

• 专论与综述 •

# 中国固体废物的环境管理与 环境监测技术现状

李国刚, 万本太

(中国环境监测总站, 北京 100029)

**摘要:** 为加强中国固体废物的环境管理和环境监测技术, 回顾了自 1985 年以来制定的固体废物环境管理制度, 以及 1984 年至 1998 年颁布的 20 多项国家或行业的固体废物处置标准体系等固体废物的环境管理状况, 着重论述了中国固体废物环境监测技术的发展历史与现状。指出经过 20 多年的努力, 在固体废物环境监测技术与方法上初步形成了该领域框架体系: 有固体废物的采样与制样技术; 危险废物的有害特性与试验鉴别方法; 固体废物有害成分的监测分析方法及其质量控制手段。最后讨论了中国固体废物在环境管理和环境监测技术上存在的问题, 提出了建议。

**关键词:** 固体废物; 环境管理; 环境监测; 中国

**中图分类号:** X 327 X 844 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-2009(2000)01-0009-05

## Technical Situation of Environmental Management and Monitoring of Solid Waste in China

LI Guo-gang, WAN Ben-tai

(China General Station of Environmental Monitoring, Beijing 100029, China)

**Abstract:** For the strengthening of technology of environmental management and monitoring of solid waste in China, the paper reviewed laws and regulations on environmental management of solid waste in China since 1985, about 20 national or industrial standard systems and situation from 1984 to 1998, with the main points on developing history and situation of environmental monitoring technology of solid waste in China. The paper pointed out that with effort of more than 20 years, frame systems has been formed primarily for techniques and methods for environmental monitoring of solid waste, such as techniques of sampling and treatment of solid waste, hazardous character and testing methods of dangerous wastes, monitoring and analytical methods and quality control of hazardous components in solid wastes. The paper discussed lastly the problems and suggestions in environmental management and monitoring techniques of solid waste.

**Key words:** Solid wastes; Environmental management; Environmental monitoring; China

### 1 中国固体废物的环境管理现状

#### 1.1 固体废物的定义与分类

在《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》中, 国家将固体废物分成 4 类: 固体废物, 是指生产建设、日常生活和其他活动中产生的污染环境的固态、半固态废弃物。工业固体废物, 是指在工业、交通等生产活动中产生的固体废物。城市生活垃圾, 是指在城市日常生活中或者为城市日常生活提供服务的活动中产生的固体废物以及法律、行政法规规定视为城市生活垃圾的固体废物。危险废物, 是指列入国家危险废物名录或者根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定的具有危险特性的废物。

在环境统计工作中, 对于工业固体废物, 分类

方法是以工业行业(来源)划分的, 计有八大类: 冶炼废渣、粉煤灰、炉渣、煤矸石、化工废渣、尾矿、放射性废渣以及其他。

#### 1.2 固体废物环境管理的法规与制度

固体废物的管理, 是对固体废物收集、分离、贮存、运输、加工、处理、回收和处置的全过程控制。固体废物环境监测的目的是为环境管理提供真实的分析测定数据, 这是切实执行有关法规和标准的

收稿日期: 1999-09-09

基金项目: 国家环境保护总局科研课题《中国固体废物、污染源、放射性监测技术路线的研究》, 课题批准编号: 98-2-06

作者简介: 李国刚(1962-), 男, 安徽省明光市人, 研究员, 理学博士, 已发表研究论文 60 篇, 合著 2 本, 曾获国家环保总局科技进步三等奖和 CAIA 二等奖, 主要从事水、土壤和固体废物的监测技术和方法研究。

前提条件。为了达到上述目的,一套完整的固体废物环境管理体系必须包括以下内容:为防止固体废物污染环境制定的法律法规、条例规范和标准体系;为防止固体废物在处理处置过程中污染环境制定的法规和标准以及为监督有关法规和标准的执行情况所必需配套的监测分析方法体系。

