



# 城镇污水处理厂 污泥处理处置技术

孔祥娟 戴晓虎 张辰 主编

中国建筑工业出版社

# 城镇污水处理厂 污泥处理处置技术

孔祥娟 戴晓虎 张辰 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

城镇污水处理厂污泥处理处置技术/孔祥娟,戴晓虎,  
张辰主编.—北京:中国建筑工业出版社,2015.12  
ISBN 978-7-112-18603-7

I. ①城… II. ①孔… ②戴… ③张… III. ①城市  
污水处理-污水处理厂-污泥处理 IV. ①X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 250521 号

责任编辑:魏枫 张莉英 于莉

责任设计:李志立

责任校对:李美娜 关健

城镇污水处理厂污泥处理处置技术

孔祥娟 戴晓虎 张辰 主编

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

\*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:19 $\frac{3}{4}$  字数:493千字

2016年3月第一版 2016年3月第一次印刷

定价:60.00元

ISBN 978-7-112-18603-7

(27848)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

# 前 言

城镇污水处理厂作为最重要的环境基础设施，对于改善水环境质量具有决定性作用。近年来，我国城镇污水处理设施建设高速发展，大批设施投入运营。但是，在污水处理设施高速建设并投运的同时，污水污泥的产量也日益增长。以含水率 80% 计，全国污泥总产生量达到 3000 万 t。

据不完全统计，全国目前仅有不到 20% 的污泥得到了安全的处理处置，其余被临时处置或无序弃置。一方面，污泥是资源，其中含有的大量有机物，既是能源也是有机肥料资源，其中的氮、磷、钾等又是植物生长必需的无机营养元素。另一方面，污泥又是污染物，其中含有重金属、有毒有机物以及病原微生物，对公众健康存在影响。如何将污泥中的有用资源经过科学系统的处理，使其变废为宝，是我国乃至世界环境界的一个重要研究课题。

本书内容的编写紧紧围绕污泥行业的核心内容，有针对性、全面、系统地展开阐述，特别是对污水厂污泥的处理处置规划、设计、运行、维护管理中产生的问题给出了解决的方案和途径。本书旨在加强城镇污水处理厂污泥处理处置技术的交流和推广应用，提高全国污水厂污泥处理处置技术、工程运行与管理水平，促进我国污泥处理处置技术发展，健全和完善污泥应急措施。本书的编写不仅适应污水处理厂污泥处理处置现场操作人员、运行管理的需要，还可成为刚刚进入污泥处理处置行业各级人员的入门书，成为从事污泥处理处置行业规划、设计、可研的工程技术人员及大专院校师生的参考书。

本书从污泥处理处置概述、污泥处理技术、污泥处置途径与资源化利用、污泥处理处置综合解决方案与评价等 4 部分全面阐述了城镇污水厂污泥处理处置技术。第 1 章概述，从污泥的定义、污泥的主要泥质指标及其检测方法、国内外污泥处理处置现状、处置标准、政策法规差异及结合我国污泥处理处置技术的趋势和规划建设等方面阐述；第 2 章污泥浓缩脱水技术，介绍了污泥浓缩脱水的原理及其主要的浓缩脱水技术；第 3 章污泥厌氧消化技术，系统介绍了厌氧消化的理论、设计、运行、工艺流程及工程实践；第 4 章污泥好氧发酵技术，系统介绍了好氧发酵的理论、设计、运行、工艺流程及工程实践；第 5 章为污泥的热干化技术，介绍了热干化的原理、主要的干化类型及设备、工艺设计参数和运行控制要点；第 6 章为污泥处理的新技术介绍，对当前的污泥热解、水热等新技术做了重点介绍；第 7 章为污泥土地利用，主要介绍了污泥土地利用的泥质要求、途径与选择原则、技术要点和工程实践；第 8 章为污泥焚烧，对污泥的单独焚烧和协同焚烧进行了重点阐述；第 9 章为建材利用技术，主要介绍了污泥制陶粒、水泥等建材的工艺及工程实践；第 10 章为污泥填埋，对污泥填埋方式、预处理技术、工艺、关键技术和环境影响控制等方面进行了详细阐述；第 11 章污泥资源化利用新技术，主要介绍了污泥低温制油、制氢、制吸附剂、制取 PHA 和提取蛋白质等资源化新技术；第 12 章为污泥的处理处置综合解决方案及评价，主要介绍了污泥处理处置基本原则、典型综合解决方案及对方案的分析

