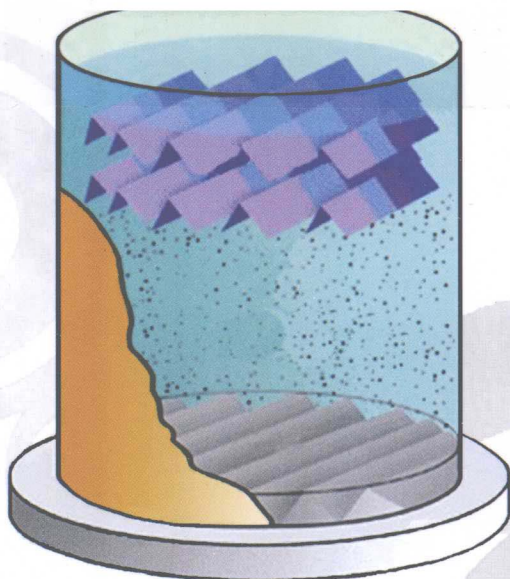


污泥处理与资源化丛书

# 污泥生物处理技术

WUNI SHENGWU CHULI JISHU

王星 赵天涛 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

# 污泥生物处理技术

王 星 赵天涛 赵由才 主编

北 京  
冶 金 工 业 出 版 社  
2010

## 内 容 简 介

本书内容包括污泥的厌氧消化产甲烷技术、厌氧消化过程的理论模型、污泥厌氧消化产甲烷的工程设计与实例、污泥厌氧消化产氢技术、污泥堆肥技术和污泥的蚯蚓生态处置技术和常用检测方法。

本书是《污泥处理与资源化丛书》中的一册,适合从事污泥厌氧消化技术、污泥生物堆肥技术等工程设计人员和管理人员,以及大中专师生和科研人员参考阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

污泥生物处理技术/王星,赵天涛,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 978-7-5024-5218-6

I. ①污… II. ①王… ②赵… ③赵… III. ①污泥  
处理:生物处理 IV. ①X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 045231 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 978-7-5024-5218-6

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; 10.75 印张; 253 千字; 154 页

35.00 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)



## 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,在污泥推铺和压实过程中,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

剩余污泥含有大量的营养元素,如氮、磷和各种微量元素,同时也含有难降解有机物、重金属以及病原微生物和寄生虫卵等有害污染物。剩余污泥处理不当将会带来二次污染,引起地下水、地表水以及空气污染,且剩余污泥体积庞大,将消耗大量的土地资源,严重的会引起一个地区的生态破坏。因为污泥含水率可达到90%,呈胶体状结构,非常不易脱水,有机质性质不稳定,易腐败发臭,有毒有害污染物(主要指重金属和有毒有机物)容易释放到环境中。正是由于污泥具有高含水率、不易脱水、有机质含量高、易腐败发臭的特点,使得厌氧消化等生物处理方法逐渐成为污泥处理与处置的首选技术。厌氧发酵可以很好地改善污泥的特性,增加脱水特性,并去除部分有机质。随着能源和资源问题的不断恶化,污泥所含有有机质和营养物质正逐渐成为现代社会可持续发展的重要资源,通过合理的技术来实现污泥的减量化、无害化和资源化,是最合理的污泥处理处置技术的发展方向。厌氧发酵产生的沼气或氢是一种优质清洁能源,剩余污泥通过厌氧发酵制取能源已经被视为很好的污泥处理途径。

