

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

HANGONGFEIWU
CHUZHUYU
HUANJING FENGXIAN
GUANLI

含汞废物处置 与环境风险管理

姜晓明 陈 扬 刘俐媛

主编



上海科学技术出版社

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

含汞废物处置与环境风险管理

姜晓明 陈 扬 刘俐媛 主 编



上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书作者根据我国废汞触媒、含汞废渣、废含汞试剂和废荧光灯等四种典型含汞废物特点及处置过程污染控制实际需求,分析了国内外相关领域的管理和技术,介绍了典型含汞废物处置污染特征与环境风险管理的关键影响因素和风险识别、评估和风险管理技术体系,为消除特定领域汞污染问题提供了技术条件和管理依据。

全书共5章,内容包括:绪论,概述了含汞废物的来源与特性、国内外含汞废物处置领域的管理和技术;含汞废物处置技术与评估;含汞废物处置过程的污染特征和汞的迁移转化;含汞废物处置过程的风险识别和评估;含汞废物处置过程的环境风险管理。

本书适用于重金属污染防治研究人员、各级相关部门的管理人员,也适用于从事含汞废物处置领域的科研人员、生产人员及管理人员,同时也可作为生产一线人员的培训教材及教学参考。

图书在版编目(CIP)数据

含汞废物处置与环境风险管理 / 姜晓明,陈扬,刘俐媛主编.

—上海:上海科学技术出版社,2018.7

(环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书)

ISBN 978-7-5478-4026-9

I. ①含… II. ①姜…②陈…③刘… III. ①汞—废物处理—研究②汞污染—环境管理—风险管理—研究 IV. ①X7②X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 109518 号

含汞废物处置与环境风险管理

姜晓明 陈 扬 刘俐媛 主 编

上海世纪出版(集团)有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路71号 邮政编码200235 www.sstp.cn)