## 前 言

评价；第13章为发达国家污泥处理处置运营管理实践，介绍了英美等发达国家的污泥处理处置运营管理实践给国内读者以供参考借鉴；第14章为污泥处理处置的监管，主要介绍了污泥处理处置安全管理基本规范和外部监管；第15章为污泥处理处置过程的应急管理 with 风险控制；第16章为国内外污泥处理处置典型案例分折，主要介绍了国内外主要的污泥处理处置案例。

本书由住房和城乡建设部科技与产业化发展中心、同济大学、上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司、中国人民大学、中国科学院地理科学与资源研究所、中国建筑科学研究院、北京市市政工程设计研究总院有限公司等合作完成。本书由孔祥娟、戴晓虎、张辰主编和统稿，参加编写的有薛重华、魏亮亮、任海静、石春力、戴翎翎、董滨、刘志刚、段妮娜、谭学军、刘战广、王逸贤、王磊、沈昌明、徐伟、朱芬芬、王洪臣、刘洪涛、陈同斌、郑国砥、丁威、韦庆东、郭向勇、黄鸥、戴前进、戴明华。全书由王洪臣负责全稿修订。

感谢住房和城乡建设部相关水务部门对本书成稿的大力支持，感谢北京市市政工程设计研究总院有限公司原副总工杭世珺和上海市城市建设设计研究总院总工唐建国在本书编著过程中提出的宝贵意见。由于时间仓促，加之作者水平有限，书中不足和疏漏之处在所难免，敬请同行和读者指正。

编者

2015年9月

# 目 录

## 第一部分 污泥处理处置概述

第 1 章 概述	2
1.1 城镇污泥的定义、组成及处置的必要性	2
1.1.1 城镇污泥的定义和分类	2
1.1.2 城镇污泥的组成	3
1.1.3 污泥产量及计算	3
1.1.4 污泥的性质指标及测定	4
1.1.5 城镇污泥处理处置的必要性	10
1.2 国外污泥处理处置现状、法律法规及相关标准	12
1.2.1 国外污泥处理处置现状	12
1.2.2 国外污泥处理处置的法律法规及相关标准	13
1.3 国内污泥处理处置现状、法律法规及相关标准	19
1.3.1 我国污泥产量及处理处置方式	19
1.3.2 我国城镇污泥处理处置面临的问题	21
1.3.3 国内污泥处理处置的法律法规及相关标准	23
1.4 国内外污泥处理处置标准、政策差异	27
1.4.1 国内外污泥处理处置的法律法规及相关标准比较	27
1.4.2 我国污泥处理处置相关法律法规相关建议	28
1.5 污泥处理处置技术发展及中国规划建设目标	30
1.5.1 污泥处理处置的基本技术体系	30
1.5.2 技术导向	33
1.5.3 理念导向	34
1.5.4 我国“十二五”期间城镇污泥处理处置目标及主要措施	35

## 第二部分 污泥处理技术

第 2 章 污泥浓缩脱水技术	40
2.1 污泥浓缩脱水原理	40
2.1.1 污泥中水分存在形式	40
2.1.2 污泥浓缩原理	40
2.1.3 污泥脱水原理	42
2.2 污泥浓缩技术	42
2.2.1 污泥浓缩技术概述	42

