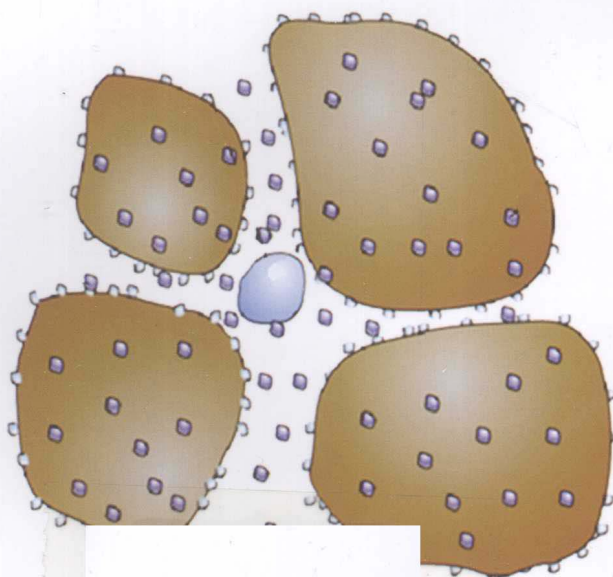


污泥处理与资源化丛书

污泥表征与预处理技术

WUNI BIAOZHENG YU YUCHULI JISHU

李 兵 张承龙 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

污泥表征与预处理技术

李 兵 张承龙 赵由才 主编

北 京

冶金工业出版社

2010

内 容 简 介

本书共分 10 章, 主要介绍了污泥的来源、性质与特点, 重点阐述了污泥样品的采集、制备以及与污泥性质和特点相关指标的分析 and 表征方法; 详细表述了各种污泥预处理技术的目的和意义, 污泥预处理技术的原理和方法, 污泥预处理过程中常用的工艺参数; 介绍了新型过滤技术在高炉除尘污泥、转炉除尘污泥中的应用; 另外, 还针对油田含油污泥、医院废水污泥和含放射性物质的污泥的特点及危害, 介绍了特殊污泥的预处理技术。

本书是《污泥处理与资源化丛书》中的一册, 对从事污泥危险特性鉴别和有害成分的日常监测分析、环境影响评价、环保设施验收、环境污泥事故调查与仲裁工作和环境科学研究的科研工作人员, 均有一定的参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

污泥表征与预处理技术 / 李兵, 张承龙, 赵由才主编.

—北京: 冶金工业出版社, 2010.8

(污泥处理与资源化丛书)

ISBN 978-7-5024-5303-9

I. ①污… II. ①李… ②张… ③赵… III. ①污泥
处理—研究 IV. ①X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 122687 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 yjcbs@cnmip.com.cn

责任编辑 程志宏 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 978-7-5024-5303-9

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 8 月第 1 版, 2010 年 8 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 11.5 印张; 279 千字; 169 页

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)



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

实现污泥“三化”的前提是掌握污泥的各种性质和特点，懂得用科学的知识和方法对污泥进行分析，并表征其性质和特点，做到“有的放矢”；合理的预处理技术的采用则为污泥“三化”提供技术支持。

掌握污泥的特性，其首要任务就是污泥的取样、制样和存样，通过合适的前处理技术满足污泥样品实际管理和试验的需要。其次，是利用处理好的污泥样品进行目标性分析和表征。污泥有害特性的鉴别和有害成分的分析，其基本任务就是根据环境管理的需要，对污泥污染的产生、贮存、运输及处理、处置等过程实施鉴别和分析，并为污泥的环境影响、综合利用和无害化处理、处置提供科学依据。本书所选污泥表征的技术方法，是在收集、研究大量相关文献资料的基础上，结合课题科研成果精心选编而成的，既保持了技术上的先进性，又考虑了实际应用中的可操作性。

在污泥“三化”处理过程中，预处理技术发挥着相当重要的作用，一直受到环保工作者的重视。预处理技术通常包括脱水、调理、固化、稳定化、浓缩等技术。污泥的脱水就是利用真空、加压或干燥等方法实现污泥的固液分离；污泥的调理就是利用加热或化学试剂处理污泥，使污泥中的水分容易分离；污泥的浓缩就是利用重力或气浮方法尽可能多地分离出污泥中的水分；污泥的固化就是在污泥中添加固化剂，使污泥转变为不可流动的固体甚至形成紧密固体的过程；污泥的稳定化则是将污泥中有毒有害污染物转变为低溶解性、低迁移性及低毒性的物质的过程。与此同时，随着科学技术的发展，新型污泥预处理技术也层出不穷。因此，本书紧扣预处理技术的现状与发展，在众多有关污泥预处理技术文献资料基础上，将实用、新型的污泥预处理技术充实到相关章节之中。

