



“十三五”国家重点出版物  
出版规划项目

❖ 废物资源综合利用技术丛书

WUNI CHULI CHUZHUYU ZIYUAN ZONGHE LIYONG JISHU

# 污泥处理处置 与资源综合利用技术

蒋自力 金宜英 张辉 等编著



化学工业出版社



“十三五”国家重点出版物  
出版规划项目

❖ 废物资源综合利用技术丛书

WUNI CHULI CHUZH I YU ZIYUAN ZONGHE LIYONG JISHU

# 污泥处理处置 与资源综合利用技术

蒋自力 金宜英 张辉 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书共9章,以污泥处理处置与资源化为主题,分析了污泥的产生、特性以及影响因素,讨论了国内外的技术应用情况,分析了国家的相关政策,介绍了污泥处理处置与资源化的技术、工艺和设备以及应用工程案例。具体包括污泥特性和来源、污泥处理处置与资源化现状分析、技术政策法规和标准、污泥浓缩调理和脱水、污泥消化、污泥干化、污泥焚烧、污泥堆肥、污泥建材利用、污泥热能利用以及污泥制备活性炭等其他资源化技术、污泥处理处置与资源化技术工程实例等相关内容。

本书具有较强的技术应用性,可供污泥安全处理处置及资源化等领域的工程技术人员、科研人员和管理人员参考,也可供高等学校环境工程、市政工程及相关专业师生参阅。

#### 图书在版编目(CIP)数据

污泥处理处置与资源综合利用技术/蒋自力等编  
著. —北京:化学工业出版社,2018.1  
(废物资源综合利用技术丛书)  
ISBN 978-7-122-30680-7

I. ①污… II. ①蒋… III. ①污泥处理 ②污泥利用 IV. ①X703

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第234806号

---

责任编辑:刘兴春 刘 婧  
责任校对:王素芹

文字编辑:汲永臻  
装帧设计:王晓宇

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)  
印 装:三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张42½ 字数1062千字 2018年1月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:168.00元

版权所有 违者必究

# 《废物资源综合利用技术丛书》

## 编委会

主任：岑可法

副主任：刘明华 陈冠益 汪 莘

编委成员（以汉语拼音排序）：

程洁红	冯旭东	高华林	龚林林	郭利杰	黄建辉
蒋自力	金宜英	梁文俊	廖永红	刘 佳	刘以凡
潘 荔	宋 云	王 纯	王志轩	肖 春	杨 帆
杨小聪	张长森	张殿印	张 辉	赵由才	周连碧
周全法	祝怡斌				

# 《污泥处理处置与资源综合利用技术》

## 编著人员

编著者（按姓氏笔画排序）：

王 姚	王 娜	王小庆	申维真	任泰峰	刘 红
刘洪伟	李 琳	吴 桐	张 辉	张智杰	张静慧
武志飞	金宜英	骆春晓	赵传军	徐兴华	郭漫宇
高光宇	梁 远	蒋自力			

随着我国社会经济的快速发展和城市化水平的不断提高,国内生活污水和工业污水的排放量日益增多,污水处理厂污泥产量和工业污泥产量亦随之增加。污泥含水率很高,成分复杂多变,其中除了含有大量的有机物和丰富的氮、磷等营养物质,还存在各种细菌、病毒和寄生生物等有毒有害成分;同时由于来源的不同,污泥中还可能浓缩着汞、铬、铅和镉等重金属化合物以及难降解的有毒化合物等。若这些污泥得不到妥善处理,就会对生态环境造成破坏,并损害人类健康。然而,我国城市污水处理厂污泥处理起步较晚,与国外发达国家相比,我国的污泥处理处置和资源化利用技术还有一定差距。因此,我国在污水处理事业不断取得进步的同时,将面临巨大的污泥处理处置压力。对污泥进行因地制宜、因时制宜的处理处置与资源化利用技术是贯彻落实环境保护基本国策并推动战略性新兴产业的重要组成部分,是实现可持续发展的重要途径。

