

污泥无害化、减量化、资源化 处理新技术

翁焕新 著



科学出版社
www.sciencep.com

污泥无害化、减量化、资源化 处理新技术

翁焕新 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是有关城市污泥处理技术的学术专著,它总结了作者十余年来对污泥处理技术进行的理论研究和工程实践。书中以低温干化这一污泥处理技术核心为主线,全面系统地介绍了符合我国国情且具有自主知识产权的城市污泥无害化、减量化、资源化处理的新工艺与新方法,充分体现了当今国内外污泥处理领域的最新研究进展。全书共分九章,内容包括污泥的形成与处理现状、污泥的特性、污泥初步减量的原理与方法、污泥低温干化技术、污泥低温干化工艺的配套设备、污泥干化过程中有害气体的释放与收集、污泥干化释放气体的控制与处理技术、污泥处理项目设计与工程实例和干化污泥的资源化利用等。

本书内容全面、新颖、翔实,结构清晰简明,理论性、实践性和可操作性相互融合,可供环境工程技术人员、研究人员和各级管理人员使用,也可供大专院校相关专业的教师和学生及对污泥处理行业有兴趣的投资者和经营者学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

污泥无害化、减量化、资源化处理新技术/翁焕新著. —北京:科学出版社, 2009

ISBN 978-7-03-024570-0

I. 污… II. 翁… III. ①城市-污泥处理-技术 ②城市-污泥利用-技术
IV. X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 072903 号

责任编辑:周 炜 王志欣 王向珍 / 责任校对:朱光光

责任印制:赵 博 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年5月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2009年5月第一次印刷 印张: 17 3/4 插页: 1

印数: 1—2 000 字数: 341 000

定价: 58.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

前 言

根据国家环境保护“十一五”规划与全国城镇污水处理及再生利用设施建设“十一五”规划,至 2010 年我国所有城市都要建设污水处理设施,城市污水处理率不低于 70%,预计全国城市污水处理能力将超过 $1 \times 10^8 \text{ t/d}$,伴随产生的污泥(含水率 80%左右)将高达 $3 \times 10^7 \text{ t/a}$,加上污染河湖疏浚污泥和城市下水道污泥等,每年产生的城市污泥不仅数量非常巨大,而且每年还以 10%~15%的速度增加。如何安全经济地处置城市污泥是世界各国共同面临的问题,解决这个世界性难题对我国来说刻不容缓。

城市污泥是一种含有病原微生物、多种有机和无机污染物及重金属的固液混合物。从污泥中检测到的 192 种化合物中,有 99 种被确定为有害化合物,因此,污泥是一类危害性极大的固体废弃物,如果不加以彻底的处理与控制,将会对环境造成严重的二次污染。

在过去的几十年中,我国在城市污水处理方面,通过引进、消化、吸收国外先进技术,使水处理技术有了突破性的进展。然而,作为城市污水处理系统的有机组成部分,污泥的处理处置技术却发展迟缓,在一定程度上制约了城市污水处理的进程。造成这种局面的原因与国际上现有的污泥处理处置技术不适合我国国情有关。国外出现污泥处理难的问题早于我国数十年,他们在长期实践中建立的污泥处理处置方法归纳起来主要有卫生填埋、焚烧和土地利用等,这些方法的实施有以下三个先决条件:一是需要有足够的污泥填埋空间;二是需要承受昂贵的设备投资和高昂的运行费用;三是对污泥中有害物质如重金属的含量等有严格的限制条件。而我国除了在经济上还无法承受太高的污泥处理费用外,更重要的是我国城市污泥具有不同于国外的两个明显特点:一是污泥的数量和体积特别大,并且主要集中在城市周边,根本没有适合污泥填埋的空间;二是由于生活污水和工业废水合并处理,从而使污泥的成分非常复杂,特别是重金属含量很高,污泥的土地利用受到限制。显然,国外的污泥处理方法难以被我国借鉴。目前,我国大部分污泥只经过初步处理,便进行无序地临时堆存或简单填埋,不仅占用了大面积的土地资源,而且破坏了生态环境,影响人体健康。针对以上现象,开辟一条符合我国国情的污泥无害化、减量化、资源化处理的新途径势在必行。

