

污泥处理与资源化丛书

污泥处理与资源化 应用实例

WUNI CHULI YU ZIYUANHUA
YINGYONG SHILI

曹伟华 孙晓杰 赵由才 主编



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

污泥处理与资源化 丛书

污泥处理与资源化应用实例

曹伟华 孙晓杰 赵由才 主编

北 京
冶金工业出版社
2010

内 容 简 介

本书结合污泥处理与资源化技术的基本原理,主要介绍了污泥处理与资源化利用概况、污泥处理处置规划实例、污泥预处理应用实例、污泥循环卫生填埋应用实例、污泥生物处理应用实例、污泥干化与焚烧应用实例、污泥资源化利用实例等内容。

本书是《污泥处理与资源化丛书》中的一册,可供从事污泥处理及资源化工程的设计人员、科研人员、管理人员和大中专院校师生参考阅读,也可作为大学相关专业的辅助教材。

图书在版编目(CIP)数据

污泥处理与资源化应用实例/曹伟华,孙晓杰,赵由才主编.
—北京:冶金工业出版社,2010.4
(污泥处理与资源化丛书)
ISBN 978-7-5024-5222-3

I. ①污… II. ①曹… ②孙… ③赵… III. ①污泥
处理—研究 ②污泥利用—研究 IV. ①X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 053055 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 钱文涛 美术编辑 张媛媛 版式设计 葛新霞

责任校对 刘 倩 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5222-3

北京印刷一厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2010 年 4 月第 1 版,2010 年 4 月第 1 次印刷

787 mm × 1092 mm 1/16; 9.75 印张; 230 千字; 140 页; 1-3000 册

32.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

《污泥处理与资源化丛书》

编 委 会

主 任 赵由才

委 员 许玉东 陈荔英 李 兵 张承龙 朱 英

张 华 王 星 赵天涛 王罗春 李 雄

李鸿江 顾莹莹 曹伟华 孙晓杰



丛书序言

随着社会经济的快速发展和城市化水平的不断提高,工业污水和生活污水的排放量日益增多,污水处理厂污泥产量急剧增加。据统计,2006年我国城市污水处理厂产生污泥(含水率80%)高达15000 kt,是生活垃圾清运量的8%。我国环境保护“十一五”规划明确要求,到2010年,所有城市的污水处理率不低于60%。我国住房和城乡建设部计划从2006年到2010年,新建城市污水处理厂1000余座,污水处理能力将由2005年的12000 kt/d增加到50000~60000 kt/d,污水处理厂污泥(含水率80%)年排放量将达到30000 kt。

另外,我国紧邻城市的河流和湖泊已经受到严重污染,含有高浓度重金属和有毒有机物的底泥急需挖掘、疏浚和处理。有些湖泊的底泥,其有机物含量很高,污水处理厂处理污泥的方法也适合于处理湖泊底泥。

为方便起见,本丛书把污水处理厂污泥和受到严重污染的河流湖泊底泥一起统称为污泥。但是,在可能的情况下,仍然会把污水处理厂污泥和河流湖泊底泥分别描述。

我国城市污水处理厂污泥处理起步较晚,与国外先进国家相比,我国的污泥处理和处置技术还有一定差距。我国大多数较早建设的污水处理厂没有完善的污泥处理系统,新建的规模较大的污水处理厂虽然一般都有比较完善的污泥处理工艺,但真正完全投入运行且运行情况良好的污水处理厂还不多,其中,利用污泥消化产生的沼气发电的就更少了。究其原因,一方面是我国经济实力所限;另一方面是我国污泥处理起步较晚,缺乏设计及运行经验,管理规范不健全、资金投入不足,缺少成套处理处置技术设备以及足够数量的管理和科技人才。

污泥中含水率很高,其中高含量有机物寄生着各种细菌、病毒和寄生生物,同时,污泥中还浓缩着锌、铜、铅和镉等重金属化合物以及有毒化合物、杀虫剂等。污泥结构的复杂多变性决定了对其进行高效处理存在一定的难度。