《污泥处理处置与资源综合利用技术》是《废物资源综合利用技术丛书》中的一个分册,也是一本专门阐述污泥处理处置与资源综合利用技术的图书,内容主要包括概论、污泥处理处置与资源化法规政策与标准、污泥浓缩和脱水技术、污泥稳定化技术、污泥干化技术、污泥焚烧技术、污泥堆肥与农用技术、污泥建材利用技术、污泥能源利用系统与技术。

本书在编著中非常注重内容的全面性和前瞻性,较系统地介绍了污泥的处理处置与资源综合利用技术;同时还具有理论联系实际的特点,在说明各种技术原理的基础上,结合了污泥处理处置与资源化利用的工程实例,对相关技术进行进一步阐述,具有一定程度的参考借鉴价值,可供从事污泥处理及资源化工程的设计人员、科研人员和管理人员参考,也可供高等学校环境工程、市政工程及相关专业师生参阅。

本书编著具体分工如下:第1章、第2章、第5章、第6章由蒋自力、赵传军、郭漫宇、申维真、李琳、高光宇、武志飞、徐兴华、刘洪伟、骆春晓、任泰峰、王姚、王娜、吴桐、刘红、张智杰(北京京城环保股份有限公司)编著;第3章、第4章由张辉、梁远、张静慧(北京排水集团)编著;第7章由王小庆(中国农业科学院)编著;第8章、第9章由金宜英(清华大学)编著。

此外,本书编著过程中参考和引用了一些科研、设计、教学和生产工作同

行撰写的著作、论文、手册、教材和学术会议文集等，在此对所有作者表示衷心感谢。同时，由于目前英国脱欧谈判仍在进行，书中所涉及的关于欧盟各成员国的内容也包括英国。

受编著者学识和编著时间所限，书中疏漏和不妥之处在所难免，殷切希望读者批评指正。

**编著者**

**2017年5月**

## 第 1 章 概论

1.1 污泥的来源、分类、成分和性质 .....	001
1.1.1 污泥的来源 .....	001
1.1.2 污泥的分类 .....	003
1.1.3 污泥的成分 .....	005
1.1.4 污泥的性质指标 .....	008
1.2 污泥的危害及处理处置原则 .....	022
1.2.1 污泥对水体环境的影响 .....	022
1.2.2 污泥对土壤环境的影响 .....	023
1.2.3 污泥对大气环境的影响 .....	024
1.2.4 污泥的其他潜在环境影响 .....	024
1.2.5 污泥处理处置与资源化的技术原则 .....	025
1.3 污泥排放状况和产量预测 .....	026
1.3.1 污泥排放状况分析与估算 .....	026
1.3.2 影响污泥产量的因素 .....	028
1.3.3 污泥产量的预测 .....	032
1.4 污泥处理处置与资源化的基本方法 .....	040
1.4.1 国内外污泥处理处置与资源化技术介绍 .....	042
1.4.2 国内污泥处理处置的基本方法 .....	047
1.4.3 国外污泥处理处置的基本方法 .....	049
参考文献 .....	052

## 第 2 章 污泥处理处置与资源化法规政策与标准

2.1 国外污泥处理处置与资源化法规政策与标准 .....	053
2.1.1 欧盟及其成员国 .....	053
2.1.2 美国 .....	060
2.1.3 其他国家 .....	067
2.2 我国污泥处理处置与资源化法规政策 .....	068
2.2.1 法律法规 .....	068
2.2.2 法令条例、管理办法 .....	069
2.2.3 行业政策 .....	071
2.3 我国污泥处理处置与资源化标准 .....	074
2.3.1 我国现有的污泥标准概况 .....	074
2.3.2 污泥处理处置及资源化利用标准 .....	083
参考文献 .....	083

