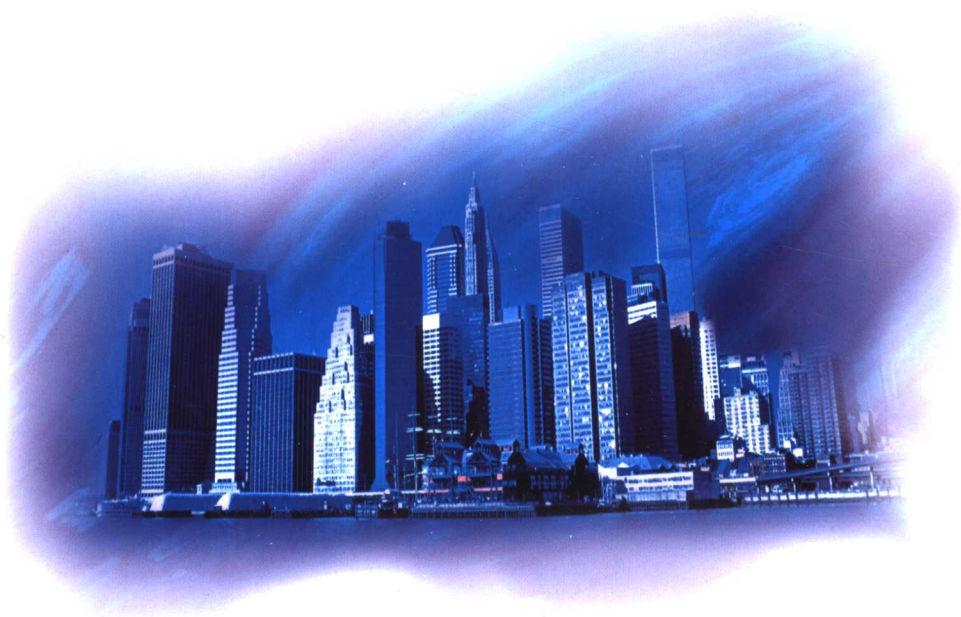


城市污泥 资源化技术进展

张光明 张信芳 张盼月 编著



Chemical Industry Press



化学工业出版社
环境·能源出版中心

城市污泥资源化技术进展

张光明 张信芳 张盼月 编著



化学工业出版社
环境·能源出版中心

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

城市污泥资源化技术进展/张光明, 张信芳, 张盼月
编著. —北京: 化学工业出版社, 2006. 2
ISBN 7-5025-8256-8

I. 城… II. ①张…②张…③张… III. 城市-污泥
利用-技术 IV. X703.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 007749 号

城市污泥资源化技术进展

张光明 张信芳 张盼月 编著

责任编辑: 管德存 徐 娟

文字编辑: 刘莉珺

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 关 飞

*

化 学 工 业 出 版 社
环境·能源出版中心

出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印装

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 11¼ 字数 221 千字

2006 年 4 月第 1 版 2006 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8256-8

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

我国城市污水和工业废水处理率不断提高,相应产生大量的污泥,污泥的处理处置是废水处理中必不可少的环节,其费用占污水处理的 25%~50%。与废水处理相比较,我国污泥处理技术相对落后,至今还没有一系列全面的技术标准问世,很大程度上限制了废水处理的有效性和环境状况的迅速改善。污泥处理中最重要的就是最大程度地减量化与资源化,回收资源能源,避免对环境产生二次污染。在合理的减量化与资源化之中,污泥也可以得到有效的无害化。这些技术也可用于污染河流底泥、管道淤泥等的处理处置。

本书在作者近十年来的工作基础上,综合了国内外污泥处理技术的发展,较全面地概括了污泥减量化与资源化技术的最新进展;分析了城市污泥产生及其特性影响因素;讨论了污泥减量化与资源化方向的前沿性理念。本书对传统的成熟技术涉及不多,重点介绍新技术以及传统技术的新进展和新理念。其内容将有助于了解城市污泥减量化、资源化、处理处置技术的最新进展与观点,有助于专业人员和管理人员对技术进行分析、选择和应用。

本书共十章,分为污泥基础知识介绍、减量化、资源化三大部分。其中减量化与资源化部分某些具体技术是类似或者相同的,归属于哪个部分取决于其主要功能。例如焚烧既可以实现污泥减量也可以实现热量回收,但实际应用中由于污泥含水率很高,焚烧回收热量不足以提供干化所需热量,因此焚烧并非污泥资源化的适用技术,但焚烧可以最大程度地将污泥减量化,故本书将焚烧归于减量化技术。