在污泥堆肥方面,通过添加木屑、块状物等材料增加污泥孔隙率,降低污泥含水率,以实现强制通风。污泥堆肥存在的主要问题是污泥所含重金属和盐量往往高于有机肥,使用受到限制。必须指出的是,未经适当处理的污泥,是不允许农用的,也无法作为绿化有机肥使用。

在污泥干化焚烧方面,一般采用相变干化技术,含水率可从80%下降到50%~60%,热值大幅度提高,从而实现污泥的高效焚烧。不过,因焚烧过程耗

能较大,所以限制了干化焚烧的应用。

在污泥厌氧发酵方面,技术比较成熟,一般厌氧发酵厂紧邻污水处理厂建设,厌氧发酵厂的沼液可回污水处理厂处理,也可进一步好氧堆肥后利用。厌氧发酵在我国存在的问题是二沉池污泥含有过多的砂和渣,在厌氧发酵过程中,这些砂和渣沉积在管道和发酵罐底部,严重堵塞管路。

在今后相当长的时间里,污泥卫生填埋仍然是我国污泥处理最重要的方法之一。一个城市在选择污泥出路时,首先应该考虑的就是卫生填埋。卫生填埋场建设周期短,投资相对较低,可以分期投入,管理方便,现场运行比较简单。另外,填埋场污泥降解速度较快,若干年后可进行开采和利用,腾出的空间可用来重新填埋新鲜污泥。因此,填埋场应视为污泥处理的反应器和中转站,而不是最终归宿,是一种低成本的可持续污泥处理方法。然而,污泥填埋作业也存在一些困难:由于脱水后污泥含水率仍较高,污泥在作业机械碾压时呈现很强的流变性,在污泥摊铺和压实过程中,压实机和推土机容易打滑甚至陷入泥中;另外,由于污泥中高含量的有机质的亲水性,在雨季进行污泥填埋后,可能导致填埋场成为人工沼泽地,使后续填埋作业无法进行,严重影响填埋场正常运行。

在污泥资源化方面,主要包括制砖、烧水泥、热解等,目前这些处理技术还在发展之中。污泥资源化的主要问题是消纳量偏小,污泥所含的盐影响了产品的质量和使用范围。

在受污染底泥的处理与资源化方面,工程应用实例极其有限。实际中,一些河流和湖泊的底泥疏浚后堆放在岸边而未加无害化处置,造成了二次污染。

近年来,我国陆续出版了几种关于污泥处理的著作,对污泥处理与资源化事业的发展起了重要的推动作用。然而,因缺乏相关资料,一些著作在污泥卫生填埋、堆肥、厌氧发酵方面的描述存在一些欠缺。本丛书根据作者多年来在污泥方面的研究成果,结合国内外的公开报道,系统地描述了污泥处理与资源化各方面的最新进展,力求避免已出版著作中的不足,理论联系实际,重在指导性和应用性。本套丛书主要内容包括污泥管理与控制政策、污泥表征与预处理技术、污泥循环卫生填埋技术、污泥生物处理技术、污泥干化与焚烧技术、污泥资源化利用技术及污泥处理与资源化应用实例等,可供从事污泥处理与资源化研究、技术研发、应用的人员参考。

赵由才
2009年12月



前言

随着城市污水处理厂和工业废水处理设施的日益完善,作为污水处理副产物的污泥产生量日益增多,其带来的现实问题也日益受到全社会的关注。

由于长期以来污泥排放没有得到严格的监管,同时,受污水处理设施建设发展水平和认识程度的限制,污泥处理处置技术的研究和应用工作在我国尚处于起步阶段,国内污泥处理现状一直不容乐观,主要表现在以下几个方面:(1)重污水处理,轻污泥处理。许多污水处理厂普遍将污水和污泥处理单元剥离开来,为了追求简单的污水处理率,尽可能地简化、甚至忽略了污泥处理处置单元。有的污水处理厂为了节省运行费用,还将已建成的污泥处理设施长期闲置,甚至将未做任何处理的湿污泥随意外运、简单填埋或堆放,给生态环境带来了极不安全的隐患。(2)污泥处理技术落后,设计水平较低。部分污水处理厂所采用的污泥处理技术与国外先进技术差距较大,有些污泥处理装置设计水平较低,运行工况不佳。(3)污泥处理管理水平低。由于污泥处理技术目前在起步阶段,部分污水处理厂的管理人员和操作人员缺乏可靠的污泥处理运行管理经验,人才队伍建设有待加强。

