

污泥处理与资源化丛书

污泥循环卫生填埋技术

WUNI XUNHUAN WEISHENG TIANMAI JISHU

朱 英 张 华 赵由才 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

污泥处理与资源化

丛书

污泥循环卫生填埋技术

朱 英 张 华 赵由才 编著

北 京
冶金工业出版社
2010

内 容 简 介

本书涵盖了污泥循环卫生填埋技术的各个方面,内容主要包括:填埋污泥的特性、污泥填埋预处理技术、污泥循环卫生填埋工艺、污泥填埋场稳定化进程及加速污泥稳定化技术、矿化污泥开采及资源化利用方式、填埋污泥样品的监测与分析、现场运行管理和工程实例等。

本书是《污泥处理与资源化丛书》中的一册,可供污水处理、污泥处理、卫生填埋工程设计和管理人员、大中专师生和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

污泥循环卫生填埋技术/朱英,张华,赵由才编著. —北京:
冶金工业出版社,2010.5
(污泥处理与资源化丛书)
ISBN 978-7-5024-5246-9

I. ①污… II. ①朱… 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 066190 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 978-7-5024-5246-9

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 5 月第 1 版,2010 年 5 月第 1 次印刷

787 mm × 1092 mm 1/16;10.5 印张;248 千字;152 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)

《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高的砂和渣,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

污泥处置已经成为我国目前亟待解决的环保问题。我国早期建设的污水处理厂,大多将污水处理和污泥处理剥离,简化甚至忽略污泥处理处置,存在严重的“重水轻泥”现象。目前,国内只有北京、上海、广州等少数大城市对污水处理厂污泥进行了严格的处理处置或者资源化利用。全国绝大多数污水处理厂的通常做法是,将未经处理或者简单减量处理后的污泥,直接运到垃圾场填埋或简易堆放,这远远达不到卫生填埋标准。而一些中小型污水处理厂甚至对污泥自行处理,随意堆弃,这不仅严重削弱了污水处理的净化作用,而且被堆弃的污泥无论在近期还是远期都将成为地表水和地下水的潜在污染源,也不可避免地给环境带来严重的二次污染,因此,寻找合理的污泥处理处置技术,对营造和谐的生态环境,维持人类的长足发展都具有重要的科学意义。由于长期以来对污水处理后一环节的污泥处理不重视,导致由其引发的二次污染事件频繁发生,因此,建立和健全城镇污泥处理处置政策的规章体系及其配套机制,加快推进城镇污水、污泥的同步治理刻不容缓。

根据我国的经济现状和未来的发展趋势,在今后相当长的时间里,卫生填埋仍然是污泥处理最重要的手段之一。首先,卫生填埋场建设周期短,投资少,且可分期投入,管理方便,现场运行比较简单;其次,污泥降解速度较快,若干年后可进行开采和利用,腾出的空间可重新填埋新鲜污泥,实现污泥填埋→填埋场污泥降解与稳定化形成矿化污泥→矿化污泥开采与利用→污泥填埋的循环使用。填埋场是污泥处理的反应器和中转站,而不是最终归宿。

然而,污泥填埋作业也存在一些困难。例如,脱水污泥仍有较高的含水率和较强的流变性,容易使推土机和压实机等在污泥的推铺、碾压和压实过程中出现作业机械打滑,有时甚至陷入泥中,导致填埋作业的终止;另外,污泥中高含量有机质的亲水性也会导致卫生填埋场雨季的沼泽化,为污泥后续填埋作业的正常运行带来严重的不利影响。因此,在污水处理厂污泥卫生填埋之前,必须对其进行适当的改性,以便有效改善和提高污泥的力学性能,为其后续的安全填埋提供条件。

本书主要讲述了各种污水处理厂污泥的改性技术,并在此基础上给出了改性污泥的填埋工艺。同时,参照生活垃圾卫生填埋场的建设和运行标准,并根据国内外污泥土地处理和填埋的实践经验,系统阐述了污泥循环卫生填埋技术,并对其发展前景进行简要分析,以便为我国污泥处理提供技术依据。但是,污泥填埋过程中污泥的改性、盲沟的构造和沼气管的铺设等技术目前尚不成