## 第3章 污泥浓缩和脱水技术

3.1 污泥中水的存在形式及去除方式 .....	084
3.2 污泥的调理技术 .....	085
3.2.1 化学调理技术 .....	086
3.2.2 物理调理技术 .....	102
3.2.3 生物调理技术 .....	107
3.2.4 其他污泥调理技术 .....	122
3.2.5 发展趋势 .....	123
3.3 污泥浓缩技术概况 .....	124
3.3.1 污泥浓缩效果的测定 .....	124
3.3.2 重力浓缩技术 .....	125
3.3.3 气浮浓缩技术 .....	133
3.3.4 离心浓缩技术 .....	138
3.3.5 转鼓浓缩技术 .....	140
3.3.6 其他浓缩技术 .....	142
3.3.7 常用浓缩技术对比及发展趋势 .....	146
3.4 污泥的脱水技术 .....	147
3.4.1 污泥脱水性能的评价指标和影响因素 .....	147
3.4.2 自然干化技术 .....	152
3.4.3 带式压滤脱水技术 .....	156
3.4.4 板框压滤脱水技术 .....	159
3.4.5 螺旋压榨脱水技术 .....	162
3.4.6 离心脱水技术 .....	164
3.4.7 真空过滤脱水技术 .....	168
3.4.8 电渗透脱水技术 .....	170
3.4.9 污泥脱水技术发展趋势 .....	173
3.5 工程实例 .....	175
3.5.1 上海市石洞口污水处理厂污泥机械浓缩及脱水处理工程 .....	175
3.5.2 桂林市北冲污水处理厂污泥离心脱水处理工程 .....	176
3.5.3 石家庄第八水厂污泥浓缩及脱水处理工程 .....	178
3.5.4 厦门市城市污泥深度脱水处理和资源化处置利用工程 .....	180
3.5.5 广州市南洲水厂污泥浓缩及脱水处理工程 .....	180
3.5.6 苏州新区水厂污泥浓缩及脱水处理工程 .....	182
3.5.7 河南许昌污水处理厂污泥浓缩脱水一体化处理工程 .....	183
3.5.8 荷兰斯鲁斯耶第克污泥处理厂浓缩处理工程 .....	184
3.5.9 芝加哥市 Stickney 污水处理厂污泥离心脱水处理工程 .....	185
3.5.10 德国明斯特污水处理厂污泥机械浓缩处理工程 .....	186
参考文献 .....	188



## 第4章 污泥稳定化技术

4.1 污泥稳定化技术概述 .....	189
4.2 污泥厌氧消化技术 .....	190
4.2.1 厌氧消化的原理 .....	191
4.2.2 厌氧消化工艺 .....	203
4.2.3 厌氧消化主要影响因素 .....	208
4.2.4 厌氧消化过程的理论模型 .....	217
4.2.5 厌氧消化的工艺设计 .....	226
4.2.6 气体收集与处置 .....	244
4.2.7 消化系统的运行管理与维护 .....	246
4.2.8 厌氧消化的优缺点 .....	254
4.2.9 厌氧消化经济性分析 .....	255
4.3 污泥好氧消化技术 .....	256
4.3.1 好氧消化的原理及工艺 .....	257
4.3.2 好氧消化主要影响因素 .....	263
4.3.3 好氧消化操作的控制参数 .....	264
4.3.4 好氧消化稳定性的评价指标 .....	266
4.3.5 好氧消化的工艺设计要点 .....	268
4.3.6 好氧消化的优缺点 .....	271
4.3.7 好氧消化费用分析 .....	271
4.4 碱法稳定 .....	272
4.4.1 预石灰稳定和后石灰稳定 .....	274
4.4.2 工艺基本原理 .....	276
4.4.3 碱性物质材料 .....	278
4.4.4 碱法稳定工艺 .....	283
4.4.5 碱法稳定工艺的控制参数 .....	289
4.4.6 碱法稳定工艺的设计要点 .....	290
4.4.7 碱法稳定工艺的经济分析 .....	294
4.5 工程实例 .....	295
4.5.1 北京小红门厌氧消化项目(卵形消化) .....	295
4.5.2 大连夏家河厌氧消化项目(柱形利浦消化) .....	297
4.5.3 北京方庄石灰稳定干化项目 .....	299
参考文献 .....	300