与此同时,众多科研院所、设计单位、污水处理厂等就污泥处理与资源化利用进行了广泛的研究和实践,形成了一批较为典型、具有推广价值和现实意义的应项目。本书结合污泥处理与资源化技术的基本原理,重点总结目前较为先进的污泥处理与资源化应用实例,在案例选择时,注重以下几个方面:

(1)选材全面。本书基本包括了目前较为实用的各种污泥处理技术,如干化焚烧、生物处理、卫生填埋、资源化利用等处理工艺。

(2)典型性与代表性。本书讲述的内容基本代表了国内外较为先进和典型的处理技术,如石洞口污水处理厂污泥处理工程,它是国内第一个污泥干化焚烧的案例,以及奥林匹克森林公园化粪池污泥与绿化废物共堆肥示范工程等。

(3)实用性。本书涵盖了从污泥规划到具体技术应用各方面内容,较为全面,可供相关人员开展类似污泥处理项目时参考。

实例永远在更新,本书仅选取了目前建成的部分项目作为实例,还有很多项目正在建设中或者将要建设。今后,随着污泥处理技术的进一步深化和发展,先进的污泥处理技术必将迎来广阔的应用前景。编者也会与全国的同行一道努力,理论联系实际,不断地学习、实践!

本书共分为7章,参加本书编写的人员有:上海市工程设计研究总院曹伟华(第1、2、6、7章),曹晶(第1.5节),卢骏营(第2.2节、第6章和第7章),方

建民、卢成洪(第4章);桂林理工大学孙晓杰(第1.5节,第3.1~3.3节和第3.5节,第5章),刘康怀(第3.3节);同济大学赵由才(第3.1节,第4.1节,第5.1节),牛冬杰(第2.4节);深圳市城市规划设计研究院有限公司唐圣钧(第2.3节);郑州大学曾科、广州市大坦沙污水处理厂余建恒(第3.2节);广州大学陈嘉愉(第3.3节);桂林市排水工程管理处北冲污水处理厂陈鲜、广州市自来水公司谢济明、苏州新区自来水公司陶伟峰、上海自来水市南有限公司长桥水厂张莹(第3.4节);海宁紫薇水务有限责任公司姚新卫(第3.5节);重庆川仪工程技术有限公司张小燕(第5.2节);宿迁市环境科学研究所蒋克彬(第5.3节);机械工业第六设计研究院宋永刚(第5.4节)。

本书由曹伟华、孙晓杰、赵由才担任主编,并负责统稿。在本书编写过程中,得到上海市政工程设计研究总院的大力支持,作者在此表示感谢。

书中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,并在此向他们表示感谢。

由于时间仓促,书中难免存在不足之处,敬请读者原谅,并提出建议和修改意见。

编 者
2009年12月



目 录

1 污泥处理与资源化利用概况	1
1.1 污泥的基本特性	1
1.1.1 污泥的来源和分类	1
1.1.2 污泥的基本性质	2
1.1.3 污泥的环境影响	4
1.2 污泥处理与资源化基本方法	4
1.2.1 污泥处理基本方法概述	4
1.2.2 污泥处置基本方法概述	6
1.3 污泥处理与资源化相关标准规范	8
1.3.1 污泥处理与资源化相关标准规范	8
1.3.2 相关标准规范解读	8
1.4 国内外污泥处理与资源化应用进展	16
1.4.1 国外污泥处理与资源化应用进展	16
1.4.2 国内污泥处理与资源化应用进展	19
1.4.3 国内污泥处理与资源化应用启示	21
1.5 国内外典型污泥处理工程案例简介	21
1.5.1 国外典型污泥处理工程简介	21
1.5.2 国内已建典型污泥处理工程简介	23
1.5.3 国内部分在建污泥处理处置工程简介	25
2 污泥处理处置规划实例	33
2.1 污泥处理处置规划编制要点	33
2.1.1 污泥的产生量预测	33
2.1.2 污泥处理处置思路和主体工艺	36
2.1.3 污泥处理处置设施布局	41
2.2 上海市污泥处理处置规划实例	41
2.2.1 城市概况与污泥处理处置现状	41
2.2.2 污泥处理处置规划原则	45
2.2.3 污泥处理处置规划方案	45
2.2.4 近期实施计划	47
2.3 深圳市污泥处理处置规划实例	48
2.3.1 城市概况与污泥处理处置现状	48
2.3.2 污泥处理处置规划原则	48
2.3.3 污泥处理处置规划方案	48