除了厌氧消化外,将污泥用作肥料已被许多国家大量采用。在农业应用污泥的比例方面,法国为60%、丹麦为54%、西班牙为50%、英国为44%、美国为26%,但我国污泥农用的比例较小(不足10%)。在美国,许多污水处理厂先将污泥进行生物堆肥,再经干燥及颗粒化后成为商品,这种颗粒肥易于同其他肥料混合,便于运输及使用。目前,影响污泥农用的主要因素是污泥中含有的病原体、难降解有机物以及重金属污染物等,而生物堆肥法是减少上述污染因素的有效措施之一,该方法是国际上从20世纪60年代迅速发展起来的一项新兴生物处理技术。它利用不同的微生物对污泥中易腐有机物进行生物降解,使剩余污泥成为具有良好稳定性的腐殖土状肥料。因此,污泥的生物堆肥法的应用将为污水处理厂的剩余污泥提供一个良好的绿色处理途径。为此,我们根据近些年的研究成果、国内外最新研究进展及应用情况整理、汇总,编撰成书,以期对我国城市污泥的资源化利用起到积极的推动作用。

本书共分八章,分别对污泥的来源、性质以及污泥的厌氧消化产甲烷、污泥的好氧堆肥做了详细介绍,同时也将目前热门的污泥生物处理制氢以及污泥的蚯蚓处置融入本书,拓宽了污泥生物处理法的范围。本书第1章由徐菲、曹楠楠、王星编写;第2章由徐菲、王星编写;第3章由王平阳、李庆林编写;第4章由赵天涛、王星编写;第5章由徐菲、王星、赵由才编写;第6章由徐菲、孙旭、王星编写;第7章由徐菲、王星编写;第8章由王星编写。全书由王星、赵天涛和赵由才任主编,并负责编写和统稿工作。

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,在此向他们表示感谢。同时还要感谢上海齐耀动力技术有限公司薛飞博士、李冰高级工程师和刘宇高级工程师对本书编写过程的大力支持。

由于时间仓促,书中存在不足之处,敬请读者原谅并提出建议和修改意见。

编 者  
2009年12月

# 《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





# 目 录

<b>1 概论</b> .....	1
1.1 污泥的来源与分类 .....	1
1.1.1 城市污泥的来源 .....	1
1.1.2 城市污泥的分类 .....	2
1.1.3 城市污泥的性质 .....	3
1.2 城市污泥的处理与处置工艺 .....	7
1.2.1 城市污泥的处理工艺 .....	8
1.2.2 城市污泥的处置工艺 .....	14
1.2.3 污泥的资源化利用 .....	16
1.2.4 污泥的减量化技术 .....	17
1.3 城市污泥的生物处理与处置现状 .....	20
1.3.1 国内对城市污泥的生物处理与处置现状 .....	20
1.3.2 国外对城市污泥的生物处理与处置现状 .....	21
1.4 适合生物方法处理的污泥性质 .....	22
1.4.1 生物处理法对城市污泥性质的要求 .....	22
1.4.2 不适合生物方法处理的污泥类别 .....	23
<b>2 污泥的厌氧消化产甲烷技术</b> .....	24
2.1 污泥厌氧消化机理 .....	24
2.1.1 污泥厌氧消化阶段学说 .....	24
2.1.2 污泥厌氧消化的微生物学原理 .....	26
2.2 污泥厌氧消化产甲烷的工艺 .....	31
2.2.1 一段式厌氧消化工艺 .....	31
2.2.2 两相厌氧消化工艺 .....	31
2.2.3 三阶段污泥厌氧消化工艺 .....	34
2.3 影响污泥厌氧消化产甲烷的因素 .....	35
2.3.1 pH 值 .....	35
2.3.2 碱度 .....	35
2.3.3 丙酸 .....	35
2.3.4 搅拌 .....	36
2.3.5 重金属 .....	36
2.3.6 碳氮摩尔比 .....	37
2.3.7 温度 .....	38

