

固体废物环境管理丛书
GUTI FEIWU HUANJING GUANLI CONGSHU

污泥处理与处置

WUNI CHULI YU CHUZH

总主编 陈昆柏 郭春霞
本册主编 况 武



中原出版传媒集团
大地传媒

河南科学技术出版社

固体废物环境管理丛书

GUTI FEIWU HUANJING GUANLI CONGSHU

污泥处理与处置

WUNI CHULI YU CHUZH

总主编 陈昆柏 郭春霞

本册主编 况武

河南科学技术出版社

· 郑州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

污泥处理与处置/况武主编. —郑州: 河南科学技术出版社,
2017. 7

(固体废物环境管理丛书/陈昆柏, 郭春霞主编)

ISBN 978-7-5349-8514-0

I. ①污… II. ①况… III. ①污泥处理 IV. ①X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 290403 号

出版发行: 河南科学技术出版社

地址: 郑州市经五路 66 号 邮编: 450002

电话: (0371) 65737028

网址: www.hnstp.cn

策划编辑: 李肖胜 冯俊杰

责任编辑: 孙春会

责任校对: 司丽艳 张娇娇

封面设计: 张 伟

版式设计: 栾亚平

责任印制: 张艳芳

印 刷: 河南新华印刷集团有限公司

经 销: 全国新华书店

幅面尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 27.75 字数: 600 千字 彩插: 2

版 次: 2017 年 7 月第 1 版 2017 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 180.00 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系并调换。

“固体废物环境管理丛书”

编委会

- 主任** 储亚平 (河南省人大常委会副主任)
- 副主任** 王群 (河南省人大环境与资源保护委员会原主任)
郭豫生 (中原大地传媒股份有限公司总经理)
- 编委** 陈昆柏 (浙江博世华环保科技有限公司董事长)
全浩 (中国环境科学学会固体废物分会名誉会长)
耿相新 (中原大地传媒股份有限公司总编辑)
赵由才 (同济大学教授、博士生导师)
冯建勋 (河南省人大环境与资源保护委员会副巡视员)
黄启飞 (中国环境科学研究院研究员、博士生导师)
郭春霞 (河南省固体废物管理中心副主任)
黄朝雄 (中国光大绿色环保有限公司投资发展部总经理)
李顺灵 (河南金谷环保工程设备有限公司董事长)
钱云才 (中环信环境股份有限公司董事长)
李肖胜 (河南科学技术出版社有限公司副总编辑)

总主编 陈昆柏 郭春霞

参编人员 (按姓氏笔画排序)

马腾才 王翌 卢洪波 田晖
李世义 杨玉飞 杨春平 况武
张向前 金均 郝永利 温俊明
薛智勇 魏贵臣

《污泥处理与处置》

编委会

主 编 况 武
副 主 编 金祥福 盛 浩 王 翌
编写人员 段德超 陈 琳 张 明 董 畅 田宝虎
徐 辰 田薇薇 俞汉宁 徐正胜 陶丽霞
武丽丽 冷玲琴 袁 青 李艳儿 姚黄丽
李云飞 袁闻杰 洪 浩 原 琼 王成勇

总 序 言

环境污染已成为人类社会面临的重大威胁，为了更好地控制和解决环境污染问题，我国已将环境保护列为基本国策。尤其是党的十八大以来，生态文明建设受到党中央、国务院高度重视，体现了党和政府对新世纪、新阶段我国发展呈现的一系列阶段性特征的科学判断和对人类社会发 展规律的深刻把握，是对人类文明发展理论的丰富和完善，是对人与自然和谐发展的深刻洞察，是实现我国全面建成小康社会宏伟目标的基本要求，也是对日益严峻的环境问题国际化主动承担大国责任的庄严承诺。