研究生酆光梅、王欢、杨金美、诸毅、王峰、马乐宁、张碧波、毕海等为本书有关章节的编写查阅和整理部分文献资料,在此表示感谢。

限于编者水平和工程经验不足,书中不足和遗漏在所难免,敬请同行专家和广大读者指正。

编著者

2005 年 12 月

目 录

第一章 引言	1
第一节 污泥的来源	1
第二节 污泥理化性质	4
第三节 污水污泥特性	10
第四节 我国污泥处理问题与对策	15
第二章 污泥源头削减	18
第一节 污水处理工艺选择	19
第二节 生物捕食	23
第三节 解偶联技术	25
第四节 污泥破解循环	26
第五节 污泥减量化的可能负面影响	33
第三章 浓缩	34
第一节 重力浓缩	35
第二节 机械浓缩	41
第三节 气浮浓缩	43
第四章 调节	45
第一节 化学调节	46
第二节 生物调节	54
第三节 超声波调节	58
第五章 污泥脱水	66
第一节 污泥脱水的影响因素	66
第二节 自然干化	70
第三节 机械脱水	73
第四节 电渗透脱水	75
第五节 热干化	78
第六节 焚烧	82
第六章 污泥土地利用	92
第一节 堆肥化	92
第二节 土地利用范围	105
第三节 污泥土地利用存在的问题	107

第七章 污泥制取建筑材料	113
第一节 水泥	114
第二节 陶粒及其制品	115
第三节 污泥制砖	122
第四节 聚合物复合材料	123
第八章 从污泥中提取有用物质	125
第一节 吸附剂	125
第二节 提取 DNA	125
第三节 合成与提取聚- β -羟基烷酸	127
第四节 提取重金属	132
第九章 能量回收	135
第一节 污泥厌氧消化	135
第二节 污泥消化的预处理	146
第三节 污泥热解	150
第四节 湿式氧化	154
第五节 微波与等离子体	156
第十章 特种污泥	159
第一节 油田污泥	159
第二节 重金属污泥	165
参考文献	176

第一章 引言

第一节 污泥的来源

在人们的生活与生产中，主要产生几大类型的污泥：污水污泥、给水污泥、水体（主要是城市湖泊与河流）清淤淤泥、给排水管网淤泥。此外，部分工业废水处理中产生一些含有特种废物的污泥，如放射性污泥等，通常被纳入有害废物管理，不在本书研究范围之类。在上述几类污泥中，产量最大、污染程度最高、危害最大、最难处理的当属污水污泥。给水污泥通常较为清洁，绝大多数情况下对环境没有危害，简单处理后可以直接排放处置或利用。水体淤泥与给排水管网淤泥根据其污染程度可以分别参照污水污泥或给水污泥处理。因此，污泥处理处置技术的关键是污水污泥，其中所涉及的技术、方法、原则可以相应地用于其他类型的污泥。因此，我们将污水污泥处理技术作为本书的核心。

近年来，随着我国国民经济的迅速发展和人民生活水平的逐步提高，城市生活污水的处理率也迅速提高。污水处理过程中产生的污泥也随之成为人们关注的焦点问题。现在通行的污水处理技术是通过微生物的代谢作用及物理化学方法，将污水中的污染物大量转移到剩余污泥中，其实质是污染物的相转移，即可溶性的污染物变成不可溶的固体。在水质得到净化的同时，污水中的污染物质作为污泥被分离出来。可以说，污泥就是被浓缩的污染物质。

根据污泥从污水中分离的过程，可将其分为一次污泥与生物污泥。一次污泥（primary sludge）是初次沉淀池截留的污泥，包括用化学药剂沉淀下来的污泥。生物污泥（biological sludge）又称生物固体（bio-solid），是在生物处理过程中，由污水中悬浮状、胶体状或溶解状的有机污染物组成的某种活性物质，其中的大部分固体是由细菌块（或菌群）组成的。根据生物处理方式的不同，又可进一步分为生物滤池污泥（filter humus），即采用生物滤池处理时产生的污泥；活性污泥（activated sludge），即采用活性污泥法处理时产生的污泥。在活性污泥法处理过程中，一部分污泥作为接触体而循环，称为回流污泥（return sludge）；剩余的需要送去处理的称为剩余污泥（excess sludge）。因此，污水处理厂的污泥主要是初沉池污泥与剩余活性污泥的混合污泥。