本书分为 10 章，介绍了污泥的来源、性质与特点，重点阐述了污泥样品的采集、制备以及与污泥性质和特点相关指标的分析和表征方法；详细表述了各种污泥预处理技术的目的和意义，污泥预处理技术的原理和方法，预处理过程中常用工艺参数，并通过实例分析，使广大读者能更好地了解 and 掌握这些污泥预处理技术。本书第 9 章还专门介绍了新型过滤技术在高炉除尘污泥、转炉除尘污泥等中的应用。为了突出污泥的有害性，本书第 10 章详述了油田含油污泥、医院废水污泥、含放射性物质污泥的特点和危害，并介绍了这些特殊污泥的预处理技术。

本书第 1 章由李兵、赵由才编写；第 2 章由李兵、梁思、罗晓波、赵由才编写；第 3 章由李兵、杨宁、赵由才编写；第 4 章、第 6 章由张承龙、赵由才编写；第 5 章由胡佳俊、赵由才编写；第 7 章由甄广印、张承龙编写；第 8 章由孙旭、张承龙、赵由才编写；第 9 章由朱曙光、赵由才、李兵编写；第 10 章由王元庆、赵由才、李兵编写。全书由宁波大学李兵、上海第二工业大学张承龙、同济大学赵由才任主编，李兵、张承龙负责统稿，李兵负责校订。

本书对从事污泥危险特性鉴别、污泥有害成分日常监测与分析、环境影响评价、环保设施竣工验收、环境污泥事故的调查与仲裁以及相关环境科学研究的工作人员，均有较高的参考价值。

由于时间仓促，书中不足之处敬请读者原谅，并提出建议和修改意见。

编 者

2010 年 1 月

目 录

1 污泥的来源、特点及制样	1
1.1 污泥的来源与分类	1
1.2 污泥的性质与特点	1
1.3 污泥表征和预处理的意义	3
2 污泥试样的制样	4
2.1 污泥试样的制样	4
2.1.1 方案设计	4
2.1.2 制样技术	4
2.1.3 安全措施	5
2.1.4 质量控制	5
2.1.5 样品保存	6
2.2 污泥样品浸出液的制备方法	6
2.2.1 翻转法	6
2.2.2 水平振荡法	8
2.3 污泥样品全量分析试液的前处理方法	9
2.3.1 非水液态废弃物样品的前处理方法	9
2.3.2 污泥样品的前处理方法	11
2.4 待测液的前处理方法	12
2.4.1 采用 HCl 或 HNO ₃ 酸性煮沸方法	12
2.4.2 采用 HCl 或 HNO ₃ 分解法	13
2.4.3 采用 HNO ₃ -HClO ₄ 分解法	13
2.4.4 采用 HNO ₃ -H ₂ SO ₄ 分解法	13
2.4.5 风干固体污泥的酸消解法	14
2.4.6 微波消解溶样	14
2.4.7 其他方法	15
3 污泥样品中有机物的提取和样品的制备	16
3.1 不同样品基质的提取方法及分析物种类	16
3.1.1 各类样品基质的提取方法及分析物种类	16
3.1.2 方法摘要	16
3.1.3 干扰	16
3.1.4 仪器和材料	17