为了防治固体废物污染环境,国家环保局和国务院有关部门及部分地方人民政府制定了一系列防治固体废物污染环境的法规制度。如:《海洋倾废管理条例》(1985年);《关于严格控制境外有害废物转移到我国的通知》(1991年);《国家环保局/海关总署关于严格控制境外有害废物转移到我国的通知》(1991年,列出了23类危险废物);《排放污染物申报登记管理规定》(1992年);《防治尾矿污染环境的规定》;《防止含多氯联苯电力装置及其废物污染环境的规定》;《关于防治含铬化合物生产建设中环境污染的若干规定》;《山西省工业固体废物污染防治条例》(1992年);《辽宁省工业固体废物污染控制标准》(1992年);《湖南省固体废物管理办法》;《成都市固体废物污染防治管理办法》;《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(1995年,1996年4月1日实施);《危险废物名录》(1998年)等。

除此之外,国家还颁布了十余个行业性的固体废物污染控制标准。国务院有关部门还制定了若干鼓励对固体废物实行综合利用的政策与办法。

在《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》第一章第三条中明确了固体废物污染环境的防治原则为“国家对固体废物污染环境的防治,实行减少固体废物的产生、充分合理利用固体废物和无害化处置固体废物的原则”,即减量化、资源化和无害化管理三原则。

### 1.3 固体废物处理处置的标准体系

截止1998年,中国已颁布了20多项国家或行业标准,如:《农用污泥中污染物控制标准》(GB 4248-84);《有色金属工业固体废物污染控制标准》(GB 5085-85);《粪便无害化卫生标准》(GB 7959-87);《城镇垃圾农用控制标准》(GB 8172-87);《农用粉煤灰中污染物控制标准》(GB 8173-87);《城市生活垃圾卫生填埋技术标准(建设部)》(CJ/T17-88);《含多氯联苯废物污染物控制标准(含PCB的分析方法)》(GB 13015-91);《进口废物环境保护控制标准—废骨料》(GB 16487.4-1996);

《进口废物环境保护控制标准—冶炼渣》(GB 16487.2-1996);《进口废物环境保护控制标准—木·木制品废料》(GB 16487.3-1996);《进口废物环境保护控制标准—废纸或纸板》(GB 16487.4-1996);《进口废物环境保护控制标准—纺织品废物》(GB 16487.5-1996);《进口废物环境保护控制标准—废钢铁》(GB 16487.6-1996);《进口废物环境保护控制标准—废有色金属》(GB 16487.7-1996);《进口废物环境保护控制标准—废电机》(GB 16487.8-1996);《进口废物环境保护控制标准—废电线电缆》(GB 16487.9-1996);《进口废物环境保护控制标准—废五金电器》(GB 16487.10-1996);《进口废物环境保护控制标准—供拆卸的船舶及其他浮动结构件》(GB 16487.11-1996);《进口废物环境保护控制标准—废塑料》(GB 16487.12-1996);《低中水平放射性废物近地表处置设施的选址》(HJ/T 23-1998)。

## 2 中国固体废物环境监测技术的发展历史与现状

### 2.1 发展历史

在加强法规建设的同时,中国环境科学工作者经过20多年的努力,在固体废物环境监测的技术与方法上取得了一定的进展并初步形成了该领域的框架体系。

为了贯彻实施《工业企业设计卫生标准》(TJ 36-1979),由国家建委和卫生部组织中国医学科学院卫生研究所、中国科技大学等单位于1975年~1979年开展了工业废渣监测检验方法的研究并形成了《工业废渣监测检验方法》(1982年)。

1980年~1985年,为了污染源调查的需要,加强工业固体废物的污染控制与监督管理,国家环保局等组织中国环境监测总站、清华大学等单位开展了工业固体废物的有害特性和浸出液分析监测方法的研究,在此基础上完成了《有色金属工业固体废物污染控制标准》的编制,形成了目前仍在使用的《工业固体废物有害特性试验与监测分析方法(试行本)》(1986年)。

1989年,中国预防医学科学院环境卫生与卫生工程研究所土壤卫生研究室发表了“工业固体废物有害性鉴别方法”研究报告。包括工业废渣的急性毒性初筛试验方法、急性毒性(LD<sub>50</sub>)试验方法、大型水蚤毒性试验方法以及鱼类的TLM毒性试验方法等。同年,清华大学环工所/核能所固体废物组发表了“固体废物排放标准及评价方法的研