# 目 录

2.2.2	重力浓缩	43
2.2.3	气浮浓缩	45
2.2.4	机械浓缩	46
2.3	污泥脱水技术	51
2.3.1	污泥脱水技术概述	51
2.3.2	带式压滤机	52
2.3.3	离心脱水机	54
2.3.4	板框压滤机	57
2.3.5	螺旋压榨式脱水机	62
2.4	污泥浓缩脱水技术的研究进展及新技术介绍	67
2.4.1	污泥浓缩脱水技术研究进展	67
2.4.2	污泥浓缩脱水新技术介绍	68
<b>第3章</b>	<b>污泥厌氧消化技术</b>	<b>70</b>
3.1	厌氧消化的原理	70
3.1.1	两阶段理论	70
3.1.2	三阶段理论	70
3.1.3	四阶段理论	71
3.1.4	多阶段理论	71
3.2	厌氧消化的工艺流程及主要工艺类型	72
3.3	厌氧消化的设计与运行控制要点	74
3.3.1	厌氧消化的设计	74
3.3.2	厌氧消化的主要影响因素与控制要点	79
3.4	厌氧消化的应用工程实践	84
3.4.1	消化目的	84
3.4.2	污泥厌氧消化的条件	84
3.4.3	厌氧消化过程的干扰	85
3.4.4	消化池形式	85
3.5	污泥厌氧消化预处理和微生物研究进展	86
3.5.1	污泥厌氧消化预处理技术的研究进展	86
3.5.2	污泥厌氧消化的微生物研究进展	88
3.6	厌氧消化的新技术介绍	89
3.6.1	污泥高温热水解——高级厌氧消化预处理技术	89
3.6.2	污泥高含固厌氧消化技术	91
3.6.3	共消化(协同消化)技术	95
3.7	厌氧消化沼气及沼液的处理和利用	97
3.7.1	沼气的利用及提纯	97
3.7.2	沼液的处理	98
<b>第4章</b>	<b>污泥好氧发酵技术</b>	<b>99</b>
4.1	好氧发酵原理	99

4.2	好氧发酵工艺流程及主要工艺类型	99
4.3	好氧发酵主要设备	101
4.4	好氧发酵设计与运行控制要点	102
4.4.1	污泥发酵前预处理环节	102
4.4.2	污泥好氧发酵运行参数控制	103
4.5	好氧发酵应用工程实践	103
4.6	好氧发酵技术研究进展	106
4.7	好氧发酵新技术介绍	107
4.7.1	膜覆盖好氧发酵工艺	108
4.7.2	超高温好氧发酵工艺	108
<b>第5章</b>	<b>污泥的热干化技术</b>	<b>109</b>
5.1	污泥的热干化原理	109
5.1.1	热干化机理	109
5.1.2	污泥干化的热能消耗	109
5.2	热干化的工艺类型	110
5.2.1	全干化和半干化工艺	110
5.2.2	技术工艺类型	110
5.3	热干化的设备类型	116
5.3.1	转鼓式干化机	116
5.3.2	流化床干化机	117
5.3.3	带式干化机	118
5.3.4	薄层式干化机	119
5.3.5	超圆盘干化机	119
5.3.6	桨叶式干化机	120
5.4	热干化的工艺设计参数与运行控制要点	120
5.4.1	热干化设计原则	120
5.4.2	热干化设备的选择	121
<b>第6章</b>	<b>污泥处理的新技术介绍</b>	<b>123</b>
6.1	污泥热解处理技术	123
6.1.1	背景	123
6.1.2	热解技术介绍	123
6.1.3	热解工艺主要设备	125
6.1.4	热解产物	126
6.1.5	污泥热解的技术特点及展望	132
6.2	污泥水热处理技术	133
6.2.1	亚/超临界水及其性质	133
6.2.2	污泥的亚/超临界水氧化技术	134
6.3	其他污泥处理新技术介绍	135
6.3.1	湿式氧化技术(WAO)	135