生活污泥一般均易腐化，可进一步区分为：生污泥（fresh sludge），即从沉淀池（初沉池和二沉池）分离出来的沉淀物或悬浮物；消化污泥（digested

sludge)，即污泥经厌氧或好氧消化后得到的污泥。

一般来说，一座二级污水处理厂产生的污泥量约占污水处理总量的 0.3%~0.5%（体积分数），如进行深度处理，污泥量还可能再增加 0.5~1.0 倍。表 1-1 和图 1-1 列出了我国近年来的城市污水处理能力和据此计算的污泥产量（按污水处理量的 0.5%计）。表 1-2 列出主要工艺产泥量。

表 1-1 城市污水处理能力与污泥产量

年 份	城市污水处理能力/(万吨/d)	污泥日产量(万吨/d)	污泥年产量(万吨/年)
1995	1051.1	5.3	1918.3
1996	1153.13	5.8	2104.5
1997	1292.1	6.5	2358.1
1998	1583.28	7.9	2889.5
1999	2654.51	13.3	4844.5

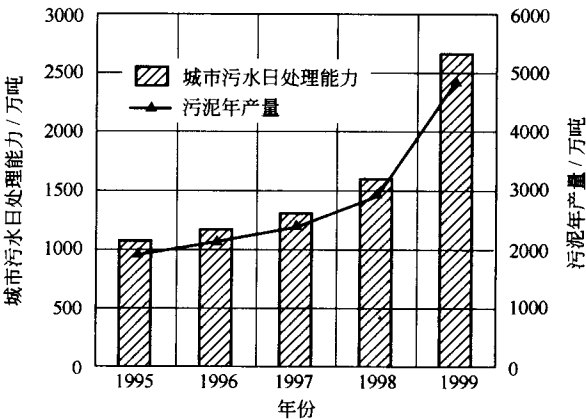


图 1-1 我国城市污水处理能力和污泥产量年际变化情况

表 1-2 不同处理工艺的污泥产量（干污泥/污水）/(g/m³)

处 理 工 艺		产生量范围	典型值
初次沉淀		110~170	150
活性污泥法		70~100	85
深度曝气		80~120	100
氧化塘		80~120	100
过滤		10~25	20
化学去磷	低剂量石灰	350~500	240~400
	高剂量石灰	800~1600	600~1350
反硝化		10~30	20

可见,随着近年来我国城市化步伐的加快,城市生活污水的处理能力和污泥的产生量急剧增长。生活污水排放量与城市人口数量、下水道普及率、城市生活水平等指标密切相关,主要与城市人口数量呈正相关性。2000 年我国城市人口达 45594 万人,今后若干年城市人口还将持续增长。根据近十年来我国城市人口的变化数据,可以对今后的城市人口数量做出预测,如图 1-2 所示。

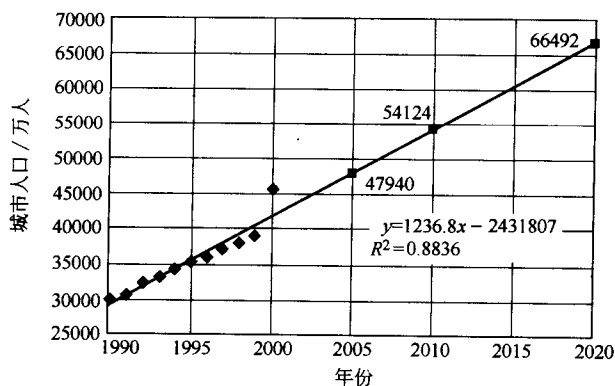


图 1-2 我国城市人口年际变化及趋势预测

1999 年我国城市生活污水排放量为 203.7681 亿吨,人均 52.4t/a。假定上述污水量数据不变,根据图 1-2 对今后几年城市生活污水的处理量及污泥产量做出预测,见图 1-3 和表 1-3。本章末的附表给出了深圳市 2003 年实际污水处理量与相应的污泥产生量。