## 第5章 污泥干化技术

5.1 污泥干化技术概述 .....	301
5.1.1 污泥干化技术概述 .....	301
5.1.2 污泥干化技术的基础原理 .....	301
5.1.3 污泥干化技术的分类 .....	303

5.1.4	污泥干化技术的国内外研究及应用现状 .....	303
5.2	直接加热转鼓干化技术 .....	304
5.2.1	直接加热转鼓式干燥机的基本结构和工作原理 .....	305
5.2.2	直接加热转鼓干化技术的工艺及设计要点 .....	306
5.2.3	直接加热转鼓干化技术的平衡计算 .....	310
5.2.4	直接加热转鼓干化技术的经济性分析 .....	313
5.3	间接加热转鼓干化技术 .....	313
5.3.1	间接加热转鼓干化技术的基本结构和工作原理 .....	314
5.3.2	间接加热转鼓干化技术的工艺及设计要点 .....	322
5.3.3	间接加热转鼓干化技术的平衡计算 .....	325
5.3.4	间接加热转鼓干化技术的经济性分析 .....	329
5.4	流化床干燥技术 .....	329
5.4.1	流化床干燥机的工作原理和基本结构 .....	329
5.4.2	流化床干化技术工艺及设计要点 .....	337
5.4.3	流化床干燥机的平衡计算及参数控制 .....	339
5.4.4	流化床干燥机主体工艺尺寸的计算 .....	343
5.4.5	流化床干燥机的结构设计 .....	345
5.4.6	流化床干燥机的经济性分析 .....	346
5.5	桨叶式干化技术 .....	347
5.5.1	桨叶式干燥机的工作原理和基本结构 .....	347
5.5.2	桨叶式干化技术工艺及设计要点 .....	355
5.5.3	桨叶式干燥机的平衡计算及参数控制 .....	357
5.5.4	空心桨叶式干燥机结构设计 .....	361
5.5.5	桨叶式干燥机的经济性分析 .....	362
5.6	带式干化技术 .....	362
5.6.1	带式干化技术的工作原理和基本结构 .....	362
5.6.2	带式干化技术分类 .....	365
5.6.3	带式干化技术工艺及设计要点 .....	367
5.6.4	带式干化技术主要控制参数 .....	370
5.7	污泥水热干化技术 .....	373
5.7.1	水热干化设备的工作原理和基本结构 .....	373
5.7.2	水热干化技术工艺及设计要点 .....	374
5.7.3	水热干化技术的平衡计算及控制参数 .....	375
5.7.4	水热干化技术的经济性分析 .....	376
5.8	转盘干化技术 .....	376
5.8.1	转盘干化技术的工作原理和基本结构 .....	376
5.8.2	转盘干化技术工艺及设计要点 .....	378
5.8.3	转盘式干燥机的平衡计算及参数控制 .....	380
5.8.4	转盘式干燥机的经济性分析 .....	382
5.9	薄层干化技术 .....	382

5.9.1	涡轮薄层干化技术的工作原理和基本结构 .....	383
5.9.2	涡轮薄层干化技术工艺及设计要点 .....	383
5.9.3	卧式薄层污泥干化技术的经济性分析 .....	387
5.10	污泥干燥过程的辅助系统 .....	388
5.10.1	污泥接收及贮存系统 .....	388
5.10.2	进出口输送系统 .....	388
5.10.3	供热系统 .....	390
5.10.4	除尘系统 .....	393
5.10.5	除臭系统 .....	396
5.11	污泥干燥的安全性 .....	400
5.11.1	干化事故的原因 .....	400
5.11.2	干化风险的形成机理及预防措施 .....	401
5.11.3	干化过程的安全管理问题 .....	403
5.12	工程实例 .....	404
5.12.1	上海市竹园污泥处理工程浆叶式干燥工艺 .....	404
5.12.2	北京水泥厂污泥涡轮干燥工艺 .....	405
5.12.3	重庆市唐家沱污泥处理项目组合式两级干化工艺 .....	407
5.12.4	深圳南山电厂低温带式干化工艺 .....	408
	参考文献 .....	410