2.3.8	氧化还原电位	38
2.3.9	挥发性脂肪酸	38
2.3.10	水力停留时间与有机负荷	39
2.4	污泥厌氧消化产甲烷技术进展	39
2.4.1	污泥厌氧消化产甲烷研究现状	39
2.4.2	污泥厌氧消化处理存在的主要问题	41
<b>3</b>	<b>厌氧消化过程的理论模型</b>	<b>43</b>
3.1	污泥厌氧消化产甲烷动力学原理	43
3.1.1	概述	43
3.1.2	厌氧消化动力学原理	43
3.2	污泥厌氧消化模型的参数求解	49
3.2.1	模型参数求解的方法	49
3.2.2	微分法求解动力学参数	50
3.2.3	遗传算法在求解动力学参数中的应用	50
<b>4</b>	<b>污泥厌氧消化产甲烷的工程设计与实例</b>	<b>55</b>
4.1	完全混合式(CSTR)反应器	55
4.1.1	完全混合式反应器的基本构造	55
4.1.2	完全混合式反应器的运行实例	56
4.2	UASB 反应器	60
4.2.1	UASB 原理	60
4.2.2	UASB 反应器的构成	60
4.2.3	UASB 反应器的主要设备	61
4.2.4	其他设计考虑	67
4.2.5	附属设备	68
4.3	卵形反应器	69
4.3.1	卵形反应器的基本构造	69
4.3.2	卵形反应器的设计计算	69
4.3.3	卵形反应器的运行实例	72
4.4	IC 反应器	74
4.4.1	IC 厌氧反应器	74
4.4.2	IC 反应器的运行实例	76
<b>5</b>	<b>污泥厌氧消化产氢技术</b>	<b>78</b>
5.1	污泥厌氧消化产氢技术进展	78
5.1.1	对生物制氢的认识	78
5.1.2	国内外对污泥厌氧消化产氢的研究	79
5.1.3	国内外污泥厌氧消化产氢趋势	80

5.2	污泥厌氧消化产氢的机理	81
5.2.1	厌氧消化产氢的微生物学原理	81
5.2.2	影响污泥厌氧消化产氢的因素	84
5.3	污泥厌氧消化产氢工艺	89
5.3.1	预处理工艺	89
5.3.2	污泥消化添加剂工艺	91
6	污泥堆肥技术	93
6.1	污泥制肥技术的研究进展与应用前景	93
6.1.1	污泥堆肥的研究进展	93
6.1.2	污泥堆肥的应用前景	97
6.2	污泥好氧堆肥的原理	98
6.2.1	污泥堆肥的原理	98
6.2.2	污泥堆肥过程的物质变化	101
6.2.3	污泥及污泥堆肥农业利用的效果	103
6.3	污泥好氧堆肥的工艺控制参数	103
6.3.1	原料	103
6.3.2	水分	104
6.3.3	碳氮摩尔比	104
6.3.4	pH 值	105
6.3.5	粒度	105
6.3.6	氧气浓度	106
6.3.7	发酵温度	106
6.3.8	重金属含量的控制	106
6.3.9	持久性有机污染物的控制	107
6.4	污泥堆肥的重金属问题	109
6.4.1	污泥中的重金属污染及研究状况	109
6.4.2	污泥中重金属活性的控制	109
6.4.3	污泥堆肥中重金属残留解决方案	110
7	污泥的蚯蚓生态处置技术	112
7.1	蚯蚓处理处置污泥的原理	112
7.1.1	蚯蚓的生理特性	112
7.1.2	蚯蚓的活动规律	114
7.2	蚯蚓处理处置污泥的工艺	116
7.2.1	坑池式处置法	117
7.2.2	箱式处置法	118
7.2.3	蚯蚓生物滤池	119
7.3	蚯蚓处置污泥的操作方法	120