2.3.4 近期实施计划	50
2.4 常熟城市污泥处理处置规划实例	50
2.4.1 城市概况与污泥处理处置现状	50
2.4.2 污泥处理处置规划原则	51
2.4.3 污泥处理处置规划方案	51
2.4.4 近期实施计划	52
3 污泥预处理应用实例	53
3.1 污泥预处理基本原理和方法	53
3.1.1 污泥调理	53
3.1.2 污泥浓缩	53
3.1.3 污泥脱水	54
3.2 污泥浓缩应用实例	56
3.2.1 浓缩池的应用	56
3.2.2 带式浓缩机的应用	57
3.2.3 离心浓缩机的应用	57
3.3 污泥调理应用实例	58
3.3.1 絮凝剂调理的应用	58
3.3.2 加热调理的应用	59
3.4 污泥脱水应用实例	60
3.4.1 卧螺离心脱水机的应用	60
3.4.2 离心脱水机的应用	62
3.4.3 带式压滤机的应用	63
3.4.4 板框压滤机的应用	65
3.5 污泥固化和稳定化应用实例	67
3.5.1 概况	67
3.5.2 污泥固化和稳定化技术厂内的应用	67
4 污泥卫生填埋应用实例	69
4.1 污泥卫生填埋方法	69
4.1.1 污泥填埋概述	69
4.1.2 混合填埋	70
4.1.3 单独填埋	71
4.2 污泥填埋预处理实例	72
4.2.1 污泥深度脱水工艺实例	73
4.2.2 污泥固化和稳定化应用实例	73
4.3 污泥填埋作业工艺实例	76
4.3.1 污泥填埋作业工艺特点	76
4.3.2 填埋作业工艺	76
4.4 污泥单独填埋实例	78

4.4.1	项目概况	78
4.4.2	项目规模	78
4.4.3	预处理方法	78
4.4.4	主要作业工艺简介	78
4.5	污泥混合填埋实例	78
4.5.1	长兴岛生活垃圾综合处理厂一期工程	78
4.5.2	上海老港填埋场污泥与矿化垃圾混合填埋工程	79
5	污泥生物处理应用实例	83
5.1	污泥生物处理基本原理和方法	83
5.1.1	污泥厌氧消化	83
5.1.2	污泥好氧消化	84
5.1.3	污泥好氧堆肥	85
5.1.4	生物捕食的污泥减量化	85
5.2	污泥厌氧消化应用实例	85
5.2.1	工程概述	85
5.2.2	污泥处理与沼气系统工艺	85
5.2.3	运行记录与分析	89
5.3	好氧消化应用实例	90
5.3.1	工程概况	90
5.3.2	好氧消化池的设计	90
5.3.3	调试及运行	91
5.3.4	运行费用	91
5.4	污泥好氧堆肥应用实例	91
5.4.1	工程概况	92
5.4.2	工艺流程	92
5.4.3	主要建设内容	92
5.4.4	发酵工艺	93
5.4.5	混料	93
5.4.6	除臭	94
5.4.7	小结	94
6	污泥干化与焚烧应用实例	95
6.1	污泥干化焚烧基本原理和方法	95
6.1.1	污泥干化基本原理及方法概述	95
6.1.2	污泥焚烧基本原理及方法概述	97
6.2	污泥干化应用实例	99
6.2.1	污泥热干燥造粒技术	99
6.2.2	污泥涡轮干燥技术	99
6.2.3	流化床干化技术	100