3.1.5 试剂	17
3.1.6 操作步骤	20
3.1.7 质量控制	22
3.1.8 方法性能	25
3.2 分液漏斗液-液萃取法	25
3.2.1 适用范围	25
3.2.2 方法摘要	25
3.2.3 干扰	26
3.2.4 仪器和设备	26
3.2.5 试剂	27
3.2.6 样品的收集、保存和处理	28
3.2.7 操作步骤	28
3.2.8 质量控制	30
3.3 连续液-液分配提取	30
3.3.1 适用范围	30
3.3.2 方法摘要	30
3.3.3 干扰	31
3.3.4 设备和材料	31
3.3.5 试剂	32
3.3.6 样品的收集、保存和处理	33
3.3.7 操作步骤	33
3.3.8 质量控制	34
3.4 固相萃取	35
3.4.1 适用范围	35
3.4.2 方法摘要	35
3.4.3 干扰	35
3.4.4 仪器和材料	36
3.4.5 试剂	37
3.4.6 操作步骤	37
3.4.7 质量控制	40
4 污泥有害特性的鉴别和表征	41
4.1 污泥样品的采集和制备	41
4.1.1 采样方案设计	41
4.1.2 取样点和取样量	41
4.1.3 样品的制备	43
4.1.4 样品保存	46
4.2 污泥急性毒性的鉴别和表征	46
4.2.1 污泥急性毒性的鉴别和表征的主要指标	46

4.2.2 口服毒性半数致死量 LD_{50} 的测定	46
4.2.3 皮肤接触毒性半数致死量 LD_{50} 的测定	49
4.2.4 吸入毒性半数致死量 LC_{50} 的测定	50
4.3 污泥易燃性的鉴别和表征	52
4.3.1 闪电温度的测定	52
4.3.2 易燃固体危险特性试验	54
4.4 污泥腐蚀性的鉴别和表征	54
4.4.1 污泥腐蚀性 pH 值的测定	55
4.4.2 对钢材的腐蚀速率测定	55
4.5 污泥反应性的鉴别和表征	56
4.5.1 爆炸性危险废物的鉴别	56
4.5.2 与水或酸接触产生易燃气体或有毒气体的鉴别	56
4.5.3 废弃氧化剂或有机过氧化物的鉴别	58
4.6 污泥浸出毒性的鉴别和表征	58
4.6.1 浸出毒性浸出方法	60
4.6.2 前处理方法	63
4.6.3 有害成分的测定方法	64
5 污泥有害成分的表征	65
5.1 污泥常规成分的表征	65
5.2 污泥中汞及其化合物的表征	66
5.2.1 氢化物发生-冷原子吸收光谱法测定污泥中的微量汞	67
5.2.2 HG-AFS 法测定城市污泥中的汞及其化合物	67
5.2.3 微波消解原子荧光法测定活性污泥中的汞	67
5.3 污泥中镉及其化合物的表征	68
5.3.1 火焰原子吸收法测定污泥中的镉及其化合物	68
5.3.2 石墨炉原子吸收光谱法直接测定城市污泥中的有机态镉	68
5.4 污泥中铬及其化合物的表征	69
5.5 污泥中砷及其化合物的表征	71
5.5.1 湿法消解	71
5.5.2 微波消解	71
5.5.3 测定	71
5.5.4 注意事项	72
5.6 污泥中铅及其化合物的表征	72
5.6.1 微波消解-火焰原子吸收光谱法测定污泥中的铅	72
5.6.2 应用 HG-AFS 法测定污泥中的铅	72
5.7 污泥中其他金属及其化合物的表征	74
5.7.1 污泥中铜含量的分析方法	74
5.7.2 污泥中镍含量的分析方法	75

5.8 污泥中挥发性有机化合物的表征	75
5.8.1 污泥中 VOCs 的危害	76
5.8.2 污泥中 VOCs 的治理技术	77
5.9 污泥中苯类化合物的表征	78
5.9.1 概述	78
5.9.2 污泥中苯类化合物种类、含量及治理技术	78
5.10 污泥中酚类化合物的表征	80
5.10.1 概述	80
5.10.2 污泥中苯酚的治理技术	80
5.11 污泥生物学指标的表征	81
5.11.1 污泥中细菌总数的检测方法	81
5.11.2 污泥中粪大肠菌群的检测方法	82
5.11.3 污泥中蛔虫卵的检测方法	82
6 污泥的浓缩技术	83
6.1 概述	83
6.1.1 污泥浓缩的目的和意义	83
6.1.2 污泥浓缩效果的测定	83
6.2 污泥的重力浓缩技术	84
6.2.1 重力浓缩的基本原理	84
6.2.2 重力浓缩的影响因素	85
6.2.3 重力浓缩的设备	87
6.3 污泥的气浮浓缩技术	89
6.3.1 气浮浓缩的基本原理	89
6.3.2 气浮浓缩池的有关参数确定	90
6.3.3 气浮浓缩装置	91
6.3.4 其他气浮浓缩技术	92
6.4 污泥的机械浓缩技术	93
6.4.1 离心浓缩	93
6.4.2 带式浓缩机浓缩	94
6.4.3 转鼓、螺压浓缩机浓缩	95
6.5 污泥浓缩技术的发展趋势	95
6.5.1 机械浓缩、气浮浓缩工艺逐步取代重力浓缩工艺	95
6.5.2 进一步完善浓缩脱水一体化设备	95
6.5.3 研究开发低浓度污泥浓缩工艺	96
6.6 污泥浓缩实例介绍	96
6.6.1 河南省许昌污水处理厂污泥处理工艺	96
6.6.2 郑州污水处理厂污泥处理工艺	97
6.6.3 德国明斯特污水处理厂的污泥处理工艺改进	97