究”报告。该研究把 TCLP 法和 MWEP 法两者结合起来,以便采用新的浸出程序进行试验,探讨用于有害特性鉴别及环境影响评价的可能性。1989年~1991年,能源部电力环境保护研究所进行了火电厂粉煤灰浸出试验方法的研究并编制了电力行业标准。主要是参考美国 TCLP 和 MWEP 方法,在等效引用的基础上,规定了标准浸出试验方法的内容。

随着环境监测技术的发展以及固体废物环境管理的现实需要,1989年~1991年由国家环保局立项,中国环境监测总站组织开展了“固体废物采样及监测方法的研究”。内容包括:固体废物的采样与制样、浸出毒性试验方法和生物毒性及腐蚀性试验方法。在资料调查和综合分析的基础上,提出了中国固体废物样品的采集和制备方法,包括采样程序、份样量、份样数、采样部位、采样方式以及制样程序、样品的混合、粉碎、筛分、缩分和保管等。并且吸收国外的先进技术,对中国7种有代表性的工业固体废物中十多种有害成分的浸出试验条件、腐蚀性试验方法进行了较为全面的协同试验研究,分别对浸取量与浸取剂的种类、提取条件、固液比、提取时间的关系以及浸取量与废渣有关成分的关系等进行了试验研究。另外,通过采用大型水蚤和斑马鱼的急性毒性试验、发光菌、生物毒性试验以及紫露草雄蕊毛突变检测4种方法,对砷钙渣、铬渣、尾矿渣、电镀污泥的指示性、敏感性和遗传变异性等生物效应进行了研究,结果表明了这些方法的可行性。

“八五”期间,作为国家科委和国家环保局立项的“有害废物和城市垃圾处理处置研究”环保科技攻关85-909项目的子课题,中国环境监测总站开展了“有害废物分析测试方法及风险评价技术研究”(85-900-05课题)。内容包括:固体废物的采样制样方法、浸出试验方法、污染物总量分析与“浸出率”、无机有害成分的监测方法、有机污染物的 G/GMS 分析方法、研制了25种有机污染物标样(苯系物10种、卤代苯类3种、酞酸酯类3种、多环芳烃类4种、酚类3种、苯胺类2种)、2种固体废物标样(ISS-1 铬渣、ISS-2 锌渣)以及分析过程中的 QA/QC 评价方法。

除上述外,清华大学、环境科学研究院、南京市环境监测中心站以及北京环境监测中心等单位也曾就固体废物的监测评价试验方法进行过专题调查研究。

## 2.2 固体废物的采样与制样技术

关于固体废物的采样与制样技术方法,国家已颁布了《工业固体废物采样制样技术规范》(HJ/T 20-1998)。有关内容多为引用或原则性的规定或建议,尚缺乏系统的试验依据。如推荐的采样方法有简单随机采样法、分层随机采样法、系统随机采样法和权威采样法。至于采样方法、样品数、份样量、采样点位设置等因素与采样误差的关系,仍偏重于理论解释或介绍,尚需大量的科学试验数据为依据。

制样方法的焦点在于样品的粉碎程度以及浸取液的制备方法,尤其是有机污染物的浸取方法无论是从理论上还是实践上均存在很多问题。前者经过“八五”攻关研究已初步得出试样粉碎至40目~60目较适宜的结论。后者尚无统一的认识,也无相对统一的制样方法。

国内外在浸出毒性试验方法上存在较大的差异。即使发达国家也不统一,各有各国的规定。中国研究人员经过大量研究得出的基本结论是:浸取剂为 pH 5.0±0.2 的 HAc-NaAc 缓冲液,浸取方式采用水平或翻转振荡(超声波浸取具有等效性),浸取时间分别为12h(水平或翻转振荡)或0.5h~1h(超声波浸取),固液比为1:10,固液混合后应在30min内进行浸取,完成后建议静置10min后立即用双层中速定量滤纸干式过滤或离心分离。对于有机分析用的浸取液制备,主要采用美国 TCLP 方法。“八五”攻关研究了三氯苯生产废渣与葱渣的水平 and 超声浸取方法,发现两者有一定的差别,建议采用后者。