6.2.4 爱雪唯斯流化床干化技术	101
6.2.5 EcoDry 技术	102
6.2.6 带式污泥干化技术	102
6.2.7 珍珠干化技术	103
6.2.8 组合式两级干化技术	104
6.2.9 转盘式干化技术	105
6.2.10 桨叶式蒸汽干化技术	106
6.2.11 喷雾干化技术	107
6.2.12 热干燥技术	107
6.3 污泥单独焚烧应用实例	108
6.4 污泥干化焚烧应用实例	108
6.4.1 干化处理的特点	110
6.4.2 污泥焚烧采用的烟气排放标准	110
6.4.3 工艺流程说明	110
6.5 工业污泥干化焚烧应用实例	117
6.5.1 项目概况	117
6.5.2 处理对象和规模	117
6.5.3 工艺流程	118
6.5.4 项目调试	119
7 污泥资源化利用实例	123
7.1 污泥资源化利用基本原理和方法	123
7.1.1 污泥资源化利用基本原理	123
7.1.2 污泥资源化方法概述	123
7.2 污泥土地利用实例	125
7.2.1 参考标准	125
7.2.2 污泥土地利用概况	125
7.2.3 污泥土地利用主要指标	126
7.3 污泥建筑材料利用实例	130
7.3.1 参考标准	130
7.3.2 污泥建筑材料利用概述	130
7.3.3 污泥制砖	131
7.3.4 污泥制水泥	133
7.3.5 污泥制陶粒等轻质材料	135
7.4 污泥作为填埋场覆盖材料实例	137
7.4.1 参考标准	137
7.4.2 污泥用作填埋场覆盖材料应用	137
参考文献	139

1 污泥处理与资源化利用概况

1.1 污泥的基本特性

污泥(sludge)通常是指污水处理过程所产生的含水固体沉淀物质。其物质组成包括:(1)水分:含水量达95%左右或更高;(2)挥发性物质和灰分:前者是有机杂质,后者是无机杂质;(3)病原体:如细菌、病毒和寄生虫卵等,这些病原体大量存在于生活污水、医院污水、食品工业废水和制革工业废水等的污泥中;(4)有毒物质:如氰、汞、铬或某些难分解的有毒有机物。

在污水处理过程中,将污染物与污水分离,在完成污水的净化的同时,产生了大量污泥。这些污泥中含有各种污染物质,如果不加以有效的处理处置,仍然会污染环境,同时,污泥又是一种特殊的废物,若经适当处理,可以成为资源加以利用。因此,污泥的处理与资源化是目前环境工程和给排水专业研究的重点领域之一,是水处理和固废处理领域共同的课题,是给水厂及污水处理厂投资建设的重点方向,也是业内日益关注的热点问题和发展重点。

1.1.1 污泥的来源和分类

1.1.1.1 污泥的来源

污泥一般来自于市政给排水处理系统和工业废水处理系统。前者包括给水、雨水、生活污水等收集处理处置过程,所产生的污泥称为市政污泥。后者来自于厂矿企业所产生的污泥称为工业污泥。工业废水本身性质多变,处理工艺各异,导致工业污泥来源环节和性质复杂,而市政污泥则来源相对确定,通常包括以下几种:

- (1) 水厂污泥:来自于自来水厂水处理工艺;
- (2) 污水污泥:来自于污水处理厂污泥,包括初沉污泥、剩余活性污泥、化学污泥等;
- (3) 疏浚污泥:来自于河道疏浚产生的河道底泥;
- (4) 通沟污泥:来自于城市排水管道通沟污泥;
- (5) 栅渣:来自泵站。

在上述各种污泥中,污水污泥产量最大,对环境的不良影响最大,处理处置的难度最大,目前也是人们最关心的污泥种类。污水污泥处理已经成为当前污水处理的重点、难点和热点问题。因此,在排水或市政行业所说的污泥通常指的是污水污泥,因此,本书描述的主要是污水污泥。