固体废物是主要的环境污染源。生活垃圾、农业固体废物、工业固体废物特别是危险废物除了直接污染外，还经常以水、大气和土壤为媒介污染环境，并且对人体健康也造成严重危害。为了让更多人了解固体废物环境管理方面的法规政策、工程技术和基本知识，帮助环境管理人员、行业从业人员、大学生、环保爱好者等解决工作、学习、生活之需要，真正实现固体废物的“减量化、资源化、无害化”，变有害为有利，上市文化企业——中原大地传媒股份有限公司的全资子公司河南科学技术出版社有限公司联合全国各地的科研院所、高校和企业界专家编写和出版了“固体废物环境管理丛书”，体现了出版社、行业专家和企业家的社会责任感，这一项目不但填补了国内固体废物环境管理领域的空白，而且对我国今后固体废物环境管理知识普及、科学处理和处置具有指导意义。

该丛书根据固体废物的类型及目前国内最新成熟技术编写，具体分为《固体废物鉴别与管理》《重金属污染项目环境监理》《生活垃圾处理与处置》《建筑垃圾处理与处置》《危险废物处理与处置》《污泥处理与处置》《传染性固体废物处理与处置》《农业固体废物处理与处置》《工业固体废物处理与处置》《电子废物处理与处置》《环境工程项目管理》《污染场地调

查与修复》《火电厂废烟气脱硝催化剂处理与处置》《等离子体技术与固体废物处理》《固体废物环境管理法规汇编》等十五个分册。

这套丛书根据各类固体废物的来源、特性、危害等，详细介绍了如何进行行业管理，如何防控污染，如何把成熟的处理处置技术应用到项目工程上，以最大限度地减少和控制固体废物造成的环境污染。全国近 200 名专家学者和企业家在收集和参考了大量国内外资料的基础上，结合自己的研究成果和实际操作经验，编写了这套具有内容广泛、结构严谨、实用性强、新颖易读等特点的丛书，具有较高的学术水平和环保科普价值，是一套贴近实际、层次清晰、可操作性强的知识性读物，适于从事固体废物管理、固体废物处理施工、技术研发、培训教学等人员阅读参考。相信该丛书的出版对我国固体废物的环境管理、环境教育、污染防控、资源利用、无害化处置等工作会起到一定的促进作用。

全国人大环境与资源保护委员会副主任委员
中国工程院院士 中国环境科学研究院原院长



2016 年 12 月

前 言

近年来，我国污水处理产业得到快速发展，污水处理能力及处理率增长迅速，相应的污泥产量也不断增加。据环保部统计，2015年我国城镇污泥产生量为3 500万t，同比增长16%，预计到2020年，我国市政污泥产量将达到6 000万~9 000万t。污泥中含有大量病原体、虫卵、重金属和持久性有机污染物等有毒有害物质，未经有效处理处置，极易对地下水、土壤等造成二次污染。《“十二五”全国城镇污水处理及再生利用设施建设规划》要求，到2015年，直辖市、省会城市和计划单列市污泥无害化处理达到80%。但截至2014年年底，全国污水处理厂产生的污泥无害化处置率仅为56%。2015年国务院发布《水污染防治行动计划》，要求现有污泥处理处置设施应于2017年年底前基本完成达标改造，地级及以上城市污泥无害化处理处置率应于2020年年底前达到90%以上。国内将有大量的污泥需要进行处理处置。

污泥处理处置技术的研究在我国起步较晚，随着近几年的快速发展，也有了较为成熟的技术及成功的案例。但总体而言，仍存在一些问题，如处理处置技术形式单一，稳定化、减量化程度不够，处理能力不足，最终处置技术路线不明确；同时，国内标准、法规不够全面，投资和运行资金不到位，政府监管体系不完善，造成了污泥污染问题日益突出，已到了刻不容缓的地步。

本书根据国内外的最新发展趋势，特别是近十年来的最新发展动态，借鉴成功的处理处置案例，概括为八个章节。第1章为总论，详细介绍了污泥的概念、特性和危害；第2章为污泥管理，介绍了国内外的污泥管理法规和标准情况；第3章为污泥的收集、贮存与运输，涉及污泥的源头控制与运输过程污染防控；第4章介绍污泥的预处理技术，包括污泥浓缩、调理、脱水、干化、电处理技术；第5章介绍污泥的处理技术，包括消化、热解、水解、氧化等技术；第6章是污泥处置技术，主要是肥料利用、土地利用、建