20 世纪 90 年代,作者带领研究生在污水处理厂进行教学实习时,便发现了污泥处理的难题,从那时起,便从深入研究污泥的特性入手,在认识了污泥具有资源化利用价值的基础上,提出了先将污泥制成一定粒径的团粒,然后按适当的比例与黏土均匀混合,利用污泥热值烧制轻质节能砖的办法。后来,这一发明获得专利批准。评审专家一致认为,该技术解决了利用污泥制砖的技术关键,在加入较高污泥比例后烧制的砖体,不仅不影响砖体的质量,反而增加了其抗压强度,为污泥资源化利用开辟了一条具有广阔应用前景的新途径,研究成果具有创新性,在污泥处理领域达到了国际先进水平。随后,作者与工程技术人员在如何将污泥有效地干化,并自然形成符合资源化利用所要求的污泥团粒方面,开展了大量的实验研究和理论分析,同时通过工程实践和不断总结经验,经过十年的努力,逐渐建立了由 24 项发明专利为技术支撑的污泥处理工艺与污泥处理系统,奠定了符合我国国情的污泥无害化、减量化、资源化处理新技术的原理与方法的基础。2004 年初江苏盛泽建成我国第一个利用独立热源的专业化污泥处理厂,2005 年末在江苏江阴康顺热电厂建成我国第一条利用烟气余热干化污泥的生产线,这两个工程的建成是具有纪念意义的,特别是江苏江阴康顺工程,使我国在污泥处理领域迈出了以废治废、废弃物循环利用的第一步,它们标志着我国污泥处理的专利技术开始应用于实践。正是因为有了这两个第一,迄今已有十多个地方和企业利用作者的发明专利技术,建成和正在建设或即将建设污泥处理工程,建成的污泥处理工程,在总投资和运行成本方面分别仅为国外同等规模污泥处理工程的五分之一和三分之一,工程运行后均获得了显著的社会、环境和经济效益。

实践表明,污泥干化是污泥实现无害化、减量化、资源化处理的关键,而使污泥在有效减量的同时,还能最大限度地保存污泥可利用的热值资源,污泥低温干化工艺是技术的核心。本书以污泥低温干化技术为主线,在对各类污泥理化特性进行深入研究,并总结已有污泥初步减量方法的基础上,全面系统地介绍了污泥低温干化工艺的技术原理和实施方法,污泥干化时的物料与能量平衡计算,以及与工艺相配套的机械设备与装置,并对污泥干化过程中释放气体的收集与控制进行了理论和技术上的分析与设计;同时通过剖析利用发明专利技术的不同类型的典型工程实例,使读者对污泥处理新技术的理解得到进一步加强;最后给出了干化后污泥团粒的多种资源化利用的途径。与国内外已出版的同类书籍相比,本书具有以下特点:

(1) 资料的原始性。本书除简要归纳和引用污泥初步减量方法及相关资料

外,所有原始数据和工艺技术均来源于作者对污泥处理的基础理论研究和对工程实践的经验总结。

(2) 内容的系统性和完整性。本书内容包括污泥形成、污泥特性、初步减量、污泥低温干化工艺与设备、释放气体控制、工程实例和干化污泥资源化利用等,涵盖了污泥得到彻底处理所涉及的各种技术环节和相关的理论问题。

(3) 技术的创新性。书中建立的污泥无害化、减量化、资源化处理工艺和系统,在学术上和技术上是全新的,完全不同于国内外现有的污泥处理方法,不仅符合我国国情,具有很强的理论性、实践性和可操作性,而且具有自主知识产权,它反映了当今国内外污泥处理领域的最新研究进展。本书的面世有助于我国的污泥处理技术步入世界前列,相信读者可从本书中获得一定的收益。

本书是作者十余年来有关污泥处理技术研究和工程实践的总结,凝结了作者和参与该项技术推广及工程实施的工程技术人员、管理人员、研究生和一线操作工人的辛勤劳动。在这里特别要感谢的是杭州新源环境工程有限公司的苏闽华、李忠、陈海燕、包文林、张旭、潘学兴、童世君、程其佑、李志强等和浙江朗地环境工程有限公司的徐中平、梅向前、张建江等,感谢他们在推广和实施发明专利技术中所做的努力。博士生马学文、张兴茂、章金骏、秦亚超,硕士生许赟溢、马荣林、孙峰、刘瓚、曹彦圣、傅凤霞、高彩霞、冯曦、褚赟在污泥样品分析、理论分析和实验研究方面做了大量的工作;季仲强绘制了本书部分插图,在此一并表示感谢。作者曾得到了浙江省科技厅有关污泥处理技术的“重大科技攻关”项目和重点项目的资助,在此表示衷心的感谢。