6.3.2	污泥熔化技术 .....	135
6.3.3	热干化新技术 .....	135
6.3.4	污泥焚烧新技术 .....	136
<b>第三部分 污泥处置途径与资源化利用</b>		
<b>第7章</b>	<b>污泥土地利用</b> .....	<b>140</b>
7.1	土地利用泥质要求 .....	140
7.1.1	养分和有机质含量 .....	141
7.1.2	重金属含量 .....	141
7.1.3	物理性质 .....	142
7.1.4	腐熟度 .....	143
7.1.5	卫生指标 .....	143
7.1.6	有机污染物指标 .....	144
7.2	土地利用途径与选择原则 .....	145
7.2.1	污泥土地利用的主要途径 .....	145
7.2.2	污泥土地利用主要途径的选择原则 .....	146
7.3	土地利用技术要点 .....	146
7.3.1	腐熟度 .....	146
7.3.2	施用量 .....	147
7.3.3	病虫害 .....	147
7.3.4	盐分 .....	147
7.3.5	杂草 .....	147
7.3.6	施用点周边水体敏感性 .....	148
7.3.7	围挡与覆盖 .....	148
7.3.8	定期监测与备案 .....	148
7.4	土地利用研究与应用实践 .....	149
7.4.1	无害化污泥农用案例分析 .....	149
7.4.2	腐熟污泥园林绿化用案例分析 .....	150
7.5	污泥土地利用工作进展及发展趋势 .....	152
<b>第8章</b>	<b>污泥焚烧</b> .....	<b>156</b>
8.1	污泥焚烧的控制指标及限值 .....	156
8.1.1	污泥含水率 .....	156
8.1.2	污泥 pH 及有机物含量 .....	156
8.1.3	污泥重金属指标 .....	157
8.1.4	其他约束性指标 .....	157
8.2	污泥单独焚烧 .....	158
8.2.1	流化床焚烧炉 .....	158
8.2.2	回转窑式焚烧炉 .....	162
8.2.3	立式多膛焚烧炉 .....	162

8.2.4 电动红外焚烧炉 .....	163
8.3 污泥的水泥窑协同处置 .....	164
8.3.1 水泥窑协同焚烧方法 .....	164
8.3.2 水泥窑协同焚烧工艺流程 .....	165
8.4 污泥的热电厂协同处置技术 .....	166
8.4.1 湿污泥直接掺煤混烧 .....	166
8.4.2 电厂烟气余热干化后掺煤混烧 .....	167
8.5 污泥与生活垃圾混烧 .....	168
8.6 污泥焚烧技术的研究进展 .....	170
<b>第9章 建材利用技术</b> .....	172
9.1 污泥建材利用的基本途径和特点 .....	172
9.1.1 典型建材利用途径 .....	172
9.1.2 污泥建材利用特点比较 .....	172
9.2 污泥制陶粒 .....	173
9.2.1 制陶粒的原理 .....	173
9.2.2 制陶粒的工艺流程 .....	173
9.2.3 制陶粒的工艺控制参数 .....	174
9.3 污泥制水泥 .....	174
9.3.1 污泥制水泥的特点 .....	174
9.3.2 制水泥的工艺流程 .....	175
9.3.3 制水泥的工艺控制参数 .....	175
9.4 污泥建材利用的应用工程实践 .....	176
9.4.1 工程概况 .....	176
9.4.2 影响因素及解决途径 .....	177
9.5 污泥建材利用技术的研究进展 .....	178
9.5.1 污泥建材利用研究现状及应用前景 .....	178
9.5.2 我国污泥建材利用应用中存在的主要问题 .....	179
<b>第10章 污泥填埋</b> .....	181
10.1 污泥填埋方式 .....	181
10.1.1 单独填埋 .....	181
10.1.2 混合填埋 .....	182
10.2 污泥填埋预处理技术 .....	183
10.2.1 污泥填埋准入条件 .....	183
10.2.2 污泥与矿化垃圾混合预处理 .....	183
10.2.3 污泥固化和稳定化预处理 .....	184
10.2.4 污泥与炉渣混合预处理 .....	184
10.3 污泥卫生填埋工艺 .....	185
10.4 污泥卫生填埋的关键技术 .....	185
10.4.1 填埋场防渗系统 .....	185