除污水污泥外,通沟污泥也是不可忽略的。通沟污泥的处理在国内刚刚起步,但随着城市排水系统的治理和完善,在保持城市暴雨时下水道畅通的同时,通沟污泥量也在逐渐增大。

1.1.1.2 污泥的分类

由于污泥的来源和水处理方法的不同,产生的污泥性质不一,导致污泥的种类较多,分

类较为复杂,目前一般有下列几种常用的分类。

A 按产生源头分类

按产生源头可分为:

- (1) 工业废水处理厂污泥(简称工业污泥);
- (2) 自来水厂污泥(简称水厂污泥);
- (3) 城市污水处理厂污泥(简称污水污泥);
- (4) 河道疏浚产生的污泥(简称疏浚污泥);
- (5) 城市排水系统通沟污泥(简称通沟污泥);
- (6) 泵站系统栅渣(简称栅渣)。

B 污水污泥进一步分类

a 按性质

按性质可将污水污泥分为以有机物为主的污泥和以无机物为主的沉渣。

(1) 有机污泥:以有机物为主的污泥(有机物占 60% 以上),如生活污水处理过程产生的混合污泥,工业废水处理过程产生的生物处理污泥等。有机污泥流动性好,管道输送容易,但脱水性能差。

(2) 无机污泥:以无机物为主的污泥,如混凝沉淀污泥、化学沉淀污泥、沉砂池的沉渣等。无机污泥流动性差,但容易脱水。

b 按处理工艺

按处理工艺可分为初沉污泥、剩余污泥、消化污泥和化学污泥。

(1) 初沉污泥(primary sludge):指一级处理过程中产生的污泥,也就是在初沉池中沉淀下来的污泥,含水率一般为 96% ~ 98%。

(2) 剩余污泥(surplus sludge):指在生化处理工艺等二级处理过程中排放的污泥,含水率一般为 99.2% 以上。

(3) 消化污泥(digested sludge):指初沉污泥、剩余污泥经消化处理后达到稳定化、无害化的污泥,其中的有机物大部分被消化分解,因而不易腐败,同时污泥中的寄生虫卵和病原微生物被杀灭。

(4) 化学污泥(chemical sludge):是指絮凝沉淀和化学深度处理过程中产生的污泥,如石灰法除磷、酸、碱废水中和以及电解法等产生的沉淀物。

1.1.2 污泥的基本性质

正确把握污泥的性质是科学合理地进行污泥处理与资源化应用的前提条件,只有根据污泥的性质,才能正确选择有效的处理工艺和资源化设施。

1.1.2.1 物理特性

污泥是由水中悬浮固体经不同方式胶结凝聚而成的,结构松散,形状不规则,比表面积与孔隙率极高(孔隙率常大于 99%),含水量高,脱水性差。外观上具有类似绒毛的分支与网状结构。

1.1.2.2 化学特性

生物污泥以微生物为主体,同时包括混入生活污水的泥沙、纤维、动植物残体等固体颗粒以及可能吸附的有机物、金属、病菌、虫卵等物质。污泥中也含有植物生长发育所需的氮、

磷、钾及维持植物正常生长发育的多种微量元素和能改良土壤结构的有机质。

1.1.2.3 污泥中水的存在形式及其性质

污泥中的水分有四种形态:表面吸附水、间隙水、毛细结合水和内部结合水。毛细结合水又分为裂隙水、空隙水和楔形水。

表面张力作用吸附的水分为表面吸附水。

间隙水一般要占污泥中总含水量的 65% ~ 85%, 这部分水是污泥浓缩的主要对象。

毛细结合水: 浓缩作用不能将毛细结合水分离, 分离毛细结合水需要有较高的机械作用力和能量, 如真空过滤、压力过滤、离心分离和挤压等方法可去除这部分水分。各类毛细结合水约占污泥中总含水量的 15% ~ 25%。

内部结合水: 指包含在污泥微生物细胞体内的水分, 含量多少与污泥中微生物细胞体所占的比例有关。去除这部分水分必须破坏细胞膜, 使细胞液渗出, 由内部结合水变为外部液体。内部结合水一般只占污泥总含水量的 10% 左右。