7.3.1	处置前的准备工作 .....	120
7.3.2	污泥预处理 .....	121
7.3.3	日常管理 .....	123
<b>8</b>	<b>常用检测方法 .....</b>	<b>127</b>
8.1	COD <sub>Cr</sub> 的密封催化消解法 .....	127
8.1.1	范围 .....	127
8.1.2	原理 .....	127
8.1.3	水样的采集与保存 .....	127
8.1.4	试剂 .....	127
8.1.5	仪器 .....	128
8.1.6	操作步骤 .....	128
8.1.7	结果计算 .....	128
8.1.8	注意事项 .....	128
8.2	生化需氧量(BOD <sub>5</sub> )的测定——稀释与接种法 .....	129
8.2.1	范围 .....	129
8.2.2	定义 .....	129
8.2.3	原理 .....	130
8.2.4	试剂 .....	130
8.2.5	仪器 .....	131
8.2.6	样品的贮存 .....	131
8.2.7	操作步骤 .....	132
8.2.8	结果计算 .....	133
8.3	碱度(总碱度、重碳酸盐和碳酸盐)的测定——酸碱滴定法 .....	133
8.3.1	范围 .....	133
8.3.2	原理 .....	134
8.3.3	干扰及消除 .....	134
8.3.4	方法的适用范围 .....	134
8.3.5	试剂 .....	135
8.3.6	仪器 .....	135
8.3.7	操作步骤 .....	135
8.3.8	结果计算 .....	135
8.4	碱度(总碱度、重碳酸盐和碳酸盐)的测定——电位滴定法 .....	137
8.4.1	范围 .....	137
8.4.2	原理 .....	137
8.4.3	试剂 .....	137
8.4.4	仪器 .....	138
8.4.5	操作步骤 .....	138
8.4.6	结果计算 .....	138

8.4.7 精密度与准确度 .....	138
8.5 总氮的测定——碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法 .....	139
8.5.1 范围 .....	139
8.5.2 定义 .....	139
8.5.3 原理 .....	139
8.5.4 试剂 .....	139
8.5.5 仪器和设备 .....	140
8.5.6 试样制备 .....	140
8.5.7 操作步骤 .....	140
8.5.8 结果计算 .....	141
8.6 氨氮的测定——纳氏试剂比色法 .....	141
8.6.1 范围 .....	141
8.6.2 原理 .....	142
8.6.3 试剂 .....	142
8.6.4 仪器 .....	143
8.6.5 采样及样品 .....	143
8.6.6 操作步骤 .....	143
8.6.7 结果计算 .....	144
8.6.8 样品的蒸馏预处理(补充件) .....	145
8.7 总磷的测定——钼酸铵分光光度法 .....	145
8.7.1 范围 .....	145
8.7.2 原理 .....	145
8.7.3 试剂 .....	146
8.7.4 仪器 .....	146
8.7.5 试样制备 .....	146
8.7.6 操作步骤 .....	147
8.7.7 结果计算 .....	148
参考文献 .....	149

# 1 概 论

随着我国城市化进程的加快和环境质量标准的提高,污水处理率和处理程度逐年提高,污泥产生量也急剧增加。随着环境保护和可持续发展的观念日益深入人心,作为环境保护重要组成部分的污水污泥治理的力度也必将加大。据统计,我国现有不同规模、不同处理程度的污水处理厂 537 座,年处理能力约为  $145 \times 10^8$  t,每年排放的污泥量相当大,而且年增长率大于 10%。如果城市污水全部得到处理,将产生污泥量(干重)为 8400 kt,占我国总固体废弃物的 3.2%。根据相关预测,我国城市污水量在未来还将会有较大幅度的增长,2010 年污水排放量将达到  $440 \times 10^8$  m<sup>3</sup>/d,2020 年污水排放量将达到  $536 \times 10^8$  m<sup>3</sup>/d。在处理污水的同时会有大量的污泥产生,一座普通的二级污水处理厂,产生的污泥体积约占总处理污水量的 0.3% ~ 0.5% (以含水率为 97% 计)或约为污水处理质量的 1% ~ 2%,如对污水进行深度处理,污泥量还可能增加 0.5 ~ 1.0 倍。大量的污泥产生,不但加大了处理难度,还提高了处置费用。

作为污水处理过程中的必然产物,污泥的成分很复杂,是由多种微生物形成的菌胶团与其吸附的有机物和无机物组成的集合体,除含有大量的水分(95% ~ 99%)外,还含有难降解的有机物、挥发性物质、重金属和盐类,以及病原体和寄生虫卵等,必须及时处理与处置,才能保证污水处理厂的正常运行和处理效果,避免造成二次污染。随着污水处理设施的普及、处理量的增加、处理标准的提高和处理功能的拓展,污泥的产生量还将会大幅度地增加。