熟,仍有待广大科研工作者继续开展此方面的研究工作。同时,污泥填埋场沼气产量预测以及沼气利用等方面仍需进一步研究。

本书的内容涵盖了污泥卫生填埋技术的各个方面,包括卫生填埋场选址、总体设计、填埋工艺、渗滤液和沼气的收集与处理、封场与终场利用、矿化污泥开采与利用和日常运行管理等,可供污水处理、污泥处理和卫生填埋工程设计人员、大中专师生、管理人员、科研人员参考。本书第1章由张华、王宁、吕德龙编写;第2章由朱英、赵由才、马建立编写;第3章第1节由孙晓杰、甄广印编写,第3章第2、3、4节由张华、朱英编写;第4章由张华、朱英、赵由才、周海燕编写;第5章由朱英、魏云梅、赵进、赵由才编写;第6章由李鸿江、唐平、甄广印编写;第7章由刘常青、黄仁华、徐勤编写。在此特别感谢“2009年度浙江省科协育才工程”项目的资助。

由于编者水平和经验有限,书中疏漏和不足之处,敬请同行和专家及广大读者批评指正。

编 者
2009年12月



目

录

1 污泥样品的监测与分析	1
1.1 污泥样品的采集和预处理	1
1.1.1 样品的采集	1
1.1.2 样品的预处理	1
1.2 污泥样品的监测与分析	3
1.2.1 污泥的物理性质测定	3
1.2.2 污泥的力学性质测定	4
1.2.3 污泥的化学性质测定	5
1.2.4 污泥卫生学指标的测定	10
1.2.5 污泥的种子发芽毒性的测定	11
1.3 污泥常用分析仪器设备	12
1.3.1 色谱分析仪	13
1.3.2 质谱分析仪	14
1.3.3 原子发射光谱仪	15
1.3.4 紫外-可见分光光度计	15
1.3.5 原子吸收分光光度计	16
1.3.6 电化学分析仪器	18
2 污泥填埋预处理技术	19
2.1 污泥的土力学特性	19
2.2 污泥填埋预处理技术标准	22
2.3 污泥与矿化垃圾混合预处理技术	23
2.3.1 矿化垃圾作为污泥填埋添加剂的可行性分析	23
2.3.2 矿化垃圾-污泥混合材料承压性能	25
2.3.3 矿化垃圾-污泥混合材料抗剪性能	26
2.3.4 矿化垃圾与污泥混合预处理过程	28
2.4 污泥固化和稳定化预处理技术	30
2.4.1 污泥固化处理目标和优势	30
2.4.2 传统污泥固化方法	30
2.4.3 新型 M1 污泥固化剂	32
2.4.4 污泥固化工艺流程	33
2.5 污泥与炉渣混合预处理技术	34
2.5.1 炉渣性质	34
2.5.2 污泥与炉渣混合预处理的优点	36

2.5.3 污泥与炉渣混合预处理存在的问题	36
2.5.4 污泥与炉渣混合填埋可行性分析	37
2.6 添加其他改性剂的污泥预处理技术	37
2.6.1 改性剂基本性质	37
2.6.2 对污泥抗压强度的改善	37
2.6.3 对污泥抗剪强度的改善	38
2.6.4 对污泥渗透性能的改善	39
2.6.5 对污泥臭度的改善	39
3 污泥循环卫生填埋工艺	41
3.1 污泥卫生填埋场选址	41
3.1.1 目的与范围	41
3.1.2 法规要求	42
3.1.3 污泥填埋场选址标准	44
3.1.4 污泥填埋场址选择的方法	51
3.2 污泥卫生填埋场的类型和填埋方式	56
3.2.1 污泥卫生填埋场的类型	56
3.2.2 污泥填埋方式	57
3.3 污泥循环卫生填埋工艺与技术	60
3.3.1 污泥循环卫生填埋工艺	60
3.3.2 污泥循环卫生填埋技术	62
3.4 污泥填埋的环境影响控制	66
3.4.1 大气污染物控制	67
3.4.2 水污染控制措施	67
3.4.3 入场污泥	68
3.4.4 噪声控制	68
3.4.5 臭气控制	68
3.4.6 灭蝇	68
3.4.7 污泥堆体沉降	68
3.4.8 环境质量监测控制系统	69
4 污泥填埋场稳定化进程及加速污泥稳定化技术	70
4.1 生物反应器型污泥填埋场	70
4.1.1 生物反应器的研究与发展	70
4.1.2 生物反应器的结构特点	71
4.1.3 生物反应器的技术要求	71
4.1.4 生物反应器的基本原理	72
4.2 污泥填埋场稳定化进程	73
4.2.1 污泥稳定化过程的研究	73
4.2.2 不同性质污泥在填埋场中稳定化过程的研究	77