10.4.2	渗滤液收排系统 .....	187
10.4.3	填埋气体收集利用系统 .....	188
10.4.4	终场覆盖系统 .....	189
10.5	污泥填埋的环境影响控制 .....	190
10.5.1	进场物料 .....	190
10.5.2	大气污染控制 .....	190
10.5.3	水污染控制 .....	190
10.5.4	噪声控制 .....	190
10.5.5	灭蝇 .....	190
10.5.6	堆体沉降 .....	190
10.5.7	环境监控系统 .....	191
<b>第 11 章</b>	<b>污泥资源化利用新技术 .....</b>	<b>192</b>
11.1	污泥低温制油 .....	192
11.2	污泥制氢 .....	193
11.2.1	光合生物制氢 .....	193
11.2.2	厌氧发酵生物制氢 .....	193
11.2.3	污泥高温气化制氢 .....	193
11.2.4	污泥超临界水气化制氢 .....	193
11.3	污泥制吸附剂 .....	194
11.4	污泥制 PHA .....	194
11.5	污泥中提取蛋白质 .....	195
11.6	污泥定向产酸补充生物处理碳源 .....	196
<b>第四部分 污泥处理处置综合解决方案与评价</b>		
<b>第 12 章</b>	<b>污泥的处理处置综合解决方案及评价 .....</b>	<b>198</b>
12.1	污泥处理处置基本原则 .....	198
12.1.1	总体原则 .....	198
12.1.2	污泥处理处置设施规划的基本原则 .....	199
12.1.3	污泥处理处置设施设计的基本原则 .....	200
12.1.4	污泥处理处置设施建设的基本原则 .....	200
12.1.5	污泥处理处置管理的基本原则 .....	201
12.2	污泥处理处置典型综合解决方案 .....	201
12.2.1	以土地利用为处置方式的典型方案 .....	202
12.2.2	以焚烧及建材利用为处置方式的典型方案 .....	207
12.2.3	以填埋为处置方式的典型方案 .....	213
12.3	污泥处理处置综合解决方案分析与评价 .....	215
12.3.1	技术经济分析 .....	215
12.3.2	污泥处理处置典型路线的碳足迹研究 .....	219
<b>第 13 章</b>	<b>发达国家污泥处理处置运营管理实践 .....</b>	<b>225</b>

13.1 美国污泥处理处置运营管理实践	225
13.1.1 概述	225
13.1.2 污泥产量及基本处理情况	225
13.1.3 管理方式	225
13.2 英国污泥处理处置运营管理实践	226
13.2.1 概述	226
13.2.2 污泥产量及基本处理情况	226
13.2.3 管理方式	226
13.3 澳大利亚污泥处理处置运营管理实践	227
13.3.1 概述	227
13.3.2 污泥产量及基本处理情况	227
13.3.3 管理方式	227
13.4 德国污泥处理处置运营管理实践	228
13.4.1 概述	228
13.4.2 污泥产量及基本处理情况	228
13.4.3 管理方式	228
13.5 日本污泥处理处置运营管理实践	229
13.5.1 概述	229
13.5.2 污泥产量及基本处理情况	229
13.5.3 管理方式	230
<b>第14章 污泥处理处置的监管</b>	<b>231</b>
14.1 污泥处理处置安全管理基本规范	231
14.1.1 污泥处理处置安全管理基本原则	231
14.1.2 污泥处理处置安全生产制度	231
14.1.3 安全用电	232
14.1.4 其他安全问题	232
14.2 污泥处理处置的外部监管	233
14.2.1 污水处理厂的监管	233
14.2.2 污泥运输单位的监管	233
14.2.3 污泥贮存单位的监管	234
14.2.4 污泥处理处置单位的监管	234
14.2.5 环保部门的监管	235
<b>第15章 污泥处理处置过程的应急管理 with 风险控制</b>	<b>237</b>
15.1 污泥处理处置过程的环境风险	237
15.1.1 水环境影响风险	237
15.1.2 大气环境影响风险	237
15.1.3 土壤环境影响风险	238
15.2 污泥处理处置与公众健康	238
15.2.1 水体途径	238