## 第6章 污泥焚烧技术

6.1	污泥焚烧技术概述 .....	411
6.1.1	污泥焚烧的发展及其技术特点 .....	411
6.1.2	污泥焚烧的基本原理 .....	412
6.1.3	污泥焚烧技术的分类 .....	417
6.2	多膛焚烧炉 .....	420
6.2.1	多膛焚烧炉的工作原理和基本结构 .....	420
6.2.2	多膛焚烧炉的工艺及设计要点 .....	421
6.2.3	多膛焚烧炉的平衡计算及控制参数 .....	423
6.2.4	多膛焚烧炉的优缺点分析 .....	426
6.3	流化床焚烧炉 .....	427
6.3.1	流化床焚烧炉的工作原理和基本结构 .....	427
6.3.2	流化床焚烧炉的工艺及设计要点 .....	429
6.3.3	流化床焚烧炉的平衡计算及控制参数 .....	433
6.3.4	流化床焚烧炉的优缺点分析 .....	435
6.4	回转窑焚烧炉 .....	435
6.4.1	回转窑焚烧炉的工作原理和基本结构 .....	435
6.4.2	回转窑焚烧炉的工艺及设计要点 .....	437
6.4.3	回转窑焚烧炉的平衡计算及控制参数 .....	441
6.4.4	回转窑焚烧炉的优缺点分析 .....	442

6.5	污泥焚烧炉辅助系统及设备 .....	443
6.5.1	给料系统 .....	443
6.5.2	辅助燃料 .....	444
6.5.3	筑炉材料 .....	446
6.5.4	烟囱和烟道 .....	451
6.5.5	飞灰排放 .....	453
6.5.6	供水 .....	453
6.5.7	空气传送装置 .....	453
6.5.8	备用设备 .....	454
6.5.9	其他系统 .....	454
6.6	污泥焚烧炉节能技术 .....	454
6.6.1	主要节能措施 .....	454
6.6.2	余热回收技术 .....	458
6.7	污泥焚烧污染控制 .....	463
6.7.1	飞灰 .....	464
6.7.2	灰渣 .....	466
6.7.3	重金属 .....	467
6.7.4	二噁英 .....	469
6.7.5	其他污染物 .....	470
6.8	工程实例 .....	473
6.8.1	德国 HSM 污水处理厂流化床焚烧工艺 .....	473
6.8.2	萧山污水处理厂污泥焚烧工程 .....	475
6.8.3	荷兰 SNB 污泥焚烧厂 .....	477
	参考文献 .....	478

## 第7章 污泥堆肥与农用技术

7.1	污泥堆肥技术概述 .....	479
7.2	污泥的厌氧堆肥技术 .....	480
7.2.1	厌氧堆肥原理 .....	480
7.2.2	堆肥过程中碳、氮和磷的转化 .....	482
7.2.3	堆肥过程中含水率和温度的变化 .....	483
7.2.4	堆肥过程中 pH 值的变化 .....	483
7.2.5	堆肥过程中的 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 变化 .....	483
7.3	污泥的好氧堆肥技术 .....	483
7.3.1	好氧堆肥的操作原理 .....	484
7.3.2	好氧堆肥基本工艺 .....	487
7.3.3	好氧堆肥的工艺控制参数 .....	489
7.3.4	堆肥化的质量控制指标 .....	492
7.3.5	几种好氧堆肥工艺 .....	494
7.3.6	污泥堆肥的应用前景及其市场分析 .....	498