在经济发达国家,污泥处理处置是极其重要的环节,其投资约占污水处理厂总投资的 50% ~ 70%。在我国现有的污水处理设施中,有污泥稳定处理设施的还不到 25%,处理工艺和配套设备较为完善的还不到 10%,其中能够正常运行的为数不多,特别是在城市化水平较高的大城市与地区,污泥出路问题已经十分突出。因而,如何将产生量巨大、成分复杂的污泥经过科学处理后,使其减量化、无害化、资源化,已成为我国乃至全世界环境界深为关注的课题之一。

## 1.1 污泥的来源与分类

### 1.1.1 城市污泥的来源

在城市污水和工业废水处理的过程中,不可避免地会产生相当多的沉淀物和漂浮物。有的是在处理过程中产生的,如化学沉淀污泥与生物化学法产生的活性污泥或生物膜,有的是从污水中直接分离出来的,如沉沙池中的沉渣、初次沉淀池中的沉淀物、隔油池和浮选池中的油渣等。首先,城市污水污泥的第一个来源是进入污水处理厂的悬浮物,在初次沉淀池中,大约 50% 的悬浮物成为初沉污泥被去除,初沉污泥极易腐烂变臭,含水率一般为 96%。其次,在城市二级污水处理厂中,通常由生物法将高能量的污染物转换为低能量的物质,其中仅能将很少一部分高能有机物转变成二氧化碳和水,而绝大部分有机物则导致了微生物的增殖。而微生物(主要是细菌)利用碳源来进行生命活动并繁殖后代,因此,城市二级污水处理厂的运行必然产生过剩的微生物,我们称之为剩余活性污泥(WAS, waste activated

sludge)。剩余活性污泥以有机物为主(约占 60% ~ 70%),相对密度约为 1.004 ~ 1.008,不易脱水。第三,通过排除富含磷的剩余污泥来实现的城市污水生物除磷工艺,必定产生大量的污泥。若除磷工艺中采用了石灰,则污泥中将含有碳酸钙和磷酸钙;如果投加了硫酸铝,则产生含氢氧化铝及磷酸铝沉淀的污泥。各种污泥的产生原因各不相同,其产生量取决于污水处理所采用的生物处理工艺和排泥浓度。

### 1.1.2 城市污泥的分类

城市污泥是指在废水和净水处理过程中产生的固态、半固态废物,它主要由固态残渣和水构成。污泥的成分、性质主要取决于处理的水的成分、性质和处理工艺,有多种多样的分类方法,城市污泥按照不同的分类标准可以分为以下几类。

#### 1.1.2.1 按照污水的来源特征

按照污水的来源特征可以将污泥分为生活污水处理厂污泥、工业废水污泥和净水厂污泥。

#### 1.1.2.2 按照处理方法和分离过程

按照处理方法和分离过程,污泥可分为沉淀污泥(包括物理沉淀污泥,混凝沉淀污泥和化学沉淀污泥)及生物处理污泥(指在城市污水处理厂二级处理过程中产生的污泥,包括活性污泥法产生的剩余污泥和生物滤池及生物膜法产生的腐殖质污泥)。

#### 1.1.2.3 按照化学成分

按照化学成分可以将污泥分为有机质污泥和无机质污泥,亲水污泥和疏水污泥。

(1) 有机质污泥是指以有机物为主的污泥,其主要特性是有机物含量高,容易腐化发臭,颗粒较细,密度较小,含水率高且不易脱水,是呈胶状结构的亲水性物质,便于用管道输送,属于亲水性污泥。一般来说,生活污水污泥和混合污水污泥均属于有机质污泥。

(2) 无机质污泥是指以无机物为主的污泥,又常称之为沉渣,其特点是颗粒较粗,密度较大,含水率较低且易于脱水,但流动性较差,不易用管道运输,属于疏水性污泥。给水处理沉沙池以及某些工业废水物理、化学处理过程中的沉淀物均为无机质污泥。