4.3 污泥填埋场腐殖化进程	78
4.3.1 腐殖质的组成	78
4.3.2 腐殖质的形成	79
4.3.3 腐殖质存在的作用	79
4.3.4 污泥腐殖化进程的研究	80
4.4 污泥填埋场渗滤液产生量	83
4.4.1 渗滤液的产生	83
4.4.2 不同性质污泥渗滤液各项指标随填埋时间的变化	85
4.5 污泥填埋场沼气产生量	90
4.5.1 填埋场气体的产生及原理	90
4.5.2 填埋场气体的组成特点	91
4.5.3 填埋污泥产气影响因素的研究	91
4.5.4 气体产生量预测	96
4.6 加速填埋场污泥的稳定化技术	100
4.6.1 选择合适的外界条件	100
4.6.2 加入适当的添加物	101
4.6.3 渗滤液循环	102
4.7 填埋场污泥的稳定化评价指标体系	102
4.7.1 填埋场稳定化过程研究的重要性	102
4.7.2 填埋场稳定化状态的判定	102
4.7.3 生物固体稳定化过程研究	103
5 矿化污泥开采及资源化利用方式	107
5.1 矿化污泥开采技术	107
5.1.1 矿化污泥开采的准备工作	107
5.1.2 矿化污泥开采的技术准则	108
5.1.3 矿化污泥开采的程序	109
5.1.4 矿化污泥开采的要素	110
5.2 矿化污泥的主要性质	111
5.2.1 矿化污泥的物理性质	111
5.2.2 矿化污泥的化学性质	113
5.3 矿化污泥作为有机肥种植绿化植物	114
5.4 矿化污泥生物反应床处理填埋场渗滤液	114
5.4.1 填埋场渗滤液的主要性质	114
5.4.2 传统污水处理方法处理填埋场渗滤液的可行性	115
5.4.3 矿化污泥生物反应床处理填埋场渗滤液	117
5.5 矿化污泥作为土壤改良剂改良土壤	118
5.5.1 适宜的有机质含量	118
5.5.2 丰富的营养元素	118
5.5.3 重金属浸出毒性较小	118

5.6 矿化污泥作为建筑材料制造路面砖	118
6 填埋场现场运行管理	120
6.1 污泥填埋主要设备配置	120
6.1.1 密闭式运载卡车	120
6.1.2 筛分设备	120
6.1.3 搅拌混合机	121
6.1.4 挖掘机	121
6.1.5 推土机	121
6.1.6 压实机	121
6.1.7 翻堆机	122
6.2 填埋场设备使用与管理	122
6.2.1 坚持岗位责任制	122
6.2.2 现场管理	123
6.2.3 设备的分类管理	123
6.2.4 维修和保养	124
6.3 填埋场环境保护工程与措施	126
6.3.1 水环境的保护措施	126
6.3.2 大气环境的保护措施	129
6.3.3 声环境的保护措施	129
6.3.4 对蚊蝇害虫的防治措施	130
7 污泥填埋工程实例	131
7.1 国内污泥填埋工程实例	131
7.1.1 污泥混合预处理系统设计	131
7.1.2 填埋库区设计	133
7.2 国外污泥填埋工程实例	135
7.2.1 只填污泥填埋场和专用土地处理场的设计和运行	135
7.2.2 北海岸卫生区填埋飞灰稳定化的污泥	136
7.2.3 得克萨斯三河管理机构中心区域处理厂脱水污泥填埋	139
7.2.4 达拉斯自来水公司南侧污水处理厂填埋及专门的土地处理	142
参考文献	148