污泥本身的复杂特性决定了污泥处理技术的复杂性,而污泥工程化处理的研究在我国还处于探索阶段,因此,书中难免有疏漏和不足之处,敬请同行专家和广大读者批评指正。

作 者

2009年1月于浙江大学

目 录

前言

第 1 章 污泥的形成与处理现状	1
1.1 污泥的形成	1
1.1.1 污泥的来源	1
1.1.2 城市污泥的产量	5
1.2 国内外污泥处理现状	8
1.2.1 国外污泥处理技术	9
1.2.2 我国污泥处理现状	11
第 2 章 污泥的特性	14
2.1 污泥的物理特性	14
2.1.1 污泥含水率	14
2.1.2 污泥密度	16
2.1.3 污泥比阻	17
2.1.4 污泥热值	18
2.1.5 污泥粒度	20
2.2 污泥的化学特性	23
2.2.1 污泥的化学组成	23
2.2.2 污泥中的重金属	24
2.2.3 污泥中的有机物	32
2.2.4 污泥的矿物组成	38
2.3 污泥的微生物学特性	41
2.3.1 污泥中的微生物体	41
2.3.2 污泥中的硫酸盐还原菌	43
第 3 章 污泥初步减量的原理与方法	48
3.1 污泥浓缩	48
3.1.1 污泥浓缩原理	48
3.1.2 污泥浓缩的方法	51
3.2 污泥消化	56
3.2.1 污泥的厌氧消化	56
3.2.2 污泥的好氧消化	62

3.3	污泥机械脱水	65
3.3.1	污泥机械脱水的基本原理	65
3.3.2	污泥的调质	66
3.3.3	污泥机械脱水的方法	68
第4章	污泥低温干化技术	73
4.1	污泥低温干化原理	73
4.1.1	污泥中水的存在形式与低温干化	74
4.1.2	污泥干化过程与干化速率曲线	75
4.1.3	影响污泥干化速率的因素	77
4.2	热源	93
4.2.1	独立热源	93
4.2.2	烟气余热	96
4.3	污泥低温干化工艺	97
4.3.1	独立热源污泥干化工艺	97
4.3.2	利用烟气余热污泥干化工艺	99
4.3.3	复合热源污泥干化工艺	100
4.3.4	垃圾焚烧排放烟气污泥干化工艺	101
4.4	污泥干化的热量与物料平衡	102
4.4.1	基本参数	103
4.4.2	污泥干化的平衡计算	103
4.4.3	运行参数之间的相互关系	106
第5章	污泥低温干化工艺的配套设备	109
5.1	污泥预处理系统	109
5.1.1	利用尾气余热的封闭式污泥储存库	109
5.1.2	埋式污泥储存系统	114
5.1.3	利用太阳能污泥预处理系统	116
5.2	污泥输送系统	122
5.3	污泥干化与成粒系统	126
5.3.1	污泥干化成粒装置的功能	126
5.3.2	污泥干化成粒装置的构成与运行	126
5.3.3	污泥干化成粒装置的辅助设施	128
5.4	污泥干化热量回收利用系统	130
5.4.1	热管换热器	130
5.4.2	尾气余热回收再利用的污泥干化系统	134

第 6 章 污泥干化过程中有害气体的释放与收集	138
6.1 污泥释放气体的种类及其释放特征	138
6.1.1 污泥释放的有机气体	138
6.1.2 不同污泥苯系物的释放特征	151
6.1.3 污泥干化过程中硫化氢和氨的释放	155
6.2 污泥干化有害气体的收集系统	166
6.2.1 污泥预处理释放气体的收集	166
6.2.2 污泥干化尾气的收集系统	168
6.2.3 污泥成品库释放气体的收集	170
第 7 章 污泥干化释放气体的控制与处理技术	172
7.1 污泥释放气体的控制方法	172
7.1.1 控制干化温度减少污泥有害气体释放量	172
7.1.2 污泥杀菌防止硫化氢产生	173
7.1.3 污泥对烟气二氧化硫的吸收	175
7.2 污泥释放臭气的消除方法	180
7.2.1 恶臭气体的处理技术	180
7.2.2 湿式除尘除气方法	182
7.2.3 土壤生物处理法	185
7.3 污泥干化释放气体的控制系统	191
7.3.1 污泥储存时释放气体的控制	191
7.3.2 污泥干化成粒时释放气体的控制	192
7.3.3 污泥成品库释放气体的控制	192
第 8 章 污泥处理项目设计与工程实例	194
8.1 独立热源污泥处理工程	194
8.1.1 江苏盛泽污泥处理厂	194
8.1.2 浙江义乌污泥处理工程	197
8.1.3 江苏常州新环污泥处理工程	210
8.2 利用烟气余热污泥处理工程	213
8.2.1 江苏江阴利用热电厂烟气余热污泥处理工程	213
8.2.2 浙江富阳造纸污泥干化项目设计	216
8.3 利用垃圾发电烟气余热污泥处理项目设计	226
8.3.1 工艺设计流程	226
8.3.2 物料平衡计算	227
8.3.3 能量平衡计算	229