#### 1.1.2.4 按照处理工艺和阶段

按照处理的工艺和不同阶段,可以将污泥分为以下几类:

(1) 浮渣:主要来自除渣池、除油池、初次沉淀池、二次沉淀池、浓缩池、消化池等。这些池中形成的浮渣层,其组分可能包括油脂、植物油、矿物油、动物脂肪、蜡、食物残渣、菜叶、毛发、纸、纺织物、橡胶或者塑料制品等。

(2) 生污泥:一般是指从沉淀池(包括初沉池和二沉池)排出来的沉淀物或悬浮物的总称,又称为新鲜污泥,这种污泥含有大量的动植物残体,有机物含量很高,化学性质很不稳定,含水率一般为 95% ~ 97%,不易脱水干化。其中,从生化处理二次沉淀池产生的沉淀物又称为活性污泥,主要由菌胶团等微生物组成,呈凝聚状态,含水率达 99% ~ 99.5%,不易脱水,化学稳定性差。活性污泥中扣除回流到曝气池的那部分污泥后,剩余的部分称为剩余活性污泥。

(3) 活性污泥:是指在活性污泥法系统中的污泥。其主要由好氧微生物组成,外观为褐色的絮状物,不含大颗粒物质。如果颜色很深,则污泥可能腐化;如果颜色较淡,则可能曝气不足。当设施运行良好时,活性污泥无特别的异味,但会较快地腐化,含水率一般为 99% ~

99.9%。由二次沉淀池排出至曝气池的活性污泥称为回流污泥,由二次沉淀池(或者由曝气池)排出至污泥处理设施的活性污泥称为剩余活性污泥。

(4) 膨胀污泥:在二次沉淀池中产生污泥膨胀是污水生物处理过程中不希望发生的一种现象。污泥膨胀一般是由丝状菌过度繁殖引起的,使本应在二次沉淀池中沉淀的活性污泥漂浮在水面上。膨胀污泥中的固体物含量较低,但污泥指数很高。

(5) 消化污泥:指污水处理厂中经消化设施消化处理后的污泥。如果是在好氧条件下消化(如在曝气池中)的污泥,称为好氧消化污泥(好氧稳定污泥),为褐色至深褐色的絮状物,通常有令人讨厌的陈腐污泥的气味,消化好的污泥易于脱水。好氧消化后的污泥含水率一般为96%~98%。如果是在厌氧条件下消化(如在封闭的厌氧消化池中)的污泥,则称为厌氧消化污泥(厌氧稳定污泥),为深褐色至黑色,并含有大量的气体。消化良好的污泥气味较轻,否则会有硫化氢和其他一些气体的气味。厌氧消化后的污泥含水率一般为90%~97%,含水率为90%~95%的初沉污泥,消化后的含水率典型值为93%,含水率为93%~97.5%的初沉污泥和剩余活性污泥的混合污泥,消化后的含水率典型值为96.5%。

(6) 浓缩污泥:是指生污泥经浓缩处理后得到的污泥。污泥浓缩主要是减缩污泥的间隙水,经浓缩后的污泥近似糊状,但仍保持流动性。污泥浓缩是降低污泥含水率、减少污泥体积的有效方法。污泥浓缩的方法有沉降法、气浮法和离心法。

(7) 脱水污泥:是指经脱水处理后得到的污泥。污泥脱水是将流态的原生、浓缩或消化污泥脱除水分,转化为半固态或固态泥块的一种污泥处理方法。经过脱水后,污泥含水率可降低到55%~80%,具体视污泥和沉渣的性质及脱水设备的效能而定。污泥脱水的方法,主要有自然干化法、机械脱水法和造粒法。自然干化法和机械脱水法适用于污水污泥,造粒法适用于混凝沉淀的污泥。