上海盛通时代印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 12

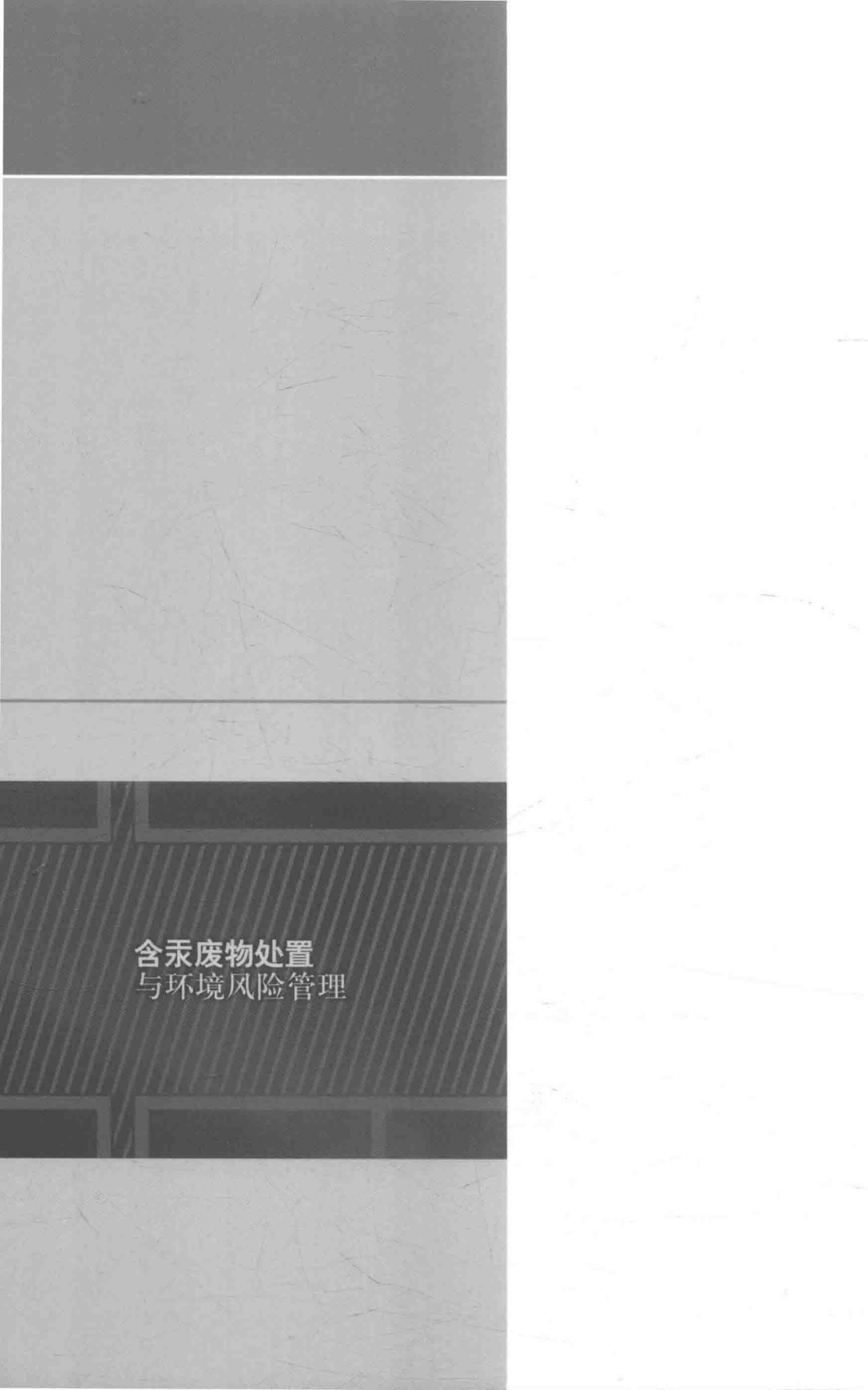
字数:150千字

2018年7月第1版 2018年7月第1次印刷

ISBN 978-7-5478-4026-9/X·46

定价:69.00元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换



含汞废物处置
与环境风险管理

“环保公益性行业科研专项 经费项目系列丛书”编委会

顾 问 黄润秋

组 长 邹首民

副组长 王开宇

成 员 禹 军 陈 胜 刘海波

本书编委会

主 编 姜晓明 陈 扬 刘俐媛

编委会成员 (按姓氏汉语拼音排序)

陈 刚	陈 谦	陈朝中	陈玉福
程天金	范书凯	冯钦忠	付 鑫
郭春霞	韩 絮	侯海盟	姜媛媛
金 晶	孔德勇	李 莉	李 悦
李 震	李宝磊	李鹏辉	李述贤
刘 舒	明 扬	祁国恕	冉梅雪
史俊鹏	王 芳	王俊峰	王祖光
魏石豪	张广鑫	张洪武	张向前
张正洁	赵志龙	邹晓燕	

序

Preface

目前,全球性和区域性环境问题不断加剧,已经成为限制各国经济社会发展的主要因素,解决环境问题的需求十分迫切。环境问题也是我国经济社会发展面临的困难之一,特别是在我国快速工业化、城镇化进程中,这个问题变得更加突出。党中央、国务院高度重视环境保护工作,积极推动我国生态文明建设进程。党的十八大以来,按照“五位一体”总体布局、“四个全面”战略布局以及“五大发展”理念,党中央、国务院把生态文明建设和环境保护摆在更加重要的战略地位,先后出台了《中华人民共和国环境保护法》《关于加快推进生态文明建设的意见》《生态文明体制改革总体方案》《大气污染防治行动计划》《水污染防治行动计划》《土壤污染防治行动计划》等一批法律法规和政策文件,我国环境治理力度前所未有,环境保护工作和生态文明建设的进程明显加快,环境质量有所改善。

在党中央、国务院的坚强领导下,环境问题全社会共治的局面正在逐步形成,环境管理正在走向系统化、科学化、法治化、精细化和信息化。科技是解决环境问题的利器,科技创新和科技进步是提升环境管理系统化、科学化、法治化、精细化和信息化的基础,必须加快建立持续改善环境质量的科技支撑体系,加快建立科学有效防控人群健康和环境风险的科技基础体系,建立开拓进取、充满活力的环保科技创新体系。

“十一五”以来,中央财政加大对环保科技的投入,先后启动实施水体污染控制与治理科技重大专项、清洁空气研究计划、蓝天科技工程专项等专项,同时设立了环保公益性行业科研专项。根据财政部、科技部的总体部