从对环境的潜在影响考虑,固体废物中有害污染物总量的分析测定在环境管理上具有重要意义;另一方面,从废弃物资源化、处理处置方法的正确选择等方面考虑,首先也要知道废弃物中某些成分的总含量。中国在“七五”,尤其是在“八五”期间在此领域进行了集中研究。结果表明:高压釜酸溶和微波辅助消解方法较好。前者设备简单,便于推广普及,但赶酸时仍有二次污染且费时,后者克服了这些缺点,但设备较贵。

关于固体废物的采样与制样方法的研究现状与存在的问题,由于内容丰富,将另文予以讨论。

## 2.3 危险废物有害特性的定义与试验鉴别方法

2.3.1 易燃性:闪点低于60℃的液体,通过摩擦、吸湿和自我的化学反应而着火的物质,着火时燃烧

剧烈而持续,以致管理期间会引起危险。试验方法有:(a)闭口杯法,参考GB 261-77“石油产品闪点测定方法”,(b)开口杯法,参考GB 1617-79。

2.3.2 腐蚀性:含水废物本身不含水,加入定量水后浸出液  $\text{pH} < 2$  或  $\text{pH} > 12.5$  的废物,在  $55.7\text{ }^\circ\text{C}$  以下时对钢制品的腐蚀率大于  $6.35\text{ mm/a}$ 。试验方法:50 g 废物中加 250 mL 水于 1 L 瓶中,振荡 30 min,振幅 40 mm,频率  $(110 \pm 10)$  次/min,静置 30 min,用电位法测定上清液的 pH 值。可参考 GB 5085.1-1996“危险废物鉴别标准—腐蚀性鉴别”。

2.3.3 反应性:通常情况下不稳定,当无爆震时就发生剧烈变化,有引发源或加热时就爆震或爆炸,和水剧烈反应生成爆炸性混合物、毒性气体、蒸汽或烟雾,其他法规所定义的爆炸品。试验方法:爆炸性指撞击感和摩擦感测定值。有差热分析测定法、爆发点测定法和火焰感度测定法。遇水反应性包括各种有害气体(如乙炔、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{AsH}_3$ 、HCN 等)的测定方法。

2.3.4 浸出毒性:固体废物的毒性特性浸出试验,判定标准大约为饮用水标准的 50 倍。试验方法为 GB 5085.3-1996“危险废物鉴别标准—浸出毒性鉴别”。

2.3.5 急性毒性:一次投给试验动物的毒物,半致死量  $\text{LD}_{50}$  小于规定值。口服毒性  $\text{LD}_{50} \leq 50\text{ mg/kg}$  体重;吸入毒性  $\text{LD}_{50} \leq 2\text{ mg/L}$ ;皮肤吸收毒性  $\text{LD}_{50} \leq 200\text{ mg/kg}$  体重。试验方法为 GB 5085.2-1996“危险废物鉴别标准—急性毒性初筛”。

中国在危险废物的定义中,基本考虑了固体废物的短期急性危害,如通过摄食、吸入或皮肤吸收的急性毒性,腐蚀性,其他皮肤或眼睛接触危害性,易燃易爆的危害性等;长期环境危害,如起因于反复暴露的慢性毒性、致癌性等。危险废物有害特性的定义与鉴别方法基本参考了美国的定义与鉴别方法,采用这一技术路线本身是可行的,但存在的主要问题是:(1)中国目前进行的危险废物有害特性的试验多采用浸出毒性试验方法,其他有害特性的试验与鉴定研究很少;(2)现有的浸出试验方法尚存在许多问题需要深入研究,如浸出试验条件等;(3)尚未根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法列出危险废物名目表。