8.3.4	烟气配气比计算	230
8.3.5	减排和循环经济效益	230
8.4	利用烟气余热与外供热源相结合的污泥干化项目设计	231
8.4.1	工程背景	231
8.4.2	印染污泥的热值	231
8.4.3	可供利用的烟气余热资源条件	232
8.4.4	烟气余热与外供热源结合的污泥干化工艺	232
8.4.5	不同工况的热量平衡计算	234
8.4.6	环境与经济效益分析	238
第9章	干化污泥的资源化利用	239
9.1	干化污泥理化特性的变化	239
9.1.1	干化污泥的形态变化	239
9.1.2	干化污泥的体积变化	240
9.1.3	干化污泥的密度变化	241
9.1.4	干化污泥颗粒的强度	241
9.2	污泥颗粒烧制轻质节能砖	242
9.2.1	技术分析与相关参数	242
9.2.2	污泥轻质节能砖的烧制	245
9.2.3	污泥轻质节能砖的性能测定	245
9.3	污泥颗粒生产水泥压制品	248
9.3.1	生产方法	248
9.3.2	重金属淋滤试验	249
9.4	污泥烧制陶粒	250
9.4.1	污泥灰的物理化学性质	250
9.4.2	污泥陶粒的烧制	253
9.4.3	污泥陶粒的理化特性	253
9.5	干化污泥作为燃煤的辅助燃料	258
9.5.1	污泥的热重分析	258
9.5.2	污泥的燃烧性分析	262
9.6	污泥作为垃圾覆盖土	264
	参考文献	265

第 1 章 污泥的形成与处理现状

1.1 污泥的形成

1.1.1 污泥的来源

污泥是一种含有微生物的固液混合废弃物,在城市系统中,污泥主要来自城市污水处理厂、城市自来水厂、河湖疏浚、城市排水管道系统等。

1. 污水处理厂污泥

污水处理厂污泥是在城市生活污水和工业废水进行净化处理的过程中,产生的沉淀物质及污水表面漂出的浮渣,它是一种固液混合物质,在没有外力干预的情况下,其固液比相对稳定。世界水环境组织将污水污泥称为生物固体(biosolid),认为它是一种可以回收再利用的初级有机固体产品。

根据污水处理工艺的不同,污泥可分为初次沉淀污泥(来自初次沉淀池)、腐殖污泥(生物膜法后沉降下来而排放的污泥)、剩余活性污泥(活性污泥法后从二次沉淀池中排出的多余污泥)、消化污泥(经厌氧消化后产生的污泥)。污水在经过 10h 左右的处理后,大部分悬浮性污染物、可分解的胶体和溶解性污染物都被除去,从污水中被去除的污染物绝大部分转变为污泥,污泥的体积占进入处理厂污水流量的 1% 左右。为了使各类污水经过处理后能够达标排放,根据污水的性质,在污水处理工艺设计中通常采用物理的、生物的和化学的复合方法。污水在经过每段工艺流程时,均会产生数量不等和特性不同的污泥。在污水处理过程中,污水中的污染物通过细菌吸收、细菌和矿物颗粒表面吸附及同一些无机盐的共沉淀等多种途径转变为污泥。污水的净化程度越高,污泥的生成量就越大。例如,污水通过城市排水系统进入污水处理厂,经过格栅或滤网去除污水中的漂浮物和部分悬浮状态的污染物质,这时形成的栅渣的组成与生活垃圾类似,栅渣量决定于污水的水质。经过格栅或滤网的污水进入沉砂池,通过沉淀形成的沉渣主要为密度较大的稳定无机固体颗粒物,它的数量取决于沉砂池的设计和运行情况。经过沉砂后的污水进入初次沉淀池,这时形成的初次沉淀污泥,通常为灰色糊状物,其成分主要为污水所含有的可沉降性物质,它的产量取决于污水中悬浮物的含量和沉淀效率。污水进入二次沉淀池后,产生剩余活性污泥,它是曝气池