署,环保公益性行业科研专项紧密围绕《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》《国家创新驱动发展战略纲要》《国家科技创新规划》和《国家环境保护科技发展规划》,立足环境管理中的科技需求,积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”以来,环境保护部*组织实施了公益性行业科研专项项目479项,涉及大气、水、生态、土壤、固废、化学品、核与辐射等领域,共有中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与,逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前,专项取得了重要研究成果,已验收的项目中,共提交各类标准、技术规范1362项,各类政策建议与咨询报告687项,授权专利720项,出版专著492余部,专项研究成果在各级环保部门中得到较好的应用,为解决我国环境问题和提升环境管理水平提供了重要的科技支撑。

为广泛共享环保公益性行业科研专项项目研究成果,及时总结项目组织管理经验,环境保护部科技标准司组织出版“环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书”。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果,具有较强的学术性和实用性,可以说是环境领域不可多得资料文献。丛书的组织出版,在科技管理上也是一次很好的尝试。我们希望通过这一尝试,能够进一步活跃环保科技的学术氛围,促进科技成果的转化与应用,不断提高环境治理能力现代化水平,为持续改善我国环境质量提供强有力的科技支撑。

黄润秋

中华人民共和国环境保护部副部长

* 2018年3月22日起,中华人民共和国环境保护部更名为中华人民共和国生态环境部。

前 言

Foreword

我国是汞的生产、使用和排放大国,汞生产量和使用量占全球生产量和使用量的 60%左右,汞的生产和使用造成大量含汞废物的产生及排放。汞及其化合物因具有生物毒性、生物累积性、持久性、长距离传输性等特征,已成为我国乃至全球的优先控制污染物。2016 年 4 月,第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十次会议决定:批准 2013 年 10 月 10 日由中华人民共和国政府代表在日本熊本签署的《关于汞的水俣公约》。自此,汞污染控制问题不仅成为国内环境污染控制的工作重点,也将受到国际的约束而承担相应的履约责任。

含汞废物已被列为《国家危险废物名录》中 HW29 类危险废物,涉及基础化学原料制造、贵金属矿采选、天然原油和天然气开采、合成材料制造、电池制造、照明器具制造等行业。基于汞污染的国际影响,我国针对汞公约所涉及的含汞废物背景调查和基础研究、行业污染防治技术评估、政策标准体系建设以及相关工程实例工作正在全面展开。而如何基于我国国情,结合履行汞公约的责任要求,开展含汞废物污染特征及污染风险管理技术研究就显得尤为重要。重点关注的含汞废物主要体现在以下几个方面:一是量大面广,二是污染重,三是处置过程防范措施不易等。由于含汞废物种类繁多,涉及多个相关行业,成分复杂、污染特征明显,而且污染严重,环境风险巨大,如不采取切实可行的风险管理技术,含汞废物的环境风险和环境隐患将逐步凸显。

本书根据我国废汞触媒、含汞废渣、废含汞试剂和废荧光灯等四种典型

含汞废物特点及处置过程污染控制实际需求,分析了国内外相关领域的管理和技术,介绍了典型含汞废物处置污染特征与环境风险管理的关键影响因素和风险识别、评估和风险管理技术体系,为消除特定领域汞污染问题提供了技术条件和管理依据。

本书编写分工如下:第1章、第2章由陈刚、程天金、陈朝中、陈谦、陈玉福、李宝磊、李述贤、李震、刘舒、明扬、祁国恕、魏石豪编写;第3章由冯钦忠、李悦、李莉、李鹏辉、刘俐媛、邹晓燕编写;第4章由韩絮、侯海盟、金晶、孔德勇、范书凯、史俊鹏、王芳、王俊峰、王祖光编写;第5章由陈扬、姜晓明、郭春霞、张广鑫、张向前、张正洁、张洪武、赵志龙、付鑫、冉梅雪、姜媛媛编写。感谢为本书的撰写和出版进行了卓有成效工作和不懈努力的所有人员,正因为他们的辛勤工作,才使此书得以问世。

本书的编写得到了环保公益性行业科研专项“含汞废物处置过程污染特征及污染风险控制技术研究”(201509054)项目组的积极支持,得到了中国科学院北京综合研究中心同事的大力支持,得到了中国科学院北京综合研究中心协作单位包括生态环境部环境保护对外合作中心、北京矿冶科技集团有限公司、沈阳环境科学研究院、中国科学院城市环境研究所等单位的协助与支持,以及生态环境部固废管理中心、河南省固体废物管理中心、中国环境科学研究院、中国环境科学学会重金属专业委员会、辽宁师范大学等有关单位专家的帮助,在此表示衷心的感谢!