2.4 固体废物有害成分的监测分析方法

截止 1998 年,中国颁布的固体废物的标准监

测分析方法包括:《有色金属工业固体废物浸出毒性试验方法标准》(GB 5086-85);《有色金属工业固体废物腐蚀试验方法标准》(GB 5087-85);《有色金属工业固体废物急性毒性试验方法标准》(GB 5088-85);《城市生活垃圾采样和物理分析方法(建设部)》(CJ/T 3039-95);《固体废物 总汞的测定 冷原子吸收分光光度法》(GB/T 15555.1-95);《固体废物 铜、锌、铅、镉的测定 原子吸收分光光度法》(GB/T 15555.2-95);《固体废物 砷的测定 二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法》(GB/T 15555.3-95);《固体废物 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法》(GB/T 15555.4-95);《固体废物 总铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法》(GB/T 15555.5-95);《固体废物 总铬的测定 直接吸入火焰原子吸收分光光度法》(GB/T 15555.6-95);《固体废物 六价铬的测定 硫酸亚铁铵容量法》(GB/T 15555.7-95);《固体废物 总铬的测定 硫酸亚铁铵容量法》(GB/T 15555.8-95);《固体废物 镍的测定 直接吸入火焰原子吸收分光光度法》(GB/T 15555.9-95);《固体废物 镍的测定 丁二酮肟分光光度法》(GB/T 15555.10-95);《固体废物 氯化物的测定 离子选择电极法》(GB/T 15555.11-95)。

除上述已标准化的方法外,中国科研人员已完成方法建立的项目有:  $\text{Hg}$ (Cold AAS、双硫脲 SP 法、Cold AFS);  $\text{Cd}$ (FLAAS(包括 Pb、Cu、Zn 和 Ni)、POL(包括 Pb、Cu 和 Zn)、新镉试剂 SP 法、EDTAVOL 法、N-235 萃取-双硫脲 SP 法、KI-MIBK 萃取-FLAAS(包括 Pb)、FIA-FLAAS 法(包括 Pb));  $\text{Ag}$ (Ag-DDTC 法、新银盐 SP 法、氧化还原 VOL 法(包括 Pb)、 $\text{HNO}_3$ -KI-MIBK 萃取-FLAAS、FIA-FLAAS);  $\text{Cr(T)}$ (DPC SP 法、硫酸亚铁铵 VOL 法、FLAAS);  $\text{Cr(VI)}$ (硫酸亚铁铵 VOL 法、三辛胺-氯仿萃取 SP 法、APDC-MIBK 萃取 FLAAS);  $\text{Pb}$ (双硫脲萃取 SP 法、EDTAVOL 法);  $\text{Cu}$ (钼试剂 SP 法、碘氟法、多道 ICP-AES 法(包括 Pb、Zn、Cd、Ni、Fe、Mn、Co 和 V)、单道 ICP-AES 法(包括 Pb、Zn、Ni、Se、Mn、Cr、Sb、Sn 和 Bi)、微波消解 ICP-AES 法(包括 Pb、Zn、Cd、Ni、Mn、Cr 和 Sb)、DDTC-乙酸丁酯萃取-FLAAS 法(包括 Zn));  $\text{Zn}$ (EDTAVOL 法);  $\text{Ni}$ (丁二酮肟 SP 法、FLAAS);  $\text{Sb}$ (5-Br-PADAP SP 法、FLAAS、硫酸高铈 VOL 法、HG-FLAAS 法(包括 Bi)、HG-AFS、HG-SP 法);  $\text{Be}$ (铍试剂 IIS 法、GFAAS);  $\text{As}$ (HG-AFS);  $\text{As(III/IV)}$ (HG-AFS、HG-AAS);  $\text{Sn}$ (GFAAS);  $\text{Se}$ (HG-AFS);  $\text{Se}$

(IV/V)(HG-FLAAS); Mn(FLAAS); V(萃取SP法); Bi(HG-SP法); Ba(铬酸盐间接SP法); F(ISE、氟试剂SP法、硝酸钼VOL法); 氰化物(异烟酸-吡唑啉酮SP法、硝酸银VOL法、吡啶-巴比妥酸SP法、吡啶-联苯胺SP法); 硫化物(亚甲蓝SP法、碘量法); P(间接FLAAS法); B(SP法); 硝基苯类(12种)(GC法、CPCSP法、锌粉还原偶氮染料SP法); 酞酸酯类(HPLC法); 对硫磷(1605)(薄层层析-酶抑制法); 乐果(薄层层析法); 六六六(GC法); 苯并(a)芘(HPLC); 半挥发性有机物(34种)(毛细柱GC-MS法)。<sup>\*</sup>