活性污泥的沉降产物,其中含有生物体,这种污泥的产量取决于污水的生物处理工艺和排泥浓度。当污水处理采用混凝沉淀工艺时,会产生化学污泥,这时污泥的性质取决于采用的混凝剂种类,污泥产生的数量则由污水中悬浮物的含量和投加的药剂剂量决定。污水在初次沉淀或二次沉淀阶段,会产生一定数量的浮渣,浮渣的成分比较复杂,一般会有油脂、植物和矿物油、动物脂肪等。

污水处理厂污泥的产生主要受污水水质和污水处理工艺及各工艺环节运行情况的影响,图 1.1 为污水处理厂污泥产生的过程,表 1.1 给出了污水处理和污泥处理环节的工艺选择与污泥产生时含固率的关系。

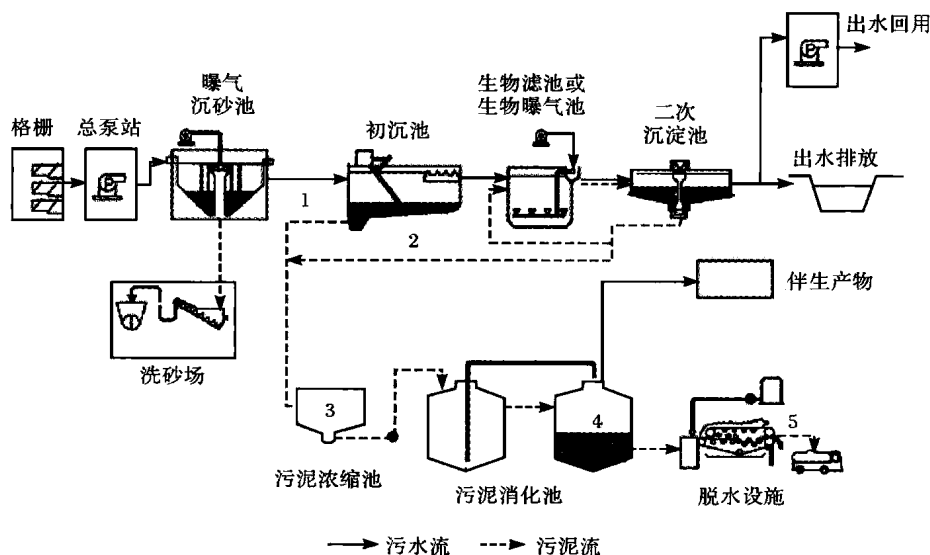


图 1.1 典型的污水处理厂污泥产生过程示意图(缪应祺,2002;Wang et al., 2006)

1. 初沉污泥; 2. 活性污泥; 3. 浓缩污泥; 4. 消化污泥; 5. 脱水污泥

表 1.1 不同处理工艺的排泥浓度(含固率)

处理工艺	浓度范围/%	典型值/%
初次沉淀池		
初沉污泥	4.0~10.0	5.0
初沉污泥和剩余活性污泥	3.0~8.0	4.0
初沉污泥和腐殖污泥	4.0~10.0	5.0
初沉污泥和加铁除磷污泥	0.5~3.0	2.0
初沉污泥和加低量石灰除磷污泥	2.0~8.0	4.0
初沉污泥和加高量石灰除磷污泥	4.0~16.0	10.0