(8) 干化污泥:是指经干化处理得到的污泥。将脱水污泥再进一步脱水则称污泥干化,干化污泥的含水率低于10%。

### 1.1.3 城市污泥的性质

#### 1.1.3.1 城市污泥的化学性质

城市污泥中的化学物质主要包含蛋白质、碳水化合物和脂肪,这些有机物由长链分子构成。污泥中含有可被生物利用的有机成分包括多糖,如纤维素、脂肪、树脂、有机氮、硫、磷的化合物等,这些物质有利于土壤腐殖质的形成。腐殖质是一种生物分解非常缓慢的水不溶性物质,它是细菌分解植物的一种产物,其性质如表1-1所示。

表 1-1 城市污水处理厂污泥的基本性质

项 目	初次沉淀污泥	剩余活性污泥
pH 值	5.0~8.0	6.5~8.0
干固体总量	3~8	0.5~1.0
挥发性固体总量(干重)/%	60~90	60~80
固体颗粒密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	1.3~1.5	1.2~1.4
容重/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	1.02~1.03	1.0~1.005
碱度( $\text{CaCO}_3$ )/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	500~1300	200~500



污泥中的有机物质对土壤的物理性质影响很大,如土壤的肥效、腐殖质的形成、容重、聚集作用、孔隙率和持水性等。土壤容重的减少可为植物根系的生长提供更好的环境。高有机碳含量的污泥可以为土壤微生物提供直接能量来源。污泥中的氮源主要以有机氮的形式存在,这些物质可以改良土壤、增加聚集作用,从而有利于耕作,也可减少对土壤的侵蚀和土壤流失。污泥的这些特性也成为污泥资源化利用的前提条件。近年来,随着我国经济的发展和工业化水平的提高,每年的污泥产生量随着污水处理量的增加急剧升高。污泥一般含有大量的有机物,丰富的氮、磷、钾和微量元素,可以成为有效的资源。但是,其中也含有重金属、病原菌、寄生虫卵以及某些难分解的有机毒物,如果不进行妥善处理,排放后会对环境造成二次污染。表 1-2 所示为我国部分城市污泥的养分含量。

表 1-2 我国部分城市污泥的养分含量

城 市	pH 值	养分含量 w/%			
		OM(有机物)	N	P	K
北 京	6.9	602	37.3	14.2	7.2
天 津	6.91	471	42.2	17.6	3.3
杭 州	—	318	11.1	11.2	7.4
苏 州	6.63	668	48.4	13.0	4.4
太 原	—	495	27.5	10.4	4.9
广 州	—	315	29.1	—	14.9
武 汉	6.31	343	31.4	9.0	5.0

### 1.1.3.2 城市污泥的物理性质

城市污泥的物理性质主要包括:污泥的含水量与含水率、污泥的流变特性、污泥的脱水性能及污泥比阻抗、污泥的挥发性固体和灰分、污泥的可消化程度、湿污泥与干污泥的相对密度、污泥的肥分、污泥的燃烧价值、污泥的毒性和环境危害性等。

#### A 城市污泥的含水量和含水率

城市污泥中所含水分的多少叫做污泥的含水量,其大小用含水率来表示,是指水分在污泥中所占的质量分数(%)。

$$P = \frac{m_w}{m_s} \times 100\%$$

式中  $P$ ——城市污泥的含水率;

$m_w$ ——城市污泥中水分的质量;

$m_s$ ——城市污泥的总质量。

城市污泥的含水率取决于污泥中固体的种类及其颗粒的大小,污泥相对密度接近于 1,一般说来,固体颗粒越小,其所含有机物越多,污泥的含水率就越高。

污泥中的水分包括间隙水、毛细水、附着水和内部水,如图 1-1 所示。这四种水分的特点分别为:

(1) 间隙水 存在于污泥颗粒间隙中的水,称为间隙水或游离水,约占污泥水分的 70% 左右。这部分水一般借助外力可与泥粒分离。

(2) 毛细水 毛细水存在于污泥颗粒间的毛细管中,约占污泥水分的 20% 左右,也有