1 污泥样品的监测与分析

1.1 污泥样品的采集和预处理

1.1.1 样品的采集

污泥采样地点的选择应具有代表性,因为污泥与添加剂的混合物混合得不一定非常均匀,在空间分布上具有一定的不均匀性,故应多点采样,将所有点的采样均匀混合,以使所采样品具有代表性。污泥一般可以在装货、倾倒或填埋后采样。采样地点取决于监测分析的目的,如果想鉴别入场污泥的性质,则在运输污泥的卡车上即可取样;如果想鉴定混合物是否达到填埋所需的强度和含水率要求,则在混合设备的出料中取样;如果想了解污泥在填埋场中稳定化的进程,则在填埋单元污泥堆体中取样;如果要对矿化污泥进行开采和资源化利用,则在稳定化后的污泥单位内取样。

样品的采集和保存程序应具备明确的操作规程并严格按照规定执行,这样就可以减少采样过程中产生的误差。采样时需要注意以下事项:

(1) 取样人员经过培训后才能负责收集样品,以确保采样时遵守有关操作规定。

(2) 在将污泥样品送去检测之前,应当使用安全防范措施,如使用手套、洁净取样设备、容器、防护衣等来采集未处理或已处理的污泥。

(3) 针对不同种类的污泥,可以使用不同采样装置。以脱水污泥为例,可以使用土壤取样设备,如收集器、钻头或探头等。

(4) 采样器最好使用不锈钢材料,避免使用镀铬采样器。当采集渗滤液和地面水时,可直接在排放点使用采样器采样或者使用汲器输送液体到容器中。当采集地下水时,可以使用各种各样的采样设备。对于具有衬里和渗滤液收集系统的填埋场,由于规定硝酸盐是唯一指定的监测参数,所以吊桶可能是最简单和最便宜的地下水采样装置。

(5) 污泥样品混合时,只有一小部分的混合样品是用于分析的,应当详细描述样品混合及抽样过程。通常使用一种混合杯或水桶(不锈钢或聚四氟乙烯)或丢弃的塑胶板混合污泥样品,并从中取出较少的样品用于分析检测。

(6) 样品保存程序及保存时间的说明。一般情况下,样品通常冷却到零下(或者储存在冰块中),除非样品分析在现场或者现场实验室进行。样品的保存时间随监测指标而定。举例来说,一般情况下,硝酸盐最高保存时间是 24 h。当样本被酸化时,最长保存时间可以延长至 28 天。有关部门应及时与实验室协调,以便确定所有连续监测的样品满足保存程序和保存时间的要求。

(7) 污泥样品采样设备清洗程序说明,确保不发生样品交叉污染的情况。

(8) 描述样品保管程序,确保在运输过程和分析期间保持样品的完整性。

1.1.2 样品的预处理

干污泥是指湿污泥经过浓缩、脱水后形成的含水率约为 80% 的脱水污泥。目前,脱水

污泥的资源化利用被认为是污泥处置的最佳方法。而污泥的性质以及污泥中含有的营养成分(包括氮、磷、钾、有机质等)和重金属、多环芳烃等有害物都会影响到污泥的有效利用。因此,准确测定污泥中的各种成分对于污泥处置和资源化具有十分重要的意义。

由于脱水污泥的含水量为 70% ~ 80%, 其外观形状类似于土壤。因此,土壤样品的采集和预处理方法基本适用于脱水污泥。

1.1.2.1 污泥的风干

除了测定易挥发物质需要新鲜的泥样外,污泥中大多数分析项目需要污泥风干样品。风干样品较易混合,准确性高。具体方法是将采集的脱水污泥置于瓷盘内,在阴凉处慢慢风干,并经常翻动、压碎。由于污泥中大量胶体物质的存在,污泥风干的时间较一般土壤样品的风干时间要长。