# 目 录

15.2.2 大气途径	238
15.2.3 土壤途径	239
15.3 污泥处理处置过程的应急管理与风险控制	240
15.3.1 污泥处理处置过程的应急管理	240
15.3.2 污泥处理处置过程的风险控制	241
<b>第16章 国内外污泥处理处置典型案例分析</b>	<b>244</b>
16.1 国内污泥处理处置典型案例综合分析	244
16.1.1 长沙市污水处理厂污泥集中处置项目	244
16.1.2 襄阳鱼梁洲污泥处理厂	247
16.1.3 大连夏家河污泥处理厂	251
16.1.4 北京小红门污泥处理工程	253
16.1.5 上海白龙港污水处理厂污泥处理工程	254
16.1.6 上海市石洞口污水处理厂污泥处理完善工程	261
16.1.7 重庆鸡冠石污水处理厂污泥厌氧消化工程	272
16.1.8 青岛麦岛污水处理厂污泥厌氧消化工程	278
16.1.9 昆明主城区城市污水处理厂污泥处理处置工程	284
16.1.10 厦门第二污水处理厂污泥厌氧消化工程	287
16.1.11 广州越堡水泥公司污泥干化焚烧工程	290
16.1.12 苏州工业园区污泥干化系统	291
16.2 国际污泥处理处置典型案例	292
16.2.1 德国慕尼黑污水处理厂污泥厌氧发酵系统	292
16.2.2 德国汉堡污水处理厂污泥处理工程	293
16.2.3 英国曼彻斯特 Davyhulme 污泥中心	294
16.2.4 法国 Epernay-Mardeuil 污水处理厂污泥处理	296
16.2.5 日本污泥处理工程	298
16.2.6 奥地利 Strass 污水处理厂污泥处理工程	299
16.2.7 荷兰 SNB 污水污泥处理中心	299
主要参考文献	301

# 第一部分 污泥处理处置概述

# 第 1 章 概 述

## 1.1 城镇污泥的定义、组成及处置的必要性

随着我国城镇化水平的不断推进和环境保护要求的不断提高,我国城镇污水处理能力日益增强,根据国家住房和城乡建设部的统计,截至 2013 年底,我国城镇污水处理厂设计规模已达 1.63 亿  $\text{m}^3/\text{d}$ ,已建城镇污水处理厂数量达 5300 座,实际年处理污水量达 450 亿  $\text{m}^3/\text{d}$ ,城市和县城污水处理厂处理率分别达到 89%和 78%, $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 和氨氮年削减量 1120 万 t 和 100 万 t。“十二五”期间,我国还将增加污水日处理能力 9000 万  $\text{m}^3$ ,扩建和在建城镇污水处理厂达 1800 座。

城镇污水处理厂污泥是污水处理的产物,主要来源于初次沉淀池、二次沉淀池等工艺环节。随着我国污水处理设施建设的高速发展,污水处理厂污泥产生量日益增加。截至 2013 年底,全国城镇污水处理厂污泥(以下简称城镇污泥)总产量已经突破 3000 万 t(含水率以 80%计,下同)。按照预测,到“十二五”规划末,城镇污泥产量将可能接近 5000 万 t。