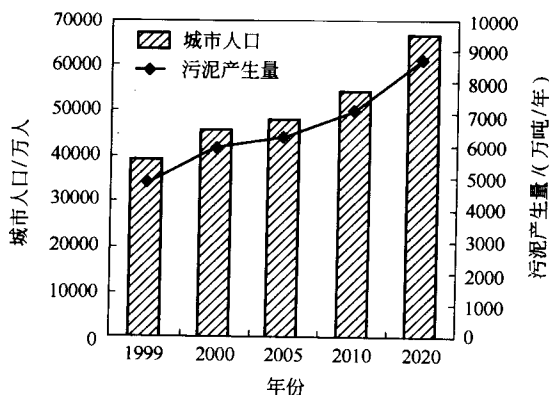


图 1-3 污泥产生量预测

表 1-3 城市生活污水污泥产量预测

年 份	1999	2000	2005	2010	2020
城市人口/万人	38892	45594	47940	54124	66492
生活污水排放量/亿吨	203.77	238.91	251.21	283.61	348.42
生活污水处理率/%	47.5	50	50	50	50
市政污水处理量/亿吨	96.89	119.46	125.60	141.81	174.21
污泥产生量/万吨	4844.50	5972.81	6280.20	7090.29	8710.45

注：生活污水处理率按污水处理能力/污水排放量计算。

第二节 污泥理化性质

污泥性质对污泥处理过程有明显的影响，表征污泥物理性质的常用指标是含水（固）率、密度、比阻、可压缩性、水力特性等。污泥减量化技术的选择通常基于其物理性质。化学性质决定了污泥资源化利用的方向，一般包括 pH 值、有机物、营养成分含量、热值、有毒有害物质含量等。不同类别城市污泥由于组成不同，其理化性质有较大的差异。同时，因为污泥可能的处理方法不同，污泥性质分析的重点相应有所不同。

1. 含水率

含水率是污泥最重要的物理性质，它决定了污泥体积。一般认为，污泥中所含水分大致分为空隙水（又称自由水）、毛细水、吸附水和结合水。空隙水是污泥颗粒包围的游离水分，一般占污泥中总含水量的 65%~85%；毛细水是污泥颗粒之间或颗粒裂隙中由于毛细作用与污泥颗粒结合在一起的水分，占总水分的 15%~25%；吸附水是由于表面张力的作用吸附在污泥颗粒表面的水分；结合水是包含在污泥中微生物细胞体内的水分，结合水和吸附水一起占污泥中总含水量的 10%左右。Vaxelaire 回顾关于污泥中水分研究的文献，认为由于测试手段的缺陷，目前污泥中水分的分布情况并不确定，并且不能以水分的分布情况作为指示污泥脱水性能的参数。通常认为，重力沉降和浓缩可以去除污泥中大部分自由水，而调节和后续的机械脱水可以破坏污泥胶体结构，使得自由水进一步释放，同时去除部分毛细水。而吸附水和结合水与污泥的结合非常牢固，只有热干化或焚烧等极端手段才可以去除。

分形可以很好地应用于描述污泥颗粒的几何特征及生物聚集体的基质传送，同时颗粒沉降速度及其大小的关系是以分形维数为指数的函数。对于分形颗粒自身絮凝作用的发生方式，影响该作用的各种因素，以及颗粒如何维系其结构强度，仍旧存在许多疑问。Joran 通过超声波振荡与粒径分析，提出三层结构污泥

颗粒模型,认为单一颗粒(约 $125\mu\text{m}$)是由许多小凝集体(约 $13\mu\text{m}$)组合而成,而这些小凝集体再由大小约为 $2.5\mu\text{m}$ 的细菌细胞聚集而成,这些小单元分别“镶嵌”在主要成分为细胞间质(ECP, extracellular polymers)的胶质网状体(gel-like matrix)中,从而维系整个胶羽的结构;水分则是存在于颗粒之间、网状体间隙(micro channels)、胶体表面,以及微生物体内。许多观察都显示出颗粒内部空间的质量分布呈现高度的不均匀性,并且可分成许多层次,在各层所测得的分形维度也不尽相同。

由于污泥中含有大量的有机物,黏性很强,不易实现泥水分离。因此,从污水处理流程中分离出来的污泥含水率非常高。通常,浓缩池出泥的含水率为 $95\%\sim 98\%$ 。当污泥含水率在 65% 以上时,污泥体积受固体颗粒弹性的影响较小,其相对密度可以认为是 1,可以用式(1-1)来换算体积、浓度等关系。

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{W_1}{W_2} = \frac{1-P_2}{1-P_1} = \frac{C_2}{C_1} \quad (1-1)$$