7.4	污泥混合堆肥技术 .....	499
7.4.1	污泥混合城市垃圾堆肥技术 .....	499
7.4.2	污泥与粉煤灰的混合堆肥工艺与技术 .....	500
7.5	污泥农业利用技术 .....	502
7.5.1	污泥农用技术国内外研究现状 .....	502
7.5.2	污泥农用技术原则 .....	505
7.5.3	污泥农用前处理技术 .....	506
7.5.4	污泥堆肥农业回用的安全性要求 .....	511
7.5.5	污泥农业利用场地的设计 .....	515
7.6	堆肥过程中的臭气污染与控制 .....	518
7.6.1	臭气的来源 .....	518
7.6.2	臭气控制技术 .....	519
7.6.3	填料状态的监测 .....	521
7.6.4	气体质量的监测 .....	521
7.7	工程实例 .....	522
7.7.1	秦皇岛市污泥处理厂 CTB 高温好氧工程 .....	522
7.7.2	北京庞各庄污泥堆肥厂 ENS 堆肥工艺 .....	524
7.7.3	北京市密云污水处理厂污泥制肥工程 .....	525
	参考文献 .....	526

## 第 8 章 污泥建材利用技术

8.1	污泥的建材利用技术概况 .....	527
8.1.1	污泥建材利用概述 .....	527
8.1.2	污泥建材利用的基本形式 .....	528
8.2	污泥制砖 .....	529
8.2.1	污泥制砖技术的基本原理 .....	529
8.2.2	污泥制砖技术的工艺过程 .....	530
8.2.3	污泥砖的产品指标 .....	532
8.2.4	国内外污泥制砖研究应用概况 .....	534
8.2.5	污泥制砖过程中污染物控制 .....	535
8.2.6	污泥制砖技术发展中的问题 .....	537
8.2.7	污泥制砖的经济效益和环境效益 .....	537
8.3	污泥制水泥制品 .....	538
8.3.1	水泥生产的基本原理 .....	538
8.3.2	污泥制水泥工艺过程 .....	541
8.3.3	污泥制水泥产品性能 .....	543
8.3.4	国内外污泥制水泥研究应用现状 .....	543
8.3.5	污泥制水泥的经济效益和环境效益 .....	545
8.4	污泥制纤维板 .....	546
8.4.1	纤维板概况 .....	546

8.4.2	污泥制纤维板的基本原理 .....	549
8.4.3	污泥制纤维板的一般工艺流程 .....	550
8.4.4	污泥制纤维板的产品性能 .....	552
8.4.5	污泥制纤维板的经济效益和环境效益 .....	552
8.5	污泥制轻质陶粒 .....	553
8.5.1	轻质陶粒概述 .....	553
8.5.2	污泥制轻质陶粒的基本原理 .....	557
8.5.3	污泥制轻质陶粒的工艺过程 .....	560
8.5.4	不同污泥制取陶粒的研究及应用 .....	563
8.5.5	污泥制轻质陶粒的产品性能 .....	566
8.5.6	污泥制轻质陶粒的经济效益和环境效益 .....	568
8.6	污泥其他建材利用技术 .....	568
8.6.1	污泥玻璃态骨料等产品生产技术 .....	569
8.6.2	污泥聚合物复合材料生产技术 .....	569
8.6.3	污泥作混凝土混料的细填料 .....	569
8.6.4	污泥制造沸石 .....	570
8.7	工程实例 .....	570
8.7.1	江苏金坛污泥制陶粒 .....	570
8.7.2	上海水泥厂利用污泥制水泥 .....	570
8.7.3	常州光源热电有限公司掺烧污泥制砖 .....	571
	参考文献 .....	574