1.1.2.2 污泥的研磨和筛分

风干后的污泥样品用有机玻璃棒或木棒研碎后,过 2 mm 尼龙筛,去除 2 mm 以上的砂砾。1927 年国际土壤学会规定通过 2 mm 孔径的土壤用作物理分析,通过 1 mm 或 0.5 mm 孔径的土壤用作化学分析,这同样适应于污泥样品的预处理。将风干的污泥反复按四分法弃取,最后留下足够的分析用的数量(重金属测定可留约 100 g)。用四分法弃取的样品,另装瓶备用。留下的样品,再进一步用有机玻璃棒或玛瑙研钵予以研磨,全部通过 0.150 mm 尼龙筛。过筛后的样品,充分摇匀,装瓶备用分析。在制备样品时,必须注意样品不要被所分析的化合物或元素污染。另外,研磨过细会破坏污泥中的晶体结构,使 pH 值等测定结果增大,这一点应当注意。

1.1.2.3 污泥试样的保存

一般制备污泥样品,通常需要保存半年至一年,以备必要时查核。标样或对照样品,则需要长期妥善保存,建议采用蜡封瓶口。在保存试样时,除了贴上标签,写上编码等外,还应注意避免日光、高温、潮湿和酸碱气体等的影响。

玻璃材质容器是常用的优质储存容器,聚乙烯塑料容器也属美国环保局推荐容器之一,该类储存容器性能良好、价格便宜且不易破损。将风干试样、沉积物或标准试样等储存于洁净的玻璃或聚乙烯容器中,在常温、阴凉、避阳光、密封(石蜡涂封)条件下保存 30 个月是可行的。

1.1.2.4 污泥中目标物的浸提

污泥中大多数目标物的分析方法均要求分析试样为液体,因此,将污泥用蒸馏水或有机溶剂浸提,使其中的目标物由污泥相转移到浸提液中,是实现目标物定量测定的重要环节,主要的浸提步骤如下:

(1) 称取试样。称取 100 g 风干污泥,置于浸出容积为 2L 的带盖广口聚乙烯瓶或玻璃瓶中,加水 1L。

(2) 振荡摇匀。将瓶子垂直固定在水平往复振荡器上,调节振荡频率为 (150 ± 10) 次/min,振幅为 40 mm,在室温下振荡 8 h,静置 16 h。

(3) 过滤。通过 0.45 mm 滤膜过滤,滤液按各分析项目要求进行保护,在合适的条件下储存备用。每种样品做两个平行浸出试验,每瓶浸出液对预测项目平行测定两次,取算术平均值报告结果。

1.2 污泥样品的监测与分析

污泥样品的监测与分析项目,取决于污泥的监测目的。资源化利用途径的泥质要求的指标,在污泥稳定化后进行开采利用时要对其进行测定。然后对照相关标准,达到标准要求的,则可顺利实现该途径的资源化利用。如要将矿化污泥用作园林绿化,则应符合 CJ 248—2007《城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质》和 GB/T 23486—2009《城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质》的要求;如果要将矿化污泥用作土地改良,则应符合 CJ/T 291—2008《城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质》的要求;如果要将矿化污泥用作制砖的原料,则应符合 CJ/T 289—2008《城镇污水处理厂污泥处置 制砖用泥质》的要求等等。所涉及的监测项目和分析方法介绍如下。

1.2.1 污泥的物理性质测定

1.2.1.1 含水率

称取湿污泥试样 20 g 左右,当需要测定烘干后泥样中的无机物时,可将湿污泥在 105℃ 下烘干至恒重,测定水分含量。具体方法参见 CJ/T 221—2005《城市污水处理厂污泥检验方法》。当需要测定烘干后泥样中的有机物时,可采用 SL 237—1999《土工试验规程》中有有机土的含水率测定方法,即在 65℃ 下烘干至恒重的方法。也有资料推荐泥样应于 60℃ 干燥 24 h 来测定水分含量。

首先用精密天平测得表面皿质量 m_1 (精确到 0.0001 g),然后取试样少许放入表面皿内,测得表面皿和湿试样的总质量 m_2 ,将试样放入烘箱,在 65℃ 下烘干至恒重,取出放在干燥器中冷却,称得表面皿与干试样的总质量 m_3 。根据式(1-1)计算含水率 w' :

$$w' = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \quad (1-1)$$

需指出的是,上述含水率 w' 是环境工程领域习惯表示法,即水分与湿试样总重量之比,其数值总是小于 1 的。而土工实验的含水量 w 是水分与干固体重量之比,其数值可能大于 1。应注意将两者区分开来。两者换算关系为 $w' = w/(1+w)$ 或 $w = w'/(1-w')$ 。