式中, V_i 为污泥体积; W_i 为污泥质量; P_i 为污泥含水率; C_i 为污泥浓度(干固体所占质量分数)。

图 1-4 直观地显示了污泥含水率与污泥体积的关系。

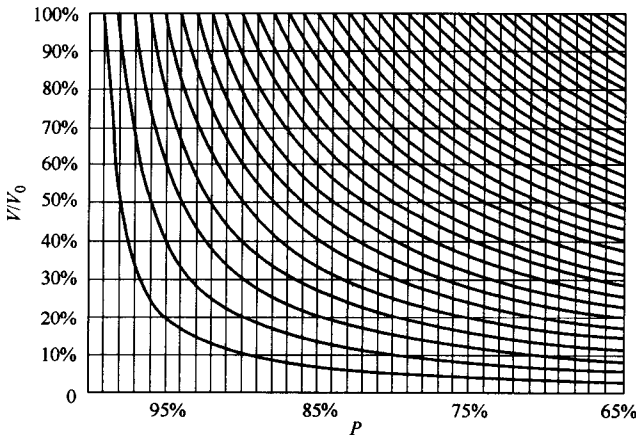


图 1-4 污泥体积与含水率关系曲线

可见,污泥体积对含水率极其敏感,因而实现污泥减量化的关键就是浓缩脱水,减少污泥中的含水量。

2. 密度

污泥密度指单位体积污泥的质量,通常用相对密度表示,即污泥与水的密度之比。通常固含量 $< 5\%$ 的污泥,可以近似认为其相对密度为 1,以简化计算。

3. 可压缩性

可压缩性反映了污泥机械脱水的难易程度。通常用比阻或毛细吸水时间(CST)来表示。图 1-5 为比阻测量装置示意。

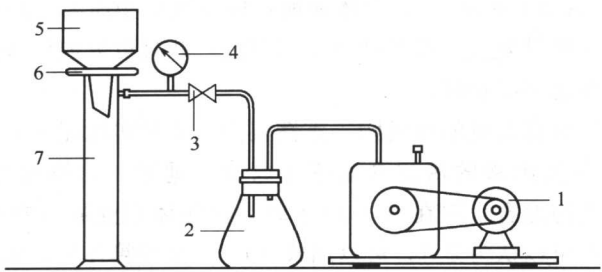


图 1-5 比阻测量装置示意

1—真空泵；2—吸瓶；3—真空阀；4—真空计；5—布氏漏斗；6—垫圈；7—带喷嘴的量筒

比阻与过滤压力及过滤面积的平方成正比，与滤液的动力黏滞度及滤饼的干固体质量成反比，并决定于污泥的性质。测定污泥的比阻值，可以确定最佳的混凝剂及其投量和最合理的过滤压力。CST 测量仪如图 1-6 所示。一般来说，比阻小于 10^{11} m/kg 的污泥可压缩性好，易于脱水，而比阻大于 10^{13} m/kg 的污泥可压缩性差，难以脱水。通常污泥中无机含量越高，比阻越低，因此给水污泥比污水污泥容易脱水。但给水污泥比阻与原水水质及所使用的混凝剂关系密切，使用石灰的给水污泥比阻通常在 10^{11} m/kg 以下，而铝盐污泥比阻可达 10^{12} m/kg 。

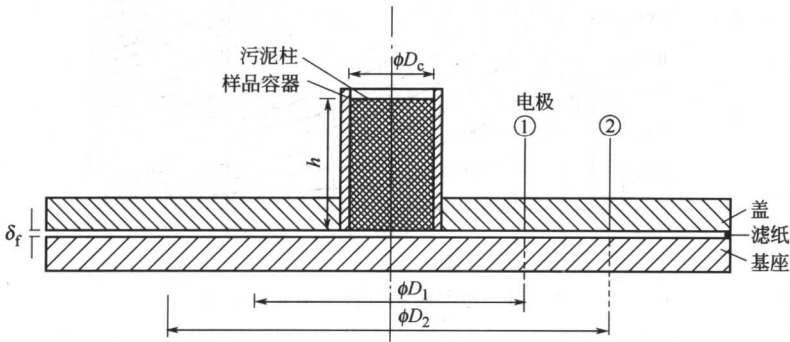


图 1-6 CST 测量仪

CST 的意义是：污泥在吸水滤纸上渗透距离为 1cm 所需要的时间。比阻值越大，CST 也越大，本质上是由于污泥的胶体性质与污泥的水动力黏滞度的大小直接相关，使比阻与 CST 之间存在一定的比例关系。消化污泥的平均 CST 为 270~380s，矿物污泥的平均 CST 为 26s，食品厂活性污泥的 CST 为 200~310s，

合成纤维厂的生污泥的 CST 为 52s。这充分表明污泥 CST 的平均值顺序为：消化污泥>活性污泥>生污泥>矿物污泥。消化污泥和活性污泥更难脱水。

此外，动电学势能（electro-kinetic potential）也是污泥可压缩性的重要因素。根据絮凝机理可知，通过添加电解液、聚合电解质改变动电学势能，或者通过另一些因素如超声波和电磁场，可以改变胶体稳定性。