## 第9章 污泥能源利用系统与技术

9.1	污泥能源利用技术概述 .....	576
9.1.1	污泥能源利用的理论基础 .....	576
9.1.2	污泥能源利用技术途径 .....	577
9.2	污泥制油能源利用系统与技术 .....	581
9.2.1	污泥制油能源利用概述 .....	581
9.2.2	污泥低温热解技术 .....	581
9.2.3	污泥直接热化学液化技术 .....	591
9.2.4	污泥热解制油技术与直接热化学液化制油技术对比 .....	599
9.3	污泥焚烧热能利用系统与技术 .....	599
9.3.1	污泥焚烧热能利用概述 .....	599
9.3.2	污泥直接焚烧系统与技术 .....	600
9.3.3	污泥混合焚烧系统与技术 .....	604
9.3.4	污泥合成燃料技术 .....	610
9.3.5	污泥焚烧的热能利用 .....	616
9.4	污泥生物产气技术 .....	618
9.4.1	污泥厌氧消化的沼气利用系统与技术 .....	618
9.4.2	污泥厌氧消化的氢气利用系统与技术 .....	631

9.5 其他污泥资源化利用技术 .....	641
9.5.1 污泥制燃料电池技术 .....	641
9.5.2 污泥湿式氧化技术 .....	645
9.5.3 污泥高温气化制氢 .....	648
9.5.4 污泥微波与等离子体处理技术 .....	649
9.6 工程实例 .....	650
9.6.1 Subiaco 污水处理厂污泥制油工程实例 .....	650
9.6.2 上海石洞口污泥干化焚烧处理工程 .....	654
9.6.3 重庆市鸡冠石污水厂污泥厌氧消化工艺 .....	656
参考文献 .....	658

# 第1章

# 概论



近年来，随着我国国民经济的迅速发展以及生活水平的持续改善，城市污水和工业废水处理率不断提高，污水中的沉淀物、颗粒物、漂浮物及各种形式的污染物质作为污泥被分离出来，使得污泥的产生量也随之呈明显上升趋势。虽然污泥体积远小于污水，但污泥处理设施的投资相对较高，我国污水厂污泥处理处置费用占到了工程投资和运行费用的24%~45%，而欧美发达国家污泥处理处置费用占污水处理厂总投资的比重甚至达到了50%~70%。此外，污泥成分复杂，含有大量有毒有害物质，如难降解有机物、重金属离子、寄生虫卵、病原微生物及细菌等，若不加以妥善处理与处置，将对堆放和排放区周围的环境造成严重的二次污染；如果将污泥任意施于农业，则会导致农作物污染，土壤受到不可逆转的中毒侵害。与此同时，污泥又含有大量的有用物质，如植物营养素（氮、磷、钾）、有机物和水分等，应当对污泥进行有效利用，以实现污泥处理处置最终资源化的目的。因此，在今后相当长的一段时期内，污泥处理处置与资源化利用技术在环保领域仍将占据十分重要的地位。

## 1.1 污泥的来源、分类、成分和性质

### 1.1.1 污泥的来源

在污水处理过程中会产生大量固体悬浮物质，统称为污泥固体，其与水的混合物则称之为污泥。污泥固体既有可能产生于废水处理过程中，例如在生物处理和化学处理过程中，由原来的溶解性物质和胶体物质转化而成的悬浮物质；也有可能是以此种形态早已存在于污水中，例如在自然沉淀中截留的各种悬浮物质。由于各类污泥的性质变化较大，其处理处置和资源化的方法也不尽相同，所以划分其来源是非常重要的。

#### 1.1.1.1 污水污泥

污水污泥一般指城市污水处理厂处理污水后产生的污泥总称，其性质与污水来源有较大关系。1995年，为了准确反映绝大多数污水污泥具有可资源化的利用价值，世界水环境组织（Water Environment Federation, WEF）将污水污泥（sewage sludge）更名为“生物固体”（biosolids）。美国国家研究委员会（United State National Research Council, USNRC）为了进一步提高污泥利用的科学性和安全性，将“生物固体”的定义重新修订为：经过处理