1.2.1.2 污泥颗粒密度

污泥颗粒密度,以往习惯称为比重,是干污泥颗粒的质量与其体积之比,此体积仅仅是污泥颗粒本身所占的体积,不包括污泥颗粒之间的空隙所占体积。其测定可参照 SL 237—1999《土工试验规程》或 GB/T 50123—1999《土工试验方法标准》中的比重试验进行。采用比重瓶法时,因污泥有机质含量很高,用中性液体——煤油代替纯水测定。

1.2.1.3 密度

密度是单位体积污泥的质量,此体积中不仅包括污泥颗粒的体积,还包括颗粒之间的空隙的体积。密度测定可采用 SL 237—1999《土工试验规程》或 GB/T 50123—1999《土工试验方法标准》中的环刀法。

1.2.1.4 界限含水率

液限和塑限的测定可参照 SL 237—1999《土工试验规程》或 GB/T 50123—1999《土工试验方法标准》界限含水率试验。

液限的测定可采用锥式仪法,用调土刀将污泥在试杯中调匀,泥中不能含有封闭气泡,

泥面与杯口平。用手拿稳液限仪,锥尖刚好接触泥面,松手后 5s 时观看锥尖进入污泥的深度,当锥尖进入泥面深度刚好为 17 mm,取污泥测定含水率,此值即为液限。污泥鲜样的含水率很高,用吹风机吹风使污泥的含水率降低到测出液限。

塑限的测定参照 GB/T 50123—1999《土工试验方法标准》的界限含水率试验。可采用搓条法,按下列步骤进行:将污泥样用电吹风吹风使含水率适当地降低,直至试样在手中揉捏至不沾手,捏扁,当出现裂缝时,表示含水量接近塑限。取接近塑限含水量的试样 8 ~ 10 g,用手握成椭圆形,放在毛玻璃板上用手掌滚搓,手掌的压力要均匀地施加在泥条上,不得使泥条在毛玻璃上无力滚动,泥条不得有空心现象,泥条长度不大于手掌宽度。当泥条被搓成直径为 3 mm 时产生裂缝,并开始断裂,表示试样的含水量达到塑限含水量。取直径为 3 mm 的有裂缝的泥条 3 ~ 5 g,测定泥条的含水量。

1.2.2 污泥的力学性质测定

1.2.2.1 渗透系数

可采用气压变水头法测定渗透系数,方法参照 SL237—1999《土工试验规程》。主要设备为上海深尔科公司生产的 TK-STP-3 型二联式渗压仪(如图 1-1 所示)。

1.2.2.2 横向剪切强度

横向剪切强度即直接剪切强度,参考 GB/T 50123—1999《土工试验方法标准》。含水率高的污泥强度低,常规土工直剪实验施加的垂直压力对于污泥来说太大了,污泥在超过 200 kPa 压力下会发生明显的流变,从上下剪切盒之间的缝隙中挤出。因此,应适当减小垂直压力至 150 ~ 200 kPa 以下。剪切速率控制在 0.8 mm/min,使试样在 3 ~ 5 min 内剪坏。由于污泥在剪切过程中,百分表指针不后退,采用剪切位移为 4 mm 时所对应的剪应力为抗剪强度,并使剪切位移达到 6 mm 时才停止剪切。

1.2.2.3 十字板剪切强度

由于污泥的性质很特殊,目前尚未有标准的测定污泥强度的方法,国外常用的方法是十字板剪切试验。十字板剪切试验使用插入土中的标准的十字板探头,以一定的速率扭转,测量破坏时的抵抗力矩,并测定土的不排水抗剪强度。十字板剪切仪构造简单,操作方便,对试样结构的扰动小,比较适用于饱和软黏土,特别是难以取样或者试样在自重作用下不能保持原有性状的软黏土。可使用上海某公司生产的淤泥十字板剪切仪,见图 1-2,该仪器尤其适合淤泥等的低抗剪强度测定。

测定方法是將试样放入采样筒内,固定在十字板剪切仪上,十字板插头插入试样中,深度为 $(3 \sim 5)b$, b 为钻孔直径,大约为 8 cm;固定十字板转杆,稳定 3 ~ 5 min;慢慢添加砝码,待转盘转动并且至转动角度急骤增大,此时认为剪切破坏,所加的荷载为总荷载 m 。