4. 水力特性

污泥是假塑性流体，其水力特性主要指流动性与可混合性，受很多因素的影响，但主要是受黏度的影响。

5. Zeta 电位

Zeta 电位（Zeta potential）表示了污泥的表面特性。胶质力的经典理论（DLVO）表明，当颗粒在聚状物表面的表面特性足够高时就是稳定的。它通常由迁移率的测定方法获得，并且常用来预测胶质的稳定性。但是试验已经证明尽管由迁移率得到较高的电位值，悬浮液仍然是不稳定的。有报道生污泥的 Zeta 电位是 -11.1mV。当污泥颗粒携带正电荷时才能达到较好的脱水性能。而二重聚合物絮凝性能的提高不是主要来源于静电力。Zeta 电位还可以代表胶体的稳定性，负电荷表明较高的稳定性。但是污泥性质不尽相同，稳定性仅仅是影响脱水性能的一个因素。污泥容易脱水说明有较高的 Zeta 电位，但是较高的电位不能说明较好的脱水性。

6. 有机物含量

有机物含量是污泥最重要的化学性质，同时决定了污泥的热值与可消化性，通常有机物含量越高，污泥热值也高，可消化性越好。污泥中有机物含量通常用挥发性固体（VSS）表示。另两项相关的重要指标是挥发性有机酸（VFA）和矿物油。

不同城市、不同污水厂、不同时期污泥中的有机物含量和组分都有所不同，李艳霞等研究了国内 16 个城市和 29 个污水处理厂污泥的有机质情况，结果显示，干污泥中有机质含量为 $38.4\% \pm 12.7\%$ ，总氮含量为 $2.71\% \pm 1.35\%$ ，全磷含量为 $1.43\% \pm 1.16\%$ ，全钾含量为 $0.69\% \pm 0.27\%$ 。统计结果还表明，城市污泥的组成与污水的来源、处理工艺、城市居民的生活水平和饮食结构等有关。经济欠发达地区城市污泥中有机质、氮、磷、钾含量普遍偏低，而经济发达地区城市污泥中以上物质含量普遍偏高；不同城市污泥的有机质和氮含量变化较大，而钾的含量变化较小；南方城市污泥中磷含量普遍比北方城市污泥高。随着经济的发展，污泥中有机质含量呈上升趋势。张雪英等对无锡芦村污水处理厂污

泥的分析结果见表 1-4，其中水溶性有机物包括很多小分子碳水化合物和氨基酸等，它们极易被微生物分解利用。污泥中除碳水化合物、糖类、脂类等有机物外，还含有多种合成有机污染物。

表 1-4 污泥有机物不同组分含量（占污泥干重）/%

易降解有机物			难降解有机物			有机物总量
水溶物	半纤维素	粗蛋白质	粗脂肪	纤维素	木质素	
7.45	2.20	18.44	12.20	1.31	23.75	65.35

为了测定污泥中矿物油含量，需要比较复杂的样品预处理。将采集的污泥样品自然风干、粉碎后，除去较大的碎石和动植物残体，然后将细泥样用四分法缩分至足够量，并经 40 目筛，收集过筛后的泥样。准确称取过筛后的 4~5g 的泥样，装入预先用石油醚洗涤过的 10cm×10cm 大小的滤纸折叠成的纸包内，然后把纸包放入索氏提取器的提取筒内。量取 100mL 石油醚（30~60℃），一部分加入约提取筒体积 1/2 的石油醚，剩余部分倒入索氏提取器的蒸发瓶内。把提取器各部分连接起来。连接好冷凝水流，调节好水浴温度（65℃左右），抽提时间不少于 6.5h。对有些含油量高的污泥，应延长抽提时间，直到提取筒内的石油醚用滤纸试验无油迹为止。抽提完毕后，取出蒸发瓶。将蒸发瓶内的萃取液通过色谱柱，除去动植物性油脂，收集流出液于恒重的烧杯中。色谱柱内填装厚度 100mm 以上的活性氧化铝（在 150~160℃活化 4h，未完全冷却前装好柱），然后用约 15mL 石油醚清洗。色谱分离完毕用约 15mL 的石油醚清洗蒸发瓶后再倒入色谱柱。将烧杯置于（65±5）℃水浴上，蒸出石油醚。近干后再置于（65±5）℃恒温箱内烘 1h，然后放入干燥器内冷却 30min 称重至恒重。主要仪器有电子天平、恒温水浴锅、烘箱和 150mL 索氏提取器。