1.1.2.4 生物利用特性

一般污水处理厂产生的污泥为含水量在 75% ~ 99% 不等的固体或流体状物质。其中的固体成分主要由有机残片、细菌菌体、无机颗粒、胶体及絮凝所用药剂等组成, 是一种以有机成分为主, 组分复杂的混合物。污泥中包含有潜在利用价值的有机质、氮(N)、磷(P)、钾(K)和各种微量元素, 见表 1-1。

表 1-1 不同种类的污泥营养物质含量范围

%

污泥类型	总氮(TN)	磷(按 P_2O_5 计)	钾(K)	腐殖质
初沉污泥	2.0 ~ 3.4	1.0 ~ 3.0	0.1 ~ 0.3	33
生物滤池污泥	2.8 ~ 3.1	1.0 ~ 2.0	0.11 ~ 0.8	47
活性污泥	3.5 ~ 7.2	3.3 ~ 5.0	0.2 ~ 0.4	41

1.1.2.5 热值特性

除了污泥中的营养元素可以作为生物处理的基础外, 污泥还具有一定的燃烧热值特性, 见表 1-2。污泥的燃烧热值特性表明, 干污泥具有较高的热值, 该特性也为污泥的干化焚烧及资源化利用奠定了基础。

表 1-2 典型污泥燃烧热值

污泥种类		每 1 kg 污泥干重的燃烧热值/kJ
初沉污泥	生污泥	15000 ~ 18000
	经消化	7200
初沉污泥与活性污泥混合	新鲜	17000
	经消化	7400
初沉污泥与生物膜污泥混合	生污泥	14000
	经消化	6700 ~ 8100
生污泥		14900 ~ 15200
剩余污泥		13300 ~ 24000

1.1.3 污泥的环境影响

污泥有机物含量高,易腐烂,有强烈的臭味,并且含有寄生虫卵、病原微生物和铜、锌、铬、汞等重金属以及盐类、多氯联苯、二恶英、放射性核素等难降解的有毒有害物质,如不加以妥善处理,任意排放,将会造成二次污染。

污泥中主要污染物质简单介绍如下。

1.1.3.1 有机污染物

污泥中有机污染物主要有苯、氯酚、多氯联苯(PCBs)、多氯二苯并呋喃和多氯二苯并二恶英(PCDD/PCDF)等。污泥中含有的有机污染物不易降解、毒性残留长,这些有毒有害物质进入水体与土壤中将造成环境污染。

1.1.3.2 病原微生物

污水中的病原微生物和寄生虫卵经过处理会进入污泥,污泥中病原体对人类或动物的污染途径包括:(1)直接与污泥接触;(2)通过食物链与污泥直接接触;(3)水源被病原体污染;(4)病原体首先污染了土壤,然后污染水体。

1.1.3.3 重金属

在污水处理过程中,70%~90%的重金属元素会通过吸附或沉淀而转移到污泥中。

一部分重金属元素主要来源于工业排放的废水,如镉、铬;另一部分重金属来源于家庭生活的管道系统,如铜、锌等。

1.1.3.4 其他危害

污泥对环境的二次污染还包括污泥盐分的污染和氮、磷等养分的污染。污泥含盐量较高时,会明显提高土壤电导率,破坏植物养分平衡,抑制植物对养分的吸收,甚至对植物根系造成直接的伤害。在降雨量较大,且土质疏松的地区大量施用富含氮、磷等的污泥之后,当有机物的分解速度大于植物对氮、磷的吸收速度时,氮、磷等养分就有可能随水流失而进入地表水体造成水体的富营养化,或进入地下引起地下水的污染。

1.2 污泥处理与资源化基本方法

1.2.1 污泥处理基本方法概述

污泥处理是对污泥进行稳定化、减量化处理的过程,一般包括浓缩、脱水、稳定(厌氧消化、好氧消化、堆肥)和干化、焚烧等。污泥浓缩、脱水、干化主要是降低污泥水分,干固体没有发生减量变化;污泥稳定主要是分解降低干固体中有机物数量,水分几乎没有变化;污泥焚烧是完全消除有机物、可燃物质和水分,是最彻底的稳定化、减量化。