7 污泥的调理方法	101
7.1 污泥调理的目的	101
7.2 污泥调理的方法与原理	102
7.2.1 物理调理	102
7.2.2 化学调理	107
7.2.3 生物调理	111
7.2.4 联合调理	112
7.3 污泥调理实例分析	114
8 污泥的机械脱水技术	115
8.1 污泥机械脱水的目的和意义	115
8.2 污泥机械脱水的原理	115
8.3 污泥机械脱水技术	117
8.3.1 真空过滤	118
8.3.2 加压过滤	120
8.3.3 离心脱水	121
8.4 污泥机械脱水实例分析	124
8.4.1 实例背景	124
8.4.2 污泥处理装置的选择	124
9 新型过滤技术在污泥预处理中的应用	126
9.1 污泥的粒径分布与脱水性	126
9.1.1 污泥的来源	126
9.1.2 污泥脱水性质的主要指标	126
9.1.3 污泥水分存在形式及其脱水的可行性	128
9.1.4 污泥的脱水性	128
9.1.5 污泥脱水的形式	129
9.2 过滤在污泥预处理中的应用	132
9.2.1 过滤及脱水的基本原理	133
9.2.2 恒压过滤	137
9.2.3 过滤方式	139
9.2.4 过滤及脱水的影响因素	140
10 特殊污泥的预处理	141
10.1 油田含油污泥的预处理	141
10.1.1 油田含油污泥的预处理综述	141
10.1.2 油田含油污泥的预处理法	141
10.2 医院废水污泥的预处理	145

10.2.1 医院废水污泥的预处理综述·····	145
10.2.2 医院废水污泥的脱水及干化·····	146
10.2.3 医院废水污泥的消毒·····	147
10.3 含放射性物质污泥的预处理 ·····	150
10.3.1 含放射性物质污泥预处理综述 ·····	150
10.3.2 含放射性物质污泥预处理·····	152
参考文献 ·····	158

1 污泥的来源、特点及制样

1.1 污泥的来源与分类

在废水的处理过程中，通常要截留相当数量的悬浮物质，这些物质统称为污泥固体，这些污泥固体与水的混合物称为污泥。污泥中含有大量的有毒有害物质，如寄生虫卵、病原微生物、细菌、合成有机物及重金属离子，同时含有植物营养元素（氮、磷、钾）、有机物及水分等。另外，污泥易于腐化发臭，颗粒较细，相对密度较小（约为 1.006~1.02），含水率高且不易脱水，属于胶状结构的亲水性物质。

根据污泥来源的不同，可将污泥分为河道污泥、油田污泥、医院废水污泥和含放射性废弃物的污泥。

在城市河道清淤过程中，会产生大量的河道沉积物——河道污泥，如何恰当地处理处置这些河道污泥已成为城市河道治理过程中相当重要的环节。

在油田的生产过程中会产生大量的油田污泥。油田含油污泥的组成成分极其复杂，一般由水包油、油包水，以及悬浮固体杂质组成，是一种极其稳定的悬浮乳状液体系，含有大量老化原油、蜡质、沥青质、胶体、固体悬浮物、细菌、盐类、酸性气体、腐蚀产物等，还包括生产过程中投加的大量凝聚剂、缓蚀剂、阻垢剂、杀菌剂等水处理剂。