材利用、焚烧、填埋等；第7章介绍如何进行污泥处理处置技术的选择，并列举国内典型的污泥处理处置方案供读者分析；第8章为工程案例分析，列举了污泥填埋、焚烧、堆肥和深度脱水四个案例，从工艺流程、工艺设计、工程运行情况等方面进行详细分析与解读，便于读者参考、借鉴与学习。

本册图书由况武主编，负责完成全书篇章设计、前言、后记、各章节定稿等工作；金祥福、盛浩、王翌任副主编，负责全书章节编写、人员分工、对外联络、会议组织等工作。各章节编写主要完成人员如下：第1章段德超、张明；第2章陈琳、董畅；第3章田宝虎、徐辰；第4章田薇薇、俞汉宁；第5章徐正胜、陶丽霞、武丽丽；第6章冷玲琴、袁青、李艳儿；第7章姚黄丽、李云飞；第8章袁闻杰、洪浩、原琼、王成勇。

本书为拓宽我国污泥处理处置项目的设计思路以及选择合适的工艺路线提供了一定的指导作用，具有较高的参考应用价值。本书可作为工程设计人员的参照工具书，也可以作为高校学子掌握污泥处理与处置专业知识的教材。

在本书的编写过程中，参考了大量的文献、教材、著作、标准、规范等资料，引用了一些同行的数据和图表，其出处已经在参考文献中列出，在此向相关作者表示感谢。

由于笔者水平有限，书中可能存在疏漏和不足之处，敬请各位同行专家及广大读者批评指正。

编者

2016年11月

目 录

第 1 章 总论	(1)
1.1 污泥的定义	(2)
1.2 污泥的来源及分类	(2)
1.2.1 污泥的来源	(2)
1.2.2 污泥的分类	(3)
1.3 污泥的成分	(6)
1.3.1 黏土质	(6)
1.3.2 重金属	(6)
1.3.3 营养成分	(8)
1.3.4 有机质	(9)
1.3.5 微生物	(10)
1.4 污泥的特性	(10)
1.4.1 污泥的流动性	(10)
1.4.2 污泥的收缩性	(11)
1.4.3 污泥的黏结性	(12)
1.4.4 污泥的开裂和板结	(12)
1.4.5 污泥的厌氧产气性	(13)
1.4.6 污泥中的恶臭气体	(13)
1.4.7 污泥中病菌的传播	(14)
1.4.8 污泥的可压缩性	(15)
1.4.9 污泥的可燃性	(16)
1.4.10 污泥的传热传质效率	(17)
1.4.11 污泥高温裂解产生臭气	(18)
1.5 污泥的危害与有害性鉴别	(18)
1.5.1 污泥的危害	(18)

1.5.2	污泥有害性鉴别	(19)
1.6	污泥的处理处置现状	(45)
1.6.1	污泥处理技术	(45)
1.6.2	污泥处置技术	(47)
1.6.3	污泥处理处置现状	(48)
第2章	污泥管理	(54)
2.1	概述	(54)
2.1.1	污泥管理概念	(54)
2.1.2	污泥管理的特点	(54)
2.1.3	污泥管理的原则	(55)
2.2	污泥的管理机构与制度	(56)
2.2.1	污泥的管理机构	(56)
2.2.2	污泥的管理制度	(57)
2.3	污泥管理的经济政策	(62)
2.3.1	经济政策的分类及特点	(62)
2.3.2	经济政策的应用和作用	(65)
2.3.3	污泥收费及补贴	(66)
2.3.4	污泥设施特许经营与投融资制度	(68)
2.4	污泥管理法规与标准	(70)
2.4.1	污泥管理法规	(70)
2.4.2	污泥管理标准	(80)
2.5	污泥管理规划	(105)
2.5.1	污泥现状调查与评价	(105)
2.5.2	污泥产生量发展预测	(110)
2.5.3	污泥管理目标规划与决策	(122)
2.6	我国污泥管理现状	(150)
2.6.1	我国污水污泥的产量	(150)
2.6.2	我国污泥管理的发展历程	(156)
2.6.3	我国污泥处理处置面临的问题	(158)
第3章	污泥的收集、贮存与运输	(166)
3.1	污泥的收集	(167)
3.1.1	污水处理厂污泥的收集	(167)
3.1.2	其他污泥的收集	(168)