续表

处理工艺	浓度范围/%	典型值/%
二次沉淀池		
活性污泥法		
设初沉池	0.5~1.5	0.8
未设初沉池	0.8~2.5	1.3
纯氧活性污泥法		
设初沉池	1.3~3.0	2.0
未设初沉池	1.4~4.0	2.5
生物膜法	1.0~3.0	1.5
接触氧化法	1.0~3.0	1.5
重力浓缩池		
初沉污泥	5.0~10.0	8.0
初沉污泥和剩余活性污泥	2.0~8.0	4.0
初沉污泥和腐殖污泥	4.0~9.0	5.0
气浮浓缩池		
剩余活性污泥		
加入化学药剂	4.0~6.0	5.0
未加化学药剂	3.0~5.0	4.0
离心浓缩		
剩余活性污泥	4.0~8.0	5.0
重力带式浓缩		
加药剩余活性污泥	3.0~6.0	5.0
厌氧消化		
初沉污泥	5.0~10.0	7.0
初沉污泥和剩余活性污泥	2.5~7.0	3.5
初沉污泥和腐殖污泥	3.0~8.0	4.0
好氧消化		
初沉污泥	2.5~7.0	3.5
初沉污泥和剩余活性污泥	1.5~4.0	2.5
剩余活性污泥	0.8~2.5	1.3

注：引自文献(何晶晶等,2003)。

2. 城市自来水厂污泥

城市自来水厂污泥主要为原水净化过程所产生的沉淀物和滤除物。进入城市自来水厂的原水有地表水和地下水,原水在沉淀过程中需要投放混凝剂和软化药剂,如原水是浑浊的地表水,通过投加化学混凝剂达到去除悬浊物质的净化目

的,这时形成的污泥主要含有原水中的悬浮物、溶解状胶质、有机物、微生物、胶状的金属氢氧化物和混凝剂等;如原水是地下水,通过投加软化药剂与地下水中的钙离子、镁离子反应沉淀,达到降低硬度的净化目的,这时形成的污泥主要由碳酸钙、氢氧化镁、淤泥、过剩石灰和有机物等组成。

城市自来水厂污泥的产率取决于原水的水质,原水中需要去除的杂质越多,杂质的可混凝沉降性越差,处理药剂的用量就越多,相应的污泥产率也越大。

3. 河湖疏浚污泥

河湖疏浚污泥是指通过疏浚工程从污染河段和污染湖泊中清理出来的表层沉积淤泥。工业废水、生活污水、城市地表径流和大气降水进入河流城市河段和城市周边湖泊,通过沉积作用,污水中的悬浮污染物、城市地表径流和大气降水中的颗粒物质、胶体物质沉入水底,形成沉积淤泥。这类沉积物除了富集各种污染物和重金属外,还含有有机生物垃圾、植物树叶及水生生物的残骸等,当受到扰动时,这些污染物会从沉积物中释放出来重新进入水体,因此,它们是城市水体环境潜在的污染源。为了保护和改善城市水环境,对污染河段和湖泊表层沉积淤泥进行定时的疏浚,成为水环境修复必要的工程措施。

河湖疏浚污泥的体积因疏浚的方式不同差异很大,如果采用水力疏浚,疏浚污泥的含固率一般为10%~20%;如果采用机械疏浚,疏浚污泥的含固率可以达到40%~60%,因此,疏浚相同体积的河湖底泥,水力疏浚的污泥体积比机械疏浚的污泥体积大很多。

4. 城市排水管道污泥

城市排水管道污泥是城市排水管道系统中的沉积物。当城市生活污水、工业废水和雨水径流进入城市排水系统后,在重力沉降、吸附、络合、转化等物理、化学和生物过程的作用下,其中的可沉降与可转化的沉降物质在排水管道中沉积下来,并逐渐形成管道污泥。在管道污泥形成的过程中,管道的水动力状况和生化环境起着十分重要的作用。

城市排水管道污泥的性质因各城市排水管道系统类型的不同存在明显的差别。城市排水管道系统的类型有分流制污水管系统、分流制雨水管系统和合流制排水管系统。形成分流制污水管污泥的物质,主要来自生活污水,如粪便、卫生用纸、食品残渣、洗涤碎屑等固体物和工业废水中的可沉降物,以及生活污水和工业废水中可被生物利用的溶解性物质;形成分流制雨水管污泥的物质,主要来自雨水径流中夹带的固体颗粒物,如裸露地面风蚀源沉降物、轮胎磨损的颗粒、机动车排气颗粒物和大气降尘等;合流制排水管污泥的物质来源,在晴天期类似于污水管污泥,在雨天期则类似于雨水管污泥,由于晴天期与雨天期的水动力条件差异