由于编者业务水平的限制,本书难免有错误和不当之处,请读者不吝赐教,多提宝贵意见,以便我们在下一步工作中改进。

编 者

2018年5月

含汞废物处置
与环境风险管理

目 录

Contents

第 1 章 绪论	001
1.1 我国含汞废物的来源与特性	001
1.1.1 含汞废物的定义和种类	001
1.1.2 含汞废物的来源	003
1.1.3 含汞废物的特性	013
1.2 国内外含汞废物处置管理体系	023
1.2.1 国际公约含汞废物管理要求	023
1.2.2 发达国家含汞废物管理要求	024
1.2.3 我国含汞废物管理体系现状	031
1.3 含汞废物处置国际经验借鉴、需求分析及框架建议	037
1.3.1 含汞废物处置国际经验借鉴	037
1.3.2 我国含汞废物处置差距分析	039
1.3.3 我国含汞废物管理框架建议	040
第 2 章 含汞废物处置技术与评估	043
2.1 含汞废物处置技术	043
2.1.1 废汞触媒处置技术	044
2.1.2 含汞冶炼废渣处置技术	045
2.1.3 废含汞试剂处置技术	046
2.1.4 废荧光灯处置技术	047

2.1.5	含汞废物处置过程的污染控制技术	048
2.2	含汞废物处置技术评估	051
2.2.1	含汞废物处置技术评估方法	051
2.2.2	含汞废物处置技术评估指标分类	053
2.2.3	含汞废物处置技术评估指标构建	054
2.2.4	含汞废物处置技术评估程序及体系	066
2.3	含汞废物处置技术评估案例	070
2.3.1	废汞触媒处置技术案例验证	070
2.3.2	废荧光灯处置可行技术案例验证	076
第3章	含汞废物处置过程的污染特征和汞的迁移转化	081
3.1	含汞废物处置过程的污染特征	081
3.1.1	废汞触媒处置过程的污染特征	081
3.1.2	含汞废渣处置过程的污染特征	083
3.1.3	废含汞试剂处置过程的污染特征	086
3.1.4	废荧光灯处置过程的污染特征	088
3.2	含汞废物处置过程汞的迁移转化	091
3.2.1	环境介质中汞的迁移转化	091
3.2.2	含汞废物处置过程中汞的迁移转化	097
第4章	含汞废物处置过程的风险识别和评估	104
4.1	含汞废物处置过程的风险识别	104
4.1.1	风险识别技术概要	104
4.1.2	废汞触媒处置过程风险识别	106
4.1.3	含汞废渣处置过程风险识别	108
4.1.4	废含汞试剂处置过程风险识别	111
4.1.5	废荧光灯处置过程风险识别	112
4.2	含汞废物处置过程的环境风险评估	114

4.2.1	风险评估技术概要	114
4.2.2	堆存场地废水渗漏风险评估	116
4.2.3	汞蒸气泄漏事故风险评估	120
4.2.4	事故废水排放风险评估	121
4.2.5	水封集汞槽泄漏事故风险评估	122
4.2.6	堆存渣场汞暴露风险评估	124
4.3	含汞废物处置事故条件下的环境风险评估案例	127
4.3.1	含汞废物露天堆存处置过程风险评估	127
4.3.2	含汞废物回收利用处置过程风险评估	137
4.3.3	含汞废物内部回收利用过程风险评估	141
第5章	含汞废物处置过程的环境风险管理	145
5.1	含汞废物集中处置设施运行管理	145
5.1.1	一般要求	146
5.1.2	预处理	146
5.1.3	焙烧蒸馏回收	146
5.1.4	湿法处置	147
5.1.5	固化填埋	147
5.1.6	废气处理	147
5.1.7	废水处理	148
5.1.8	废渣处理	148
5.2	含汞废物集中处置设施运行监督管理	149
5.2.1	基本运行条件监督管理	150
5.2.2	设施运行监督管理	151
5.2.3	污染防治设施运行监督管理	153
5.2.4	安全生产和劳动保护监督管理	155
5.3	含汞废物集中处置设施事故应急管理	164
5.3.1	组织机构和职责	164