3.2	污泥的贮存	(174)
3.2.1	一般污泥贮存	(174)
3.2.2	危险性污泥贮存	(175)
3.3	污泥的运输	(178)
3.3.1	一般污泥的运输	(178)
3.3.2	危险性污泥的运输	(186)
第4章	污泥预处理技术	(197)
4.1	污泥浓缩技术	(197)
4.1.1	污泥浓缩技术原理	(197)
4.1.2	污泥浓缩方法的主要类型及特点	(198)
4.1.3	污泥浓缩的工艺应用	(199)
4.1.4	我国污水处理厂污泥浓缩方式分析	(204)
4.1.5	发展趋势	(204)
4.2	污泥调理技术	(205)
4.2.1	调理技术原理	(206)
4.2.2	技术分类及特点	(206)
4.2.3	技术研究进展	(209)
4.2.4	技术发展趋势	(210)
4.2.5	影响因素	(210)
4.3	污泥机械脱水技术	(213)
4.3.1	污泥脱水技术原理	(213)
4.3.2	技术分类及特点	(215)
4.3.3	研究进展	(218)
4.3.4	影响污泥脱水性的因素	(220)
4.3.5	我国污水处理厂污泥脱水方式分析	(221)
4.4	污泥干化技术	(222)
4.4.1	污泥干化技术原理	(222)
4.4.2	干化技术及干化设备	(223)
4.4.3	污泥干化的安全性	(234)
4.4.4	提高污泥干化安全性的主要措施	(236)
4.4.5	污泥干化中的问题及解决办法	(238)
4.5	污泥电处理技术	(239)
4.5.1	电处理基本原理	(239)

4.5.2	电处理过程	(239)
4.5.3	影响因素	(240)
4.5.4	作用特点	(240)
第5章	污泥处理技术	(242)
5.1	污泥厌氧消化	(242)
5.1.1	基本原理	(242)
5.1.2	消化过程	(242)
5.1.3	影响因素	(243)
5.1.4	工艺特点	(246)
5.1.5	高温厌氧消化技术	(246)
5.2	污泥好氧消化	(248)
5.2.1	基本原理	(248)
5.2.2	处理工艺	(249)
5.2.3	影响因素	(251)
5.2.4	处理特点	(252)
5.2.5	污泥自热式高温好氧消化技术	(252)
5.3	污泥两相(多相)消化	(256)
5.3.1	两相消化技术	(256)
5.3.2	交替好氧/缺氧/厌氧消化技术	(260)
5.4	污泥破解技术	(261)
5.4.1	机械破解技术	(261)
5.4.2	超声波破解技术	(263)
5.5	污泥热解技术	(267)
5.5.1	基本原理	(267)
5.5.2	热解过程	(267)
5.5.3	热解工艺	(267)
5.5.4	技术发展	(268)
5.5.5	影响因素	(270)
5.5.6	热解特性	(270)
5.6	污泥水解技术	(271)
5.6.1	热化学水解技术	(271)
5.6.2	添加酶制剂的酶水解技术	(276)
5.7	污泥氧化技术	(281)

5.7.1	强氧化剂氧化技术	(281)
5.7.2	湿式空气氧化技术	(286)
5.7.3	超临界水氧化技术	(288)
5.8	微生物捕食技术	(291)
5.8.1	作用原理	(291)
5.8.2	工作过程	(292)
5.8.3	影响因素	(292)
5.8.4	处理特性	(292)
5.9	微波处理技术	(293)
5.9.1	微波作用机制	(293)
5.9.2	微波处理过程	(294)
5.9.3	微波处理影响因素	(294)
5.9.4	微波处理特性	(295)
5.9.5	国内外研究	(295)
第6章	污泥处置技术	(298)
6.1	肥料利用	(298)
6.1.1	技术原理	(298)
6.1.2	工艺类型	(299)
6.1.3	制肥方式	(300)
6.1.4	堆肥过程物质变化	(301)
6.1.5	堆肥的控制因素	(302)
6.1.6	堆肥工艺的技术要求	(304)
6.1.7	污泥堆肥的技术风险	(304)
6.2	土地利用	(304)
6.2.1	土地利用发展前景	(305)
6.2.2	土地利用污泥的处理	(307)
6.2.3	土地利用的价值	(307)
6.2.4	土地利用的优点	(308)
6.2.5	土地利用存在的风险	(308)
6.2.6	我国在污泥土地利用方面的研究进展	(310)
6.2.7	污泥的合理施用	(312)
6.3	建材利用	(314)
6.3.1	污泥制砖	(314)