7. 无机物

表 1-5 列出了我国部分污泥中无机物成分。

表 1-5 我国部分污泥中无机物成分/%

污 泥 来 源	无机物主要成分在样品中的含量							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
昆明某污水处理厂干污泥	27.72	9.93	8.37	5.12	1.78	0.14	0.72	
广州某污水处理厂干污泥	38.9	10.9	5.2	2.4	1.1			
某污泥灰分 A	36.2	14.2	17.9	10.0	1.5	0.7		1.5
某污泥灰分 B	36.5	12.3	15.1	13.2	1.5	0.6		13.2
某污泥灰分 C	30.3	16.2	2.8	20.8	2.5	0.6		18.4
某污泥灰分 D	35.2	16.9	5.6	16.9	2.8	0.7		13.8

由于我国部分工业废水排入市政管网，从而造成污水污泥重金属含量较高，直接限制了污泥的土地利用，因此需要密切关注。污泥中常见重金属有 Zn、Ni、Hg、Cu、As、Pb、Cr、Cd 等。此外，对水体富营养化日益增加的关注使得污泥中 N、P 含量也成为重要指标，营养元素含量过高的污泥在处理处置中必须考虑对可能的受纳水体或受其影响的水体的不利影响。另一方面，营养元素含量也是污泥农用需要关注的指标，这种情况下，较高的 N、P 含量有利于污泥农用。

为了测定污泥中的 N、P、重金属，所需的预处理同矿物油测量。N 的分析方法如下。称取 0.1000g 污泥样品，加入消化罐中，加入 3mL H_2SO_4 、1mL H_2O_2 、5mL 硫酸铜溶液（10%），摇匀放置数分钟后盖上盖子。然后严格按照 MARS-5 微波高压制样装置系统操作手册的操作步骤操作。设定温度 180℃、升温 3min、保温 3min，待自动降温完成后，取出罐打开盖，定溶于 100mL 容量瓶中，加氢氧化钠蒸馏，将释出的氨吸收于硼酸溶液中。最后用标准硫酸溶液滴定。主要仪器有滴定管和微波高压制样装置。P 的分析方法如下。准确称取 0.1000g 污泥样品，加入消化罐中，加入 3mL HNO_3 、1mL H_2O_2 ，摇匀放置数分钟后盖上盖子。设定温度 180℃、升温 3min、保温 3min，待自动降温完成后，取出罐打开盖，待 NO_2 气体挥发完后定溶于 100mL 容量瓶中，过滤后吸取一定量待测液用钒钼黄比色法于波长 450nm 处测定全磷。主要仪器是紫外可见分光光度计与微波高压制样装置。为测定 Cu、Zn、Cd、Cr、Ni、Pb、K、Na、As，需要准确称取 0.1000g 污泥样品，加入消化罐中，加入 6mL HNO_3 、8mL HCl 、1mL H_2O_2 、1.5mL HF ，摇匀放置数分钟后盖上盖子。然后严格按照微波高压制样装置系统操作手册的操作步骤操作。设定温度 130℃、升温 5min、保温 10min，压力 300psi，再设定温度 180℃、升温 8min、保温 15min，压力 350psi，待自动降温完成后，取出罐打开盖，待 NO_2 气体挥发完后定溶于 100mL 容量瓶中，过滤后吸取一定量待测液，以原子吸收分光光度计测定，后续测定方法参照《土壤监测方法标准》（GB/T 17134~17141—1997），主要仪器同测 P 所需。Hg 的测定与其他重金属不同，消化罐中需加入 6mL HNO_3 、8mL H_2SO_4 、1mL H_2O_2 ，摇匀放置数分钟后盖上盖子。设定温度 130℃、升温 5min、保温 10min，压力 300psi^①，再设定温度 180℃、升温 8min、保温 15min，压力 350psi，待自动降温完成后，取出罐打开盖，待 NO_2 气体挥发完后定溶于 100mL 容量瓶中，过滤后吸取一定量待测液，以原子荧光光度计测定，测定方法参照《土壤监测方法标准》（GB/T 17136—1997）。主要仪器为双道原子荧光光度计与微波高压制样装置。