很大,因此,合流制排水管道污泥的物质组成具有不稳定性。

1.1.2 城市污泥的产量

1. 污水处理厂污泥的产量计算

污水处理厂污泥主要由初沉池产生的初沉污泥和二次沉淀池产生的剩余活性污泥组成,这两部分污泥的产量可以通过以下计算方法估算。

1) 初沉污泥的产量(V_1)

$$V_1 = \frac{100C\eta Q}{10^3(100 - P_1)\rho} \quad (\text{m}^3/\text{d}) \quad (1.1)$$

其中, Q 为污水流量,污水处理厂的平均日流量, m^3/d ; C 为进入初沉池污水中悬浮物浓度, kg/m^3 ; η 为初沉池沉淀效率(城市污水处理厂一般取 50%),%; P_1 为污泥含水率(一般取 95%~97%),%; ρ 为初沉池污泥密度(以 $1000\text{kg}/\text{m}^3$ 计), kg/m^3 。

2) 剩余污泥的产量(V_2)

$$V_2 = \frac{\Delta X_T}{(1 - P) \times 1000} \quad (\text{m}^3/\text{d}) \quad (1.2)$$

其中, P 为剩余污泥含水率,取 96%~99.2%; ΔX_T 为每日剩余污泥干重, kg/d 。

每日剩余污泥干重 ΔX_T 等于活性污泥系统中每日产生的活性污泥干质量,即

$$\Delta X_T = \frac{\Delta X}{f} = \frac{aQ_m L_R - bX_V V}{f} \quad (1.3)$$

其中, ΔX 为挥发性剩余污泥量, kg/d ; Q_m 为平均体积流量, m^3/d ; a 、 b 分别为污泥产率系数和污泥自身氧化率,以生活污水为主的城市污水, a 一般为 0.5~0.6, b 一般每天为 0.06~0.1; L_R 为曝气池进出水 BOD_5 浓度差, kg/m^3 ; X_V 为曝气池混合液挥发性悬浮固体浓度, kg/m^3 ; V 为曝气池容积, m^3 ; f 为曝气池挥发性悬浮固体和悬浮固体浓度之比,即

$$f = \frac{\text{MLVSS}}{\text{MLSS}}$$

城市污水一般取 f 为 0.75。

3) 我国城市污水处理厂污泥产量(V_3)

城市污水处理厂污泥的年产量可以通过污水处理量和污泥含固率来估算,即

$$V_3 = \frac{(N_1 + N_2)S \cdot 360 \cdot X_1}{\eta} \quad (\text{t/a}) \quad (1.4)$$

其中, N_1 为城市人口数,人; N_2 为暂住人口数,人; S 为人均日产干污泥量,一般采用 $50\text{g}/(\text{人} \cdot \text{d})$; X_1 为该城市污水集中处理率,或为该城市污水处理率,%; η 为脱水污泥含固率,%。

根据中华人民共和国建设部发布的 2000~2006 年城市、县城和村镇建设统

计公报和城市建设统计公报的有关数据,估算我国城市污水处理厂污泥的产量见表 1.2。从表 1.2 中可以看出,两种估算的结果基本上是一致的,特别是 2006 年将暂住人口计算在内,结果更加接近。表 1.2 中的数据显示,我国城市污水集中处理率从 2000 年的 19.6% 增加到 2006 年的 44.1%,增长幅度达 125%,而城市污水总排量则增长缓慢,因此,从总体上来看,城市污水处理厂污泥的产量与城市污水集中处理率成正比。图 1.2 显示污泥产量与污水中 BOD 和 COD 含量之间存在着显著的正相关关系(显著性水平 $p < 0.001$),这说明了污水水质对污泥的产量会产生直接的影响。

表 1.2 我国省市污水处理厂污泥产量估算

	年份	我国城市人口数 /万人	城市污水集中 处理率/%	干污泥量估算 /10 ⁴ t	折算为含水率 80% /10 ⁴ t
根据 人口 估算	2006	38700	44.1	307	1536
	2005	35894	39.3	254	1270
	2004	34088	32.6	200	1000
	2003	33805	27.5	167	837
	2002	35220	24.3	154	770
	2001	35747	20.8	134	669
	2000	38820	19.6	137	685
	年份	城市污水总排放 量/10 ⁸ t	污水处理厂污水处理 量/10 ⁸ t	干污泥量估算 /10 ⁴ t	折算为含水率 80% /10 ⁴ t
根据 污水 处理 量估 算	2006	353	155.5	311	1555
	2005	360	141.5	283	1415
	2004	356	116.0	232	1160
	2003	349	95.9	192	959
	2002	338	82.0	164	820
	2001	329	68.4	137	684
	2000	332	65.0	130	650