1.2.1.1 污泥浓缩

污泥浓缩主要是去除污泥颗粒间的间隙水,浓缩后的污泥含水率为95%~98%,污泥仍然可保持流体特性。

我国过去的一些污水处理厂常采用重力浓缩池进行污泥浓缩,兼顾污泥匀质和调节,重力浓缩电耗低、无药耗,运行成本低;但随着脱氮除磷要求的提高,重力浓缩时间长、易释磷,重力浓缩池上清液回流至进水,增加污水处理的磷负荷,因此,新建污水处理厂大部分采用机械浓缩,有些小型污水处理厂采用更简便的浓缩脱水一体机。

1.2.1.2 污泥机械脱水

污泥机械脱水主要是去除污泥颗粒间的毛细水,机械脱水后的污泥含水率为65%~80%,呈泥饼状。

机械脱水设备主要有带式压滤机、板框压滤机和卧螺沉降离心机。

采用污泥填埋时,污泥脱水可大大减少污泥的堆积场地、节约运输过程中发生的费用;在对污泥进行堆肥处理时,污泥脱水能保证堆肥顺利进行(堆肥过程中一般要求污泥有较低的含水率);如若进行污泥焚烧,污泥脱水率高可大大减少热能消耗。

但是,污泥成分复杂、相对密度较小、颗粒较细,并往往是胶态状况,决定了其不易脱水的特点,所以到目前为止,污泥脱水程度的进一步提高是国内外研究的热门课题。

带式压滤机电耗低,板框压滤机滤饼含水率低,卧螺沉降离心机对污泥流量波动的适应性强、密闭性能好、处理量大、占地小。我国新建污水处理厂大多采用离心机、带式压滤机和板框压滤机,小型污水处理厂一般采用浓缩脱水一体机。

1.2.1.3 污泥干化

污泥干化主要是去除污泥颗粒间的吸附水和内部水,干化后的污泥呈颗粒状或粉末状。

自然干化由于占用较多土地,而且受气候条件影响大、散发臭味,在污水处理厂污泥处理中已不多采用。

机械干化主要是利用热能进一步去除脱水污泥中的水分,是污泥与热媒之间的传热过程。机械干化分为全干化(含固率大于90%)和半干化(含固率小于90%)。

污泥含水率在40%~50%范围时,污泥流变学特征发生显著变化,污泥的黏滞性较强,而导致输送性能很差。

在干化过程中,污泥逐步失去水分而形成颗粒状,在低含水率时具有较大的表面积。

当污泥逐步形成颗粒时,表面比内部干燥,内部水的蒸发越加困难,随着含水率的降低,蒸发效率也逐渐降低。

根据污泥与热媒之间的传热方式,污泥干化分为对流干化、传导干化和热辐射干化。在污泥干化行业主要采用对流和传导两种方式,或者两者相结合的方式。另外,对流形式的干化机由于热媒与蒸发出的水汽、副产气一同排出干化机,排出气体量大,增加后续处理负担。

1.2.1.4 污泥稳定

污泥稳定是指去除污泥中的部分有机物质或将污泥中的不稳定有机物质转化为较稳定物质,使污泥的有机物含量减少40%以上,不再散发异味,即使污泥以后经过较长时间的堆置,其主要成分也不再发生明显的变化。

污泥稳定方法包括厌氧消化、好氧消化和堆肥等方法。

厌氧消化是在无氧条件下,污泥中的有机物由厌氧微生物进行降解和稳定的过程。为了减少工程投资,通常将活性污泥浓缩后再进行消化,在密闭消化池内的缺氧条件下,一部分菌体逐渐转化为厌氧菌或兼性菌,降解有机污染物,污泥逐渐被消化掉,同时放出热量和甲烷气。经过厌氧消化,可使污泥中部分有机物质转化为甲烷,同时可消灭恶臭及各种病原菌和寄生虫,使污泥达到安全稳定的程度。在污泥厌氧消化工艺中,以中温消化(33~35℃)最为常用。

在欧洲和北美洲的污水处理厂,污泥厌氧消化的成功案例较多。在我国,杭州四堡污水