### 2.5 固体废物环境监测的QA/QC

在“八五”期间,中国研制了25种有机污染物标液(苯系物10种、卤代苯类3种、酞酸酯类3种、多环芳烃类4种、酚类3种、苯胺类2种)和2种固体废物标样(ISS-1铬渣、ISS-2锌渣),并且开展了固体废物环境监测分析过程中的QA/QC评价方法的研究。

### 3 存在的问题与建议

虽然中国在固体废物环境监测领域取得了一定的进展,但常规监测仍沿用1986年的“试行本”,即使加上1995年新颁布的11个标准分析方法,就整个监测技术方法体系而言,仍存在许多问题与差距:

(1) 采样方法多采用移植或等效法,具体的科学试验研究很少。由于固体废物种类繁多,性状各异,排放和存在形式又多种多样,使取得具有代表性样品的工作十分复杂和困难。鉴于这是分析测定的最关键步骤之一,应大力开展相关研究。

(2) 虽然国家在1996年颁布了危险废物鉴别标准(腐蚀性鉴别、急性毒性初筛、浸出毒性),但有害特性鉴别标准的项目不全,应增加被控污染物的种类以满足多方面的需要。

另外,有的试验方法适用面窄,不能满足各类废弃物的分析测定要求,对此需要进行更新、修改和补充研究。如易燃性鉴别试验的开口杯法只适用于液态废物,可参照美国的试验程序进一步完善,以适用于各类废物。反应性试验则可参照国外方法及中国含氰废物污染控制标准的制订过程,经验证加以修订。由于缺乏统一或标准试验方法,目前仍无法对固体废物进行鉴别和分类。另外,试行方法缺少权威性,致使执法不利,各单位自行其是。如:浸出试验方法操作条件各异,试验结果无法比

对。现阶段对于填埋场内状况不完全了解,填埋后的安全性评价不充分。原因在于溶出试验方法本身存在许多问题。对此既要考虑浸出毒性鉴别,又要考虑用于处置场的环境影响评价的需要,参照国外的经验以及国内近年来的研究成果和实际情况进行修订完善。

(3) 现有的污染物标准分析方法很有限,研究的方法不仅比较分散、缺乏系统性,而且由于没有规范化而缺乏可比性,尤其是有机污染物的分析方法更是奇缺,有待开发建立并标准化的分析方法和分析项目还很多。从分析技术来看,目前无机污染物的分析多采用分光光度法和原子吸收法,有机污染物的分析多采用填充柱气相色谱法。需要加强ICP法、FIA-AAS、FIA-ICP、AFS、GC-MS和HPLC法等分析技术的应用研究,同时要加强对微波辅助熔样、固体直接进样技术、超临界流体萃取法(SFE)、固相萃取法(SME)等样品制备技术的应用研究。

正确的危险废物管理政策应包括逐步形成的能充分保护所有承受环境的各种法律和控制程序,当然也应包括环境污染防治的测定分析技术及设施运行管理的有关技术,在这一点上,美国的SW-846和日本JIS方法系列是比较完善的,但又不完全相同。在法规要求上,JIS的项目要比SW-846少得多,尤其是样品制备方法,前者更少。中国在这方面的差距是大的,可参考美国、日本等现行方法予以补充完善。

另外,现有的分析方法主要为浓度分析,除Cr(VI)的价态分析外,几乎没有污染物的形态分析方法。如此得到的浓度信息难以准确地反映污染物的危害性和潜在的污染程度,也不能为废物的再利用提供足够的基础数据。因此,急需开发研究各类污染物的形态分析方法。

再者,仅采用浓度来表征复杂的废弃物特性是远远不够的。由于检出的化学物质越来越多,一个一个地进行分析困难大,作为综合评价方法,应研究各种生物评价方法。虽然这类试验不能直接用来判定对人的影响,但可用于推测对生物的影响而具有实用的可能性。实际上,了解废弃物的危害特性比了解其有精确的化学组成更(下转第30页)

\* AAS—原子吸收分光光度法; AFS—原子荧光光谱法; FIA—流动注射法; FLAAS—火焰原子吸收分光光度法; GC—气相色谱法; GFAAS—石墨炉原子吸收分光光度法; HG—氢化物发生法; HPLC—高效液相色谱法; POL—极谱法; SP—分光光度法; VOL—容量法。