6.3.2	污泥制生化纤维板	(319)
6.3.3	污泥制陶粒	(322)
6.3.4	污泥制生态水泥	(325)
6.3.5	制造人工轻质填充料	(325)
6.4	金属回收	(326)
6.4.1	浸出	(327)
6.4.2	金属分离	(328)
6.5	焚烧技术	(331)
6.5.1	焚烧原理	(331)
6.5.2	焚烧装置	(332)
6.5.3	焚烧过程	(334)
6.5.4	焚烧系统的能量平衡和余热利用	(335)
6.5.5	设计和工艺控制	(336)
6.5.6	二次污染控制要求	(337)
6.5.7	影响因素	(338)
6.5.8	焚烧特点	(339)
6.5.9	污泥与垃圾混烧	(339)
6.5.10	危险废物焚烧	(340)
6.6	填埋技术	(344)
6.6.1	填埋原理	(344)
6.6.2	填埋方式和类别	(344)
6.6.3	填埋泥质的要求	(347)
6.6.4	卫生填埋	(348)
6.6.5	安全填埋	(351)
6.6.6	填埋特点	(356)
6.6.7	污泥填埋技术的发展趋势	(357)
6.7	其他处置技术	(358)
6.7.1	制作沼气	(358)
6.7.2	低温热解制燃料油	(359)
6.7.3	做黏结剂	(360)
6.7.4	替代部分纸浆造纸	(360)
6.7.5	制可降解塑料	(361)
6.7.6	制动物饲料	(362)

6.7.7	制吸附剂	(362)
6.7.8	干化造粒	(362)
第7章	污泥处理处置技术选择	(364)
7.1	污泥处理处置技术选择原则	(364)
7.1.1	污泥处理处置的原则	(364)
7.1.2	污泥处理处置设施规划建设的基本要求	(365)
7.1.3	污泥处理处置过程管理的基本要求	(366)
7.2	污泥处理技术的选择	(367)
7.2.1	处理技术比较	(367)
7.2.2	处理技术选择表	(369)
7.2.3	处理技术的要求	(369)
7.3	污泥处置工艺的选择	(370)
7.3.1	处置方式的选择	(370)
7.3.2	处置技术的比较	(372)
7.3.3	处置技术的要求	(373)
7.4	国内典型污泥处理处置方案	(374)
7.4.1	厌氧消化后进行土地利用	(374)
7.4.2	好氧发酵后进行土地利用	(375)
7.4.3	工业窑炉协同焚烧	(376)
7.4.4	机械热干化后进行焚烧	(376)
7.4.5	石灰稳定后进行填埋	(377)
7.4.6	脱水污泥直接填埋	(377)
7.4.7	典型污泥处理处置方案的综合评价	(378)
第8章	工程案例	(383)
8.1	污泥填埋处理处置案例	(383)
8.1.1	工程概况	(383)
8.1.2	处理系统设计	(383)
8.1.3	填埋库区设计	(385)
8.2	污泥焚烧处理处置案例	(387)
8.2.1	工程概况	(387)
8.2.2	污泥特性	(387)
8.2.3	方案介绍	(389)
8.3	污泥堆肥处理处置案例	(394)

8.3.1	工程概况	.....	(394)
8.3.2	工程设计	.....	(395)
8.3.3	工艺流程	.....	(395)
8.3.4	堆肥成品质量	.....	(399)
8.4	污泥深度脱水处理处置案例	.....	(399)
8.4.1	项目概况	.....	(399)
8.4.2	工艺流程	.....	(400)
8.4.3	工艺设计	.....	(401)
8.4.4	工艺特点	.....	(405)
参考文献			..... (408)
后记			..... (428)