸包裹称好的试样并用手压紧，然后放入坩埚中。

- b. 氧弹组件检查：确认电极卡槽无变形，密封圈无老化（大、中、小号密封圈需完整无裂纹）。漏气检测：充氧后浸入水中观察是否冒气泡，漏气需更换密封圈。
- c. 燃烧不全判定：开盖后检查残渣，若有黑烟或未燃尽颗粒需重试。确因样品本身发热量低或无法燃烧，则不宜选择本方法试验。
- d. 压饼机：螺旋式、杠杆式或其他形式压饼机。能压制直径 10mm 的煤饼或苯甲酸饼。模具及压杆应用硬质钢制成，表面光洁，易于擦拭。满足《煤的发热量测定方法》GB/T 213-2008 要求。压片机使用注意事项：每台压片机只能压指定的样品，不同样品不能混用同一台压片机；不要过于用力，也不要太松。样片压得太紧，点火时不易全部燃烧；压得太松，样品容易脱落。将样品在干净的滤纸上轻击二、三次，再精称，记录质量。
- e. 在 ICP-OES 测定汞元素时，“常用曲线”通常指标准工作曲线，其浓度范围主要根据仪器的检测限和样品的预期含量来确定。由于汞是易挥发、易记忆、易吸附的特殊元素，其标准曲线通常比一般元素更“低”且更“窄”，并需配合特定的稳定剂。ICP-OES 常规中高含量：0.0 - 100  $\mu\text{g/L}$  或 0.0 - 200  $\mu\text{g/L}$ 。用于检测废水和一般土壤。高含量/矿石：0.0 - 1.0  $\text{mg/L}$  或 0.0 - 2.0  $\text{mg/L}$ 。用于检测含量较高的矿石或工业废渣。如不能现用现配，则曲线需加稳定剂：由于汞易挥发，配置标准曲线时加入稳定剂（如金盐、L-半胱氨酸或重铬酸钾），否则曲线会漂移，导致结果不准。现配现用：汞标准曲线建议现用现配，不宜长时间放置，避免吸附损失。线性范围窄：汞的线性范围通常较窄，若样品浓度超出曲线范围，需稀释后重测，不可外推。

## （二）技术经济论证

氧弹燃烧法作为前处理是一种简单易行的易燃化学品中总汞含量测定的方法，具有操作简单、试剂容易获得、灵敏度高、选择性好、结果准确可靠的优点。适合各级生产、流通、科研等单位使用。

## （三）预期达到的效果

本次制定的标准内容主要是为了满足目前生产企业和市场的需求，增强标准的适用性，可以更加科学地规范行业的处理处置行为，引导和促进行业健康发展。本标准的实施对保障市场正常秩序，促进社会经济发展，消除贸易技术壁垒，促进废弃物处置等起到积极地推动作用。

## 四、 与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

## **(1) 国外标准：**

国际上，相关标准有美国材料与试验协会标准：

ASTM D 129-2000 石油产品中硫含量的标准试验方法(氧弹法)；

ASTM D 3684-2001 用氧弹燃烧/原子吸收法测定煤中总汞量的标准试验方法。

上述标准确立了使用氧弹燃烧法作为一种检测方法的前处理方式的可行性。针对煤和石油等易燃物，可有效消除基体影响，准确测定可以以溶液回收的元素，如卤族元素、硫、氮以及汞等。

## **(2) 国内情况：**

相关标准主要有：

HJ 702-2014 固体废物 汞、砷、硒、铋、锑的测定 微波消解-原子荧光法

GB /T 15555.1-1995 固体废物 总汞的测定 冷原子吸收分光光度法

与现有强制标准的配套及协调情况：

HJ 662-2013《水泥窑协同处置固体废物环境保护技术规范》其中第六章“协同处置运行操作技术要求”中 6.1 条要求对固体废物的准入进行评估，要求对拟处理的固体废物进行取样和特性分析，但并没给出具体的检测参考标准。

HJ 561-2010《危险废物（含医疗废物）焚烧处置设施性能测试技术规范》其中第四章“性能测试的内容”4.3 中焚烧处置设施的性能测试内容主要包括四个指标，废物特性指标、系统性能指标、烟气排放指标、设备运行参数，并且要求以上指标达到一定的去除率，但是标准中并没有给出相关检测可以参考的标准。

与上述标准相比较，本次制定标准采用氧弹燃烧作为一种前处理方法，解决在废弃化学品处置过程中，尤其是需要焚烧处置的废弃化学品中汞含量测定的问题，该方法可以结合焚烧过程中热值测定一并进行，一次检测，实现多个指标检测，便于企业应用，检测结果精密度和准确度均满足化学分析要求。

## **五、 与有关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性**

与有关的现行法律、法规和强制性国家标准没有冲突。是现有标准体系的有效补充。

## **六、 重大分歧意见的处理经过和依据**

无重大分歧意见。

## **七、 涉及专利的有关说明**

本标准不涉及专利。

## **八、 实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议**

本标准 of 推荐性国家标准。本标准结合国内实验室试验验证情况、实际应用情况进行制定。本标准的制定有利于废弃化学品处置相关标准的制定、技术路线的设计等。综上所述，本标准达到国内先进水平。

本标准反映了目前国内实际生产技术水平，可积极向国内废弃化学品处理处置生产单位、相关用户、质检机构等相关单位推荐使用本标准。

建议自发布之日起 6 个月实施本标准。无废止其他标准的意见和建议。

## **九、 公平竞争审查说明**

经审查，本标准不存在违反《公平竞争审查条例》规定的内容。

## **十、 其他应予说明的事项**

本文件不存在侵犯相关国际、国外、国内机构版权的情况。

《废弃化学品中汞含量测定 氧弹燃烧法》国家标准起草小组

2026. 6.20