注:由于建设部历年的统计方法有所区别,所以历年各省市人口数不具可比性,其中 2006 年人口包括暂住人口,其余年份的暂住人口缺乏数据。

根据《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》,至 2010 年,城市的污水处理率不低于 70%。有关专家预测,到“十一五”末,全国城镇污水集中处理能力将达到 $1.0 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{d}$,全年的污水处理量将达到 $3.0 \times 10^{10} \text{ m}^3$,那时全国污水污泥每年的产量将达到 $3.0 \times 10^7 \text{ t}$ (含水率 80%左右),约为现有污水污泥产量的一倍。我国各省市污水处理厂污泥的产量分布是不平衡的(图 1.3),从图 1.3 可以看到,东部地区是我国污水污泥产生的主要地区,约占全国污水污泥总产量的 70%,其中广东、上海和江苏是我国城市污水污泥最大的生产省(市);其次是中部的八个省,约占全国污水污泥总产量的 17%;西部地区的污泥产量只约占全国污水污泥总产量的 12%,其中西藏由于没有污水处理厂,污泥产量为零。

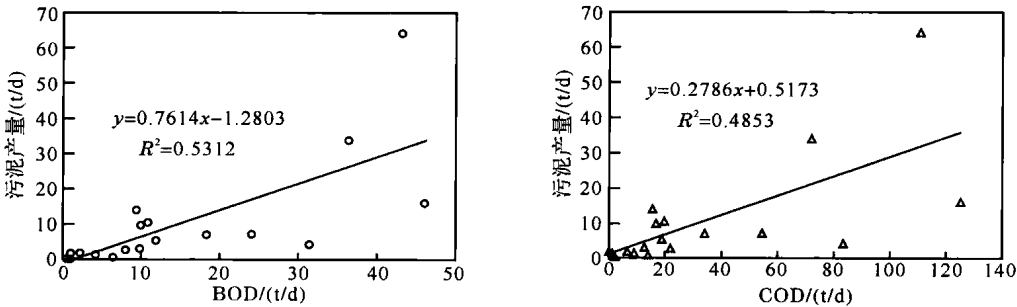


图 1.2 污泥产量与污水中 BOD 和 COD 含量之间的相关关系

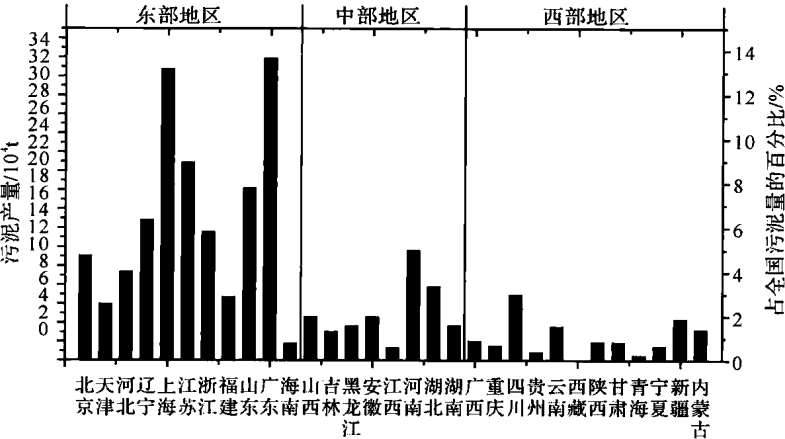


图 1.3 我国省市污水处理厂污泥的产量分布

2. 城市自来水厂污泥计算

城市自来水厂污泥中的固体量可由原水中的悬浮物量加上投加的药剂剂量求得。

1) 原水中的悬浮物量(S_w)

$$S_w = Q_i TK \times 10^{-6} \quad (t/d) \quad (1.5)$$

其中, Q_i 为沉淀池的处理水量; T 为进入沉淀池的原水浊度; K 为原水浊度与悬浮物浓度之间的换算系数。

2) 净水药剂剂量(C_w)

污泥中这部分固体数量随药剂品种的变化而变化, 因为同一种原水, 药剂的品种不同, 单位投加量也不同, 如用硫酸铝做混凝剂, 则可从加入到原水中的硫酸铝质量来推出污泥中氢氧化铝的质量, 二者之间的关系为

$$2m_{Al(OH)_3} : m_{Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O} = 0.234$$