的，符合 503 号文件中土地利用标准或其他类似标准的污泥。

污水处理厂处理的污水按来源基本分为两大类：一类是工业废水，主要来自城市的工业部门，其污染特性取决于相应产业技术和生产过程；另一类是生活污水，主要来自城乡居民区、商业及服务行业等非工业部门，其污染特性与具体的来源关系较小。如果污水处理厂处理的污水中接纳了部分工业污水，则污水污泥中会含有一定比例的有毒有害化学物质，例如可吸收有机卤素（AOX）、阴离子合成洗涤剂（LAS）、多环芳烃（PAH）、多氯联苯（PCB）、氯化二苯并二噁英（PCDD）、氯化二苯并呋喃（PCDF）和一定量的重金属离子等，不仅增加了污泥处置前预处理的成本，也极大地限制了污泥处理处置和资源化利用途径。有关城市污水厂污泥在污水厂中的产生环节与特性<sup>[1]</sup>见表 1-1。

**表 1-1 城市污水处理厂污泥来源与特性**

污泥类型	来源	污泥特性
栅渣	格栅	包括粒径足以在格栅上去除的各种有机或无机物，有机物料的数量随不同污水处理厂和不同季节而变化；栅渣量为 3.5~80cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ，平均约为 20cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ，主要受污水水质影响
无机固体颗粒	沉砂池	无机固体颗粒量约为 30cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> 时，其中也可能含有有机物，特别是油脂，其数量的多少取决于沉砂池的设计和运行情况
初次沉淀污泥	初次沉淀池	由初次沉淀池产生的初次沉淀污泥通常为灰色糊状物，其成分取决于原污水的成分，产量取决于污水水质和初沉池的运行情况，干污泥量与进水中的悬浮物(SS)及沉淀效率有关，湿污泥量与 SS、沉淀效率及排泥浓度有关
剩余活性污泥	二次沉淀池	传统活性污泥工艺等生物处理系统中排放的剩余污泥，含有生物体和化学试剂，产生量取决于所采用的生物处理工艺和排泥浓度
化学污泥	化学沉淀池	混凝沉淀工艺中形成的污泥，其性质取决于采用的混凝剂种类，数量取决于原污水中的悬浮物量和投加的药剂
浮渣	初次沉淀池和二次沉淀池	主要来自初次沉淀池和二次沉淀池，其成分较复杂，一般含有油脂、植物和矿物油、动物脂肪、菜叶、毛发、纸和棉织品等，浮渣量约为 8g/m <sup>3</sup>

注：引自谷晋川等．城市污水厂污泥处理与资源化．北京：化学工业出版社，2008。

### 1.1.1.2 给水污泥

现代城市使用的大部分水是以管网分配形式供应的，被称为自来水给水。给水污泥来源于原水净化过程中产生的沉淀物和滤除物。原水的净化在专门的给水处理厂即自来水厂完成，主要处理工艺有混凝沉淀和过滤。混凝沉淀是将原水中的颗粒物、胶体和部分可溶态杂质转化为可沉降或可滤除的颗粒或胶体物质，而过滤是与沉淀一同完成对上述颗粒和胶体的最终去除。给水污泥分为沉淀池排出泥和滤池反冲洗水澄清排泥，后者也叫污水沉淀泥，给水污泥在数量上以沉淀池排出泥为主。

沉淀池排出泥按是否加药分为投药沉淀池排泥和不投药沉淀池排泥两种；不投药剂的沉淀池由于处理效果难以满足出水水质的要求，故而现在使用得越来越少，目前只在水处理规模较小的给水厂使用，排泥量通常不大；投药沉淀池排泥又分为石灰-苏打软化污泥和化学凝聚沉淀污泥两种。给水厂污泥分类见表 1-2<sup>[2]</sup>。

**表 1-2 给水厂污泥分类**