5.3.2	预防和预警	164
5.3.3	信息报告和通报	165
5.3.4	应急响应和救援措施	165
5.3.5	应急监测	167
5.3.6	现场保护与现场洗消	168
5.3.7	应急终止	168
5.3.8	善后处置	169
5.3.9	应急培训和演习	169
5.3.10	保障措施	170
参考文献		171
后记		179

第 1 章

绪论

本章主要介绍典型含汞废物的来源、产生量、处置企业分布及处置情况,明确我国典型含汞废物的危害性特征,为含汞废物的处理处置、处置过程的风险评估等提供参考依据。同时还分析了国外有关含汞废物的法律、法规,风险控制技术,具体工程实践,以及国内外典型含汞废物处置过程发展现状及环境风险分析,结合我国国情,本着经济、技术、环境可行性的原则,开展我国含汞废物处置过程污染特征及污染风险控制技术和管理体系研究,旨在为后续的相关工作提供基础支撑。

1.1 我国含汞废物的来源与特性

1.1.1 含汞废物的定义和种类

含汞废物是人们在生产活动中通过有意添加汞或无意汞排放过程而产生的含有汞及其化合物的固体废物。我国典型含汞废物主要来自原生汞采选冶、有色金属冶炼、燃煤电厂、燃煤工业锅炉、水泥生产、电石法聚氯乙烯生产、天然气生产、汞试剂生产等涉汞行业,主要包括废汞触媒、汞冶炼废物、铜铅锌冶炼渣及冶炼烟尘、燃煤飞灰、含汞粉尘、含汞活性炭及含汞污

泥、废含汞试剂等,具体含汞废物种类和汞的存在形式见表 1-1。

表 1-1 我国主要含汞废物种类及构成

涉汞行业	主要含汞废物	汞的存在形式
原生汞采选冶	废石、汞尾矿渣、采选粉尘、含汞炉渣、废汞贫渣、含汞污泥和含汞飞灰等	Hg、HgS、HgO
电石法聚氯乙烯生产	废汞触媒、废汞活性炭、含汞废盐酸、含汞废碱、含汞污泥等	Hg、HgCl ₂
电光源生产	废荧光灯管、废有机溶剂、含汞活性炭、含汞污泥及废荧光粉	Hg、HgS
电池制造	废电池、含汞活性炭、含汞污泥等	Hg、HgS
汞化学试剂生产	废汞化学试剂、含汞活性炭、含汞污泥、含汞粉尘等	Hg、HgS、HgCl ₂ 、HgO、有机汞及其他汞化合物
基础化学原料制造	含汞盐泥、含汞活性炭、含汞污泥等	Hg、HgS
燃煤电厂/工业锅炉	燃煤飞灰、粉煤灰、脱硫石膏等	Hg、HgO、HgCl ₂ 及颗粒汞
水泥生产	粉尘、窑灰、含汞污泥等	Hg、HgS、HgO 及颗粒汞
废物焚烧	焚烧飞灰、炉渣等	Hg、HgS
铜铅锌冶炼	冶炼渣、冶炼/焙烧粉尘、含汞污酸、含汞污泥、酸性浸出渣和窑渣等	Hg、HgS、HgCl ₂
黄金冶炼	粉尘、含汞活性炭、污酸、废活性炭、含汞污泥等	Hg、HgS
钢铁冶炼	飞灰、铁冶炼渣、脱硫石膏、含汞活性炭、含汞污泥等	Hg、HgO、HgCl ₂ 及颗粒汞
天然气生产	含汞油泥、含汞乙二醇、含汞催化剂、含汞丙三醇、含汞污泥等	Hg、HgS、HgCl ₂ 、有机汞

考虑到国内外政策法规、规划以及公约的情况,本书主要介绍废汞触