表 3  $H_2SO_4-H_3PO_4-H_2O_2$  分解体系的测定结果

	砷 mg/kg	相对平均偏差 %	铬 mg/kg	相对平均偏差 %	锰 mg/kg	相对平均偏差 %
电化厂附近菜地土壤	9.19	0.3	70.9	1.2	230	0
	9.25				69.3	
电化厂附近麦地土壤	9.10	0.5	71.6	1.6	470	0.8
	9.00				69.3	
硫酸厂附近菜地土壤	24.25	0.4	553.4	1.8	430	1.5
	24.44				573.3	
鱼池底泥	8.60	1.7	75.6	1.1	480	0.8
	8.90				77.3	
	56.8, 56.3	平均 56.45 mg/kg	92.0, 91.2	平均 90.77 mg/kg	980, 978	平均 976.7 mg/kg
GBW 08301 沉积物	57.1, 56.5				9.7, 90.1	
	55.9, 56.1	标准值 $56 \pm 10$ mg/kg	90.4, 90.2	标准值 $90 \pm 8$ mg/kg	982, 977	标准值 $975 \pm 34$ mg/kg
20 g 样残渣	0.02		—		未检出	

#### 4 结语

在砷的前处理技术中,一般皆用硝酸分解土壤和底泥,由于必须除尽硝酸,用硫酸冒烟赶硝酸,时间长,酸雾多,一不小心,残留的硝酸会使砷的结果偏低。该法不用硝酸,既简化了前处理过程,又避免了砷的结果偏低。

在铬的前处理技术中,加入高氯酸冒烟时,容易产生氯化铬酰挥发,使结果偏低,故必须用氟氢酸前处理技术。该法用磷酸分解铬化合物能保证铬(包括矿物中铬)全部进入试液,是为铬前处理的最佳分解技术,但该试液仅能供比色测定,不能用于原子吸收法。

在锰的前处理技术中,一般可用盐酸分解,在用磷酸、过氧化氢时,同样可完全消解,包括土壤中

的氧化锰及其他形态的锰,亦是比色法测定锰前处理技术中较好的消解方法。

$H_2SO_4-H_3PO_4-H_2O_2$  体系作为测定土壤、底泥中砷、铬、锰的前处理技术是可行的,处理后试液可用比色法测定。

#### [参考文献]

- [1] 《环境污染分析方法》编辑组. 环境污染分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1980. 131.
- [2] 曾北危. 环境分析化学[M]. 长沙: 湖南科技出版社, 1979. 153.
- [3] 国家环保局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 第3版, 北京: 中国环境科学出版社, 1997. 445.

(上接第 13 页)

重要。并且在许多情况下,要获得精确的化学组成也是不实际的。因此,通过研究并规范废弃物危险特性的试验方法是进行定量解释的有效途径。

(4) 关于 QA/QC, 中国固体废物环境监测分析方法不仅没有系统的 QA/QC 程序, 即使就个别分析方法而言, 有关 QA/QC 措施也不完善, 所得数据的权威性无法得到保证。如何解决这一问题? 就现阶段而言, 可采用的技术途径包括: ①参考美国固体废物试验与分析方法中的 QA/QC 技术, 制订中国固体废物试验与分析方法 QA/QC 导则以及确定 QA/QC 的程序; ②对上述确定的固体废物环境监测技术与试验分析方法进行规范化或标准

化; ③研制更多的标准样品和标准溶液; ④在建立与完善全面的 QA/QC 体系过程中, 要强化每一试验或监测方法的 QA/QC 措施等。

(5) 控制现有的固体废物是一方面, 另一方面需要对已发现有环境致突变等作用的化学危险废物, 以及预计今后会投入使用的大量新材料可能产生的有害废物, 应预先研究鉴别其有害性的试验与分析测定方法, 中国目前在这方面的研究几乎为空白。

(6) 废弃物常常是一种复杂的混合物, 有关其化学组成的数据难以收集并且要获得这些数据往往需要付出很高的费用。即使有了足够的分析数据, 目前中国的监测人员与管理者对某一废弃物组成或其中有害物质浓度的重要意义也不太清楚。