需要指出的是,大部分城镇污泥属于微细粒度有机污泥,具有亲水性强、可压缩性能差、脱水性能差的特点。由于污泥中富集了污水中的污染物,使得污泥一方面含有氮、磷等营养物质,同时亦含有大量的病毒微生物、寄生虫卵、重金属(主要包括铜、锌、铬、汞等)、特殊有机物等有毒有害物质,未经无害化处置的污泥随意堆置将产生严重的二次污染隐患,尤其是城镇污泥中以碳酸盐结合态、铁锰氧化物结合态、硫化物态存在的重金属容易被植物吸收利用,并通过食物链对人体造成伤害。污泥稳定化处理、安全处置和合理利用问题,是污水能否得到有效处置的关键。当前,世界范围内广泛利用的污泥处置方式主要包括土地利用、焚烧、填埋和建材利用等。

### 1.1.1 城镇污泥的定义和分类

城镇污泥是污水在生化、物化处理过程中的副产物,是一种由有机残片、细菌菌体、无机颗粒、胶体等组成的极其复杂的非均质体。通常情况下,污水处理厂初次沉淀池和二次沉淀池产生的污泥具有含水率高(可高达 99%以上)、有机物含量高、易腐化发臭、密度较小等特征,是一种呈胶状液态,介于液体和固体之间的浓稠物,可以用泵运输,但它很难通过沉降进行固液分离。

污泥组分复杂、种类繁多,可按其来源、泥质成分、分离过程和产生阶段等进行分类。

若按污泥来源分类,一般可将其分为城镇生活污水污泥、工业废水污泥和给水污泥三大类;若对工业废水污泥进一步进行划分,则可分为食品加工废水污泥、印染工业废水污泥、金属加工废水污泥、无机化工废水污泥、钢铁工业废水污泥、造纸工业废水污泥、石

油化工废水污泥等。

若按污泥成分及性质分类,可分为有机污泥和无机污泥。其中有机污泥有机物含量高、容易腐化发臭、颗粒较细、密度较小、含水率高且不易脱水,便于用管道输送。城镇污水处理厂产生的污泥多为有机污泥,是一种呈胶状结构的亲水性物质。而无机污泥颗粒粗大、密度较大、疏水性强、含水率较低且易于脱水,不宜用管道输送。给水处理沉砂池以及某些工业废水物理、化学处理过程中的沉淀物均属于无机污泥,一般呈疏水性。

若按处理方法和分离过程分类,可将污泥分为初沉污泥、活性污泥、腐殖污泥和化学污泥。其中初沉污泥多指污水一级处理过程中产生的沉淀物,而活性污泥是污水生化处理中二沉池产生的泥水混合物,腐殖污泥则多指生物膜法污水处理工艺中二次沉淀池产生的沉淀物,相对应的,化学污泥指的是化学强化一级处理(或三级处理)后产生的污泥。

若按污泥的不同产生阶段分类,则又可将污泥划分为生污泥、消化污泥、浓缩污泥、脱水干化污泥和干燥污泥等。

### 1.1.2 城镇污泥的组成

毫无疑问,城镇污泥兼具资源性和危害性的双重特性。一方面,污泥中含有氮、磷等营养物质和大量有机质,使其具备了制造肥料和作为生物质能源的基本条件;另一方面,污泥中含有大量病毒微生物、寄生虫卵、重金属、特殊有机物等有毒有害物质,存在严重的二次污染隐患。因此,如何在有效处置污泥污染物的同时,从中最大化地获得有价值物质,是当前环境领域研究的一个重点方向。

有机碳是污泥的重要组成部分,其在污泥中多以胞外聚合物(EPS)的形式存在,多呈稳定的多孔网状聚合结构。有研究表明,城镇活性污泥质量的80%、总有机物的50%~90%、污泥干重的15%都来自于EPS,因此EPS是污泥有机物的主要组成部分。污泥EPS主要包括了微生物絮体、微生物水解及衰亡产物以及附着在微生物絮体上的污水中的有机物等,该类物质主要以C和O组成的高分子多糖、蛋白质、核酸、腐殖酸类复杂有机化合物及油脂等形式存在,是污泥中最主要的碳源物质,是污泥减量化研究的主要研究对象。