8. pH 值

pH 值反映污泥的酸碱性，通常污泥都在近中性范围。

① 1psi=1bt/in²=6894.76Pa。

9. 生物学指标

污泥中，尤其是在污水污泥中，含有大量病原菌、寄生虫卵及病毒，如不妥善处理，易造成传染病大面积传播。通常通过投加石灰、消化、热处理等方法来对污泥进行消毒。

第三节 污水污泥特性

污水污泥是污水处理的产物，成分很复杂，包括混入生活污水或工业废水中的泥砂、纤维、动植物残体等固体颗粒及其凝结的絮状物，由多种微生物形成的菌胶团及其吸附的有机物，重金属元素和盐类，少量的病原微生物、寄生虫卵等综合固体物质。初次沉淀池与二次沉淀池的污泥均属有机污泥，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，是呈胶体结构的亲水性物质。污泥胶体颗粒双电层理论认为，构成污泥的固体颗粒一般都很细小，而且由于表面化学反应、粒子之间形成共价键或吸附其他离子等原因往往带有负电荷，形成稳定的胶体悬浮液。而 Jorand 通过超声波振荡和污泥粒径分析，提出三层结构污泥颗粒模型，单一颗粒（约 $125\mu\text{m}$ ）是由许多小凝集体（约 $13\mu\text{m}$ ）组成的，而小凝集体由大小约为 $2.5\mu\text{m}$ 的细菌细胞聚集而成，这些小单

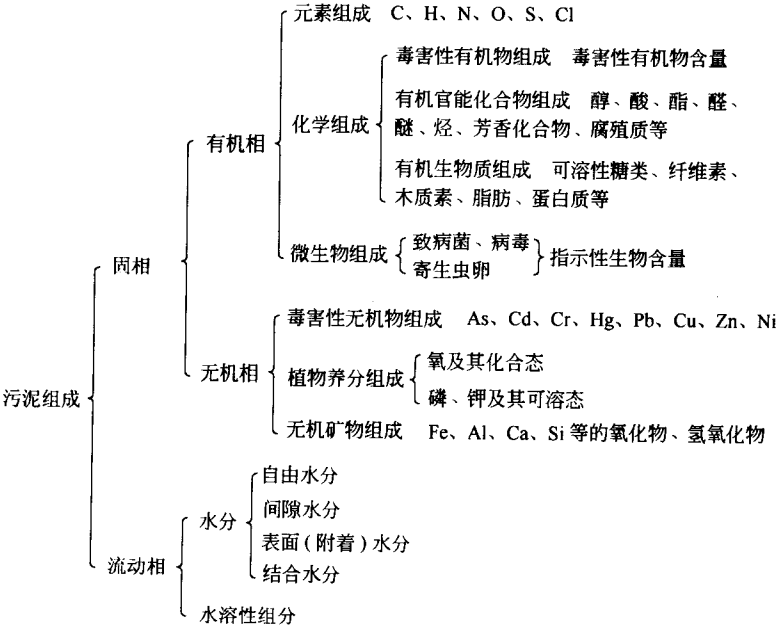


图 1-7 污水污泥的主要组成部分

元分别镶嵌在主要成分为细胞间质 (extracellular polymer, ECP 或 EPS) 的胶质网状体中, 水分存在于颗粒之间、网状体间隙、胶体表面和微生物体内。简单地说, 污泥是污水的固体部分。图 1-7 给出污水污泥的主要组成部分。

污泥的相态特征首先是固液混合, 即污泥是固体和液体的混合物, 且所含的固体和液体依然保持各自的相态特征。其次, 污泥的固液组成比有一定的稳定性, 在无外加作用力的条件下, 其固液比例能保持相对的稳定。污泥的主要特性是含水率高 (可达 99% 以上), 有机物含量高, 容易腐化发酵, 并且颗粒较细, 密度较小, 呈胶状液态。污泥中含有植物生长所需的 N、P、K 等营养元素, 维持植物正常生长发育的多种微量元素, 以及能改良土壤结构的有机物及腐殖质, 所含的有机物和腐殖质也是一种有价值的有机肥料, 同时也含有多种病原菌、寄生虫卵、重金属及某些难降解的有机物。由于污水来源、污水处理工艺及季节的不同, 污泥的组成差异较大。污泥中有机质含量随季节变化, 夏低冬高。表 1-6~表 1-9 为典型污泥理化性质。

表 1-6 不同处理工艺的污泥固含量/%

处 理 工 艺	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
初沉污泥和加低剂量石灰除磷污泥	2.0~8.0	4.0
初沉污泥和加高剂量石灰除磷污泥	4.0~16.0	10.0
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	4.0~7.0	5.0
重力带式浓缩	4.0~8.0	5.0
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