医院污水经沉淀后有 70%~80% 的病菌病毒和 90% 的蠕虫卵转移到医院污水污泥中，要将含水率高的污泥进行浓缩脱水后再作消毒灭菌处理。医院废水污泥排放时应达到 GBJ48—1983《医院污水排放标准》：（1）蛔虫卵死亡率大于 95%；（2）粪大肠菌值不小于 10^{-2} ；（3）每 10 g 污泥（原检样中）中，不得检出肠道致病菌和结核杆菌。

含放射性废弃物的污泥主要来源于核原料生产、核电站和核反应堆、放射性产品废弃物、核试验和核废料处理产物等。含放射性废弃物的污泥，其资源化与处置问题早已引起环境科学界的关注，其技术也得到很大的发展。

1.2 污泥的性质与特点

污泥的种类是多种多样的，污泥的组成、性质和数量主要取决于废水的来源，同时也和废水处理工艺有密切关系。废水来源不同，污泥的组成、性质和数量就截然不同。同一种废水采用不同的处理工艺，其污泥的组成、性质和数量也会有所差异。污水处理厂的污泥包括如下几种：栅渣、沉砂池沉渣、浮渣、初沉池污泥和二沉池污泥。

我国城市污水处理厂的污泥特点包括以下几个方面：

（1）有机物含量。我国城市污水处理厂污泥的有机物含量一般只有 50% 左右，属低有机组分类别的污泥，而工业发达国家的城市污水处理厂污泥的有机组分为 70%~80%。

（2）碳水化合物含量。由于我国城市居民生活污水中的 VSS（挥发性固体悬浮物）值较低，有机组分中的淀粉、糖类和纤维等碳水化合物占的比重很大，而脂肪含量很低。因

此, 我国的城市污水污泥属于高碳水化合物、低脂肪的污泥。

(3) 碳氮摩尔比 (C/N)。我国的城市污水污泥虽属于高碳水化合物类型, 但由于工业废水占的比重较大, 尤其轻纺工业发达, 污泥中的氮含量较高, 消化效果一般较好。

(4) pH 值和酸碱度。我国大部分的城市污水污泥中的 pH 值在 6~7 之间, 总碱度约为 20 mg/L, 基本属于正常范围。几种污泥的外观特征及脱水性能见表 1-1。

表 1-1 几种污泥的外观特征及脱水性能

污泥种类	特征及脱水性能
初池原污泥	气味恶劣, 灰色至棕色, 干化场脱水不良, 能机械脱水
消化的初次污泥	有霉味, 黑色, 产生气味, 干化场脱水良好
腐殖质污泥	绒毛状, 棕色
消化的混合污泥 (初次污泥+活性污泥)	气味少, 绒毛状, 黄色至棕色, 难脱水, 生物活性很强
剩余活性污泥	气味少, 绒毛状, 黄色至棕色, 难脱水, 生物活性很强
好氧消化污泥	黄色至棕色, 有时难脱水, 有生物活性

(5) 污泥固体。污泥中的总固体包括溶解物质和不溶解物质两部分, 前者叫溶解固体。总固体、溶解固体和悬浮固体又各分为稳定体和挥发固体。挥发固体是指在 600℃下能被氧化, 并以气体产物逸出的那部分固体, 它通常用来表示污泥中的有机物含量。污泥固体质量浓度常用 mg/L 表示, 也有用质量分数表示的。

(6) 含水率。污泥中水的质量分数称为含水率。固体质量分数与含水率的关系如下:

$$\text{固体质量分数}(\%) + \text{水分质量分数}(\%) = 100(\%)$$

污泥的体积、质量及所含固体浓度之间的关系可用下式表示:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{W_1}{W_2} = \frac{100 - P_2}{100 - P_1} = \frac{C_2}{C_1}$$

式中, V_1 , W_1 , C_1 分别为为污泥含水率为 P_1 时的污泥体积、质量及其固体浓度; V_2 , W_2 , C_2 分别为为污泥含水率为 P_2 时的污泥体积、质量及其固体浓度。

例如, 当污泥含水率从 97.5% 降至 95% 时, 污泥的体积为:

$$V_2 = V_1 \frac{100 - P_1}{100 - P_2} = V_1 \frac{100 - 97.5}{100 - 95} = \frac{1}{2} V_1$$