### 1.1.3 污泥产量及计算

城镇污水处理过程中,污泥产量通常占污水量的0.3%~0.5%(体积),其质量比约为1~3t干污泥/万t污水。如果污水处理工艺属于深度处理,污泥量会增加0.5~1倍。因此随着污水处理效率的提高,必然导致污泥数量的增加。

目前,世界范围内污泥产量巨大,全世界年产含水率80%的污泥15000万t,其中美国3750万t,欧洲5000万t,中国3000万t,其他国家和地区3250万t。

城镇污泥主要来自初沉池和二沉池,其计算公式如下:

1) 初沉池污泥产量计算

$$V = \frac{Q_{\max}(C_1 - C_2)T}{K_2\gamma(1-p)} \quad (1-1)$$

式中  $V$ ——初沉池污泥产量,  $m^3$ ;

$Q_{\max}$ ——最大时设计流量,  $m^3/d$ ;



- $C_1$ ——进水悬浮物浓度, mg/L;
- $C_2$ ——出水悬浮物浓度, mg/L;
- $K_z$ ——生活污水量总变化系数;
- $\gamma$ ——污泥密度, mg/L, 约为 1000mg/L;
- $p$ ——污泥含水率, %;
- $T$ ——两次排泥时间间隔, d。

初沉池污泥产量也可按照公式 (1-2) 计算:

$$V = \frac{1000Q_{\text{平}}(C_1 - C_2)\eta_{\text{SS}}}{X_0} \quad (1-2)$$

- 式中  $V$ ——初沉池污泥产量,  $\text{m}^3$ ;
- $Q_{\text{平}}$ ——平均日污水量,  $\text{m}^3/\text{d}$ ;
  - $\eta_{\text{SS}}$ ——初沉池 SS 去除率, %, 一般为 40%~60%;
  - $X_0$ ——初沉污泥浓度, mg/L, 一般为 20~50mg/L。

### 2) 剩余污泥产量计算

$$\Delta X_v = aQL_r - bV_b X_v \quad (1-3)$$

- 式中  $\Delta X_v$ ——二沉池排泥量, kg/d;
- $Q$ ——平均日污水量,  $\text{m}^3/\text{d}$ ;
  - $a$ ——污泥增殖系数, 一般取 0.4~0.8;
  - $b$ ——污泥自身氧化系数, 即衰减系数,  $\text{d}^{-1}$ , 一般取 0.04~0.10 $\text{d}^{-1}$ ;
  - $L_r$ ——去除的 BOD 浓度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;
  - $V_b$ ——曝气池容积,  $\text{m}^3$ ;
  - $X_v$ ——MLVSS 浓度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

剩余污泥产量也可按照公式 (1-4) 计算:

$$\Delta X = \frac{Q_{\text{平}} L_r}{1 + K_d Q_c} \quad (1-4)$$

- 式中  $K_d$ ——污泥衰减系数,  $\text{d}^{-1}$ , 一般取 0.05~0.1 $\text{d}^{-1}$ ;
- $Q_c$ ——污泥龄, d。

### 3) 湿污泥体积计算

$$Q_s = \frac{\Delta X}{1000(1 - p)} \quad (1-5)$$

## 1.1.4 污泥的性质指标及测定

目前我国制定的污泥处理处置标准中涉及污泥性质的指标主要有物理指标、化学指标、生物学指标 (卫生学指标及种子发芽率) 等, 并明确了这些指标的检测分析方法和限值。

### 1.1.4.1 污泥物理指标及检测分析方法说明

城镇污泥的物理指标主要包括外观和嗅觉、粒径和杂物、含水率、pH、比阻等, 各物理指标的分析方法及采用标准见表 1-1。