抗剪强度公式为 $C_u = 0.0267561741m$,其中 0.0267561741 为仪器抗剪强度系数。在野外进行测定原位不排水强度时,可使用便携式触探仪,易于操作且更实用。

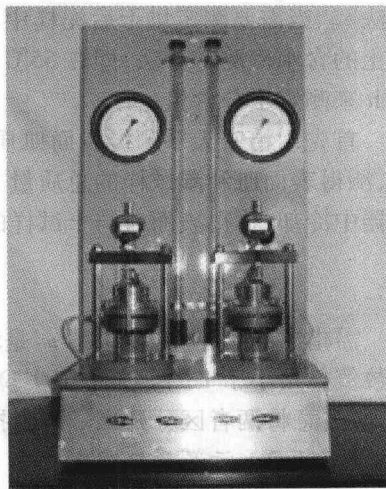


图 1-1 TK-STP-3 型
二联式渗压仪

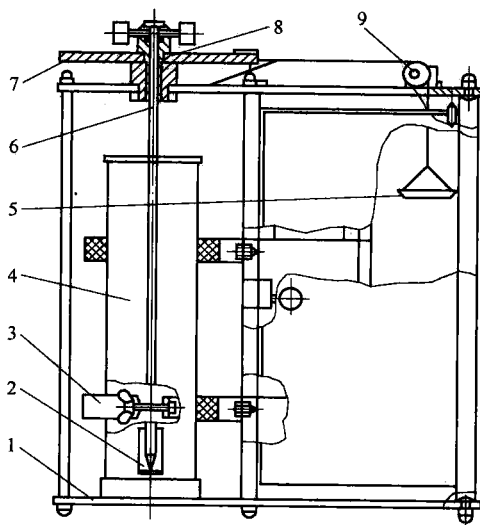


图 1-2 淤泥十字板剪切仪

1—底座;2—十字板;3—取样管固定环;4—薄壁取样管;5—砝码盘;
6—线绳;7—刻度盘;8—固定套管;9—滑轮

1.2.2.4 压缩固结系数

压缩固结系数的测量方法见水利部 SL 237—1999《土工试验规程》压缩固结试验。采用的主要设备为渗压仪(见图 1-1),该仪器采用气压加荷法。渗压仪的试样面积为 30 cm^2 ,高度为 4 cm 。试样上下都有透水石,变形量测定设备为百分表。由于污泥的高压缩性,其变形量往往超过常规 1 cm 的百分表量程,所以改用 2 cm 量程的百分表。通过气压加荷,连续加荷分级为 50 kPa 、 100 kPa 、 150 kPa 和 200 kPa (因为污泥的承压能力低,不宜使用更大的压力)。每级加荷 24 h ,加下一级荷载前读数。根据在不同的固结压力下试样的变形量,计算各级荷重下的孔隙比,绘制 $e-p$ 曲线, $e-\lg p$ 曲线。求得土的压缩系数 α 、压缩指数 C_c 、压缩模量 E_s 。在加第一级荷载 50 kPa 后,每隔一定时间记录百分表的读数,按常规方法绘制 $S(\text{变形})-\sqrt{t}(\text{时间})$ 关系曲线,计算土样在 50 kPa 固结压力下的垂直向固结系数 C_v 。固结系数的确定按时间平方根法进行。

1.2.3 污泥的化学性质测定

1.2.3.1 pH 值的测定

pH 值的测定采用玻璃电极法,具体参见 CJ/T 221—2005《城市污水处理厂污泥检验方法》。

1.2.3.2 水溶性盐分(EC)的测定

采用电导法测定水溶性盐分,具体参见 LY/T 1251—1999《森林土壤水溶性盐分分析》。

1.2.3.3 有机物含量、挥发性固体及灰分含量的测定

污泥中的挥发性固体为干污泥经过高温灼烧后减少的那一部分,其主要成分为有机物,而残留的无机部分称为灰分。具体方法参见 CJ/T 221—2005《城市污水处理厂污泥检验方法》。