可见, 污泥含水率从 97.5% 降低至 95% 时, 体积减小一半。

城市污泥的含水率见表 1-2。

表 1-2 城市污泥的含水率

污 泥 种 类		含 水 率/%	污 泥 种 类		含 水 率/%
初次沉淀池污泥	原污泥	95~97.5	活性污泥	原污泥	99~99.5
	浓缩污泥	90~92		浓缩污泥	97~97.5
	消化污泥	85~90		消化污泥	97~98
高负荷生物滤池污泥	原污泥	90~95	活性污泥和初沉池污泥	原污泥	95~96
	消化污泥	90~93		浓缩污泥	90~95
				消化污泥	92~94

续表 1-2

污 泥 种 类		含水率/%	污 泥 种 类		含水率/%
高负荷滤池和沉淀池污泥	原污泥	94~97	化学凝聚污泥	原污泥	90~95
	消化污泥	91~93			

(7) 污泥相对密度。污泥相对密度指污泥的质量与同体积水质量的比值。污泥相对密度主要取决于污泥的含水率和固体的相对密度。固体相对密度越大、含水率越低，则污泥的相对密度就越大。生活污水的相对密度一般接近于 1。工业污泥的相对密度往往较大，例如，铁皮沉渣的相对密度为 5~6。

(8) 污泥中重金属离子含量。污泥中重金属离子的含量决定于城市污水中工业废水所占比例及工业废水性质。污水经二级处理后，污水中重金属离子约有 50% 转移到污泥中。因此，污泥中重金属离子含量一般都较高。所以，当污泥用作肥料时，必须注意污泥中重金属离子含量是否超过国家有关标准。

1.3 污泥表征和预处理的意义

如今，各种污泥的处理和资源化方法层出不穷，但无论何种方法，其成功与否都是建立在对污泥的基本特性了解和掌握基础之上的。因此，污泥的表征显得尤为重要。

掌握污泥的特性，其首要任务就是污泥的取样、制样和存样，并通过合适的前处理技术满足污泥样品实际管理和试验的需要。其次是利用处理好的污泥样品进行目标性分析和表征。污泥有害特性的鉴别和有害成分的分析，其基本任务就是根据环境管理的需要，对污泥污染的产生、贮存、运输及处理、处置等过程实施鉴别和分析，并为污泥的环境影响、综合利用和无害化处理、处置提供科学依据。

2 污泥试样的制样

到目前为止，国家标准尚还没有针对污泥试样制样的专门规定。因此，污泥试样制样的方法可参考以下专业规范的固体废物样品的采集和制样方法。

2.1 污泥试样的制样

2.1.1 方案设计

固体废物在制样前，应首先设计制样方案，主要包括制样目的和要求、制样程序、安全措施、质量控制、制样记录和报告。

2.1.1.1 制样目的

从采取的小样或大样中获得最佳量、最具有代表性、能满足试验或分析要求的样品。在设计制样方案时，要明确具体的目的和要求，例如，特性鉴别试验、废物成分分析、样品量和粒度要求，以及其他目的和要求等。

2.1.1.2 制样程序

制样程序如下：

- (1) 明确制样的目的和要求；
- (2) 选派制样人员；
- (3) 明确小样或大样的量和最大粒度直径；
- (4) 按切乔特公式确定制样操作和选择制样工具；
- (5) 制定安全措施和质量控制措施；
- (6) 制样；
- (7) 送检和保存。

2.1.1.3 制样记录和报告

制样时，应记录固体废物的名称、数量、性状、包装、处置、贮存、环境、编号、送样日期、送样人、制样日期、制样方法、制样人等。必要时，根据记录填写制样报告。

2.1.2 制样技术

2.1.2.1 制样工具

制样工具包括颚式破碎机、圆盘粉碎机、玛瑙研磨机、药碾、玛瑙研钵或玻璃研钵、标准套筛、十字分样板、分样铲及挡板分样器、干燥箱、盛样容器（详见《散装矿产品取样、制样通则 手工制样方法》（GB 2007.2—1987））。

2.1.2.2 固体废物制样

制样主要包括四个操作：粉碎、筛分、混合、缩分。

(1) 样品的粉碎。用机械方法或人工方法破碎或研磨，减小样品的粒度，使样品分阶段达到相应排料的最大粒度。