

中央高校基本科研业务费专项基金 (2013QNB23)

江苏高校优势学科建设工程资助项目

黑龙江省普通高校采矿工程重点实验室开放课题资助项目

炸药爆炸冲击波预处理促进污泥改性 试验研究

陈大勇 杨 军 著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

中央高校基本科研业务费专项基金(2013QNB23)

江苏高校优势学科建设工程资助项目

黑龙江省普通高校采矿工程重点实验室开放课题资助项目

炸药爆炸冲击波预处理促进 污泥改性试验研究

陈大勇 杨



中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书基于爆炸力学与环境科学的学科交叉,试验研究了炸药爆炸冲击波预处理对污泥的改性作用。本书内容主要包括:炸药爆炸冲击波作用下爆炸容器的动力响应、污泥脱水性能、破解效果及流变行为等。本书可供从事污泥预处理及爆炸力学相关领域的科研工作者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

炸药爆炸冲击波预处理促进污泥改性试验研究/陈大勇,杨军著.—徐州:中国矿业大学出版社,
2015.10

ISBN 978-7-5646-2820-8

I. ①炸… II. ①陈… ②杨… III. ①炸药—爆炸—
冲击波—应用—活性污泥处理—预处理—研究 IV. ①X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 212182 号

书 名 炸药爆炸冲击波预处理促进污泥改性试验研究

著 者 陈大勇 杨 军

责任编辑 于世连 何晓惠

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 850×1168 1/32 印张 4.125 字数 107 千字

版次印次 2015 年 10 月第 1 版 2015 年 10 月第 1 次印刷

定 价 45.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

活性污泥法是污水处理领域应用最成熟、最广泛的技术。目前,全世界有 90% 的污水处理厂采用该技术,但该技术最大缺点是产生大量的剩余污泥,并且具有产量大、含水率高、容积大、脱水困难、有机物稳定时间长、厌氧消化反应速率慢、消化时间长、病原微生物含量高、腐化物丰富等缺点,从而导致污泥处理处置成为环境科学方面的难题,如果处理不当,污泥排放后会对环境造成严重的污染。最新最严的《环境保护法》已于 2015 年 1 月 1 日起开始实施,研究环境友好的污泥处理处置理论与技术成为最紧迫的任务。

德国在 1996 年明确提出了废物减量化、稳定化、安全化、资源化的优先顺序。通过强化的预处理手段改善污泥的脱水性能和生物降解性能,从而提高污泥处理的整体脱水效率和污泥的厌氧消化水平,以便于污泥的最终处置,一直是污泥处理领域的研究热点。经过各国科研工作者不断的努力,多种多样的污泥减量预处理技术不断形成并得到发展,其中以物理、化学、生物以及其组合的预处理方法尤为引人注目。

炸药爆炸时能迅速产生高温、高压的爆轰气体,在炸药爆炸过程中主要有以下几个特征:炸药爆炸属于速度

极快的放热化学反应,能量转化过程中几乎没有热传导和热辐射的损失,在极短的时间内炸药爆炸时产生的爆轰产物可达到数千摄氏度(高温);爆炸反应快,反应释放出来的能量来不及消散而高度集中于有限的空间内,致使该体积内存在很高的能量密度,传播到周围介质中的冲击波压力可达到几百兆帕(高压);爆炸具有瞬时作用的特点,即具有冲击的特性(高速)。炸药爆炸冲击波在一些工业领域已经得到广泛的应用,如工程爆破、爆炸加工、材料科学、食品科学、医学等。

作者基于在爆炸科学与技术方面的学科背景,提出了利用炸药爆炸冲击波作用对污泥进行预处理,以破坏污泥的絮状胶体结构及微生物半刚性细胞壁,最终改变污泥的物理、生物特性,以利于污泥最终的处理处置。通过研究,确定了炸药爆炸冲击波预处理对污泥改性的积极作用,揭示了炸药爆炸冲击波在污泥中的传播规律,获得了污泥脱水性能、破解性能与炸药量的关系,发现了炸药爆炸冲击波作用使污泥体系由从非牛顿流体向牛顿流体转变的趋势。

本书的成稿得到了许多专家的指导与帮助。特别感谢黄正平教授、张汉萍教授、高森林高工、全向春教授、屠晓利教授、陈鹏万教授、张奇教授、王丽琼教授、杨岩主任、戴开达老师、安二峰老师、郭宝桥老师、赵林双老师、浦锡锋博士、周强博士、周忠彬博士、马丹竹博士给予的关心和指导。感谢工程爆破课题组佐建君、张光雄、甯尤军、高富强、谢春明、余德运、李顺波、刘永茜、杨忠华、胡

宗元、贾志超、邹宗山、夏晨曦、彭先泽、刘杰、崔寒松、徐振洋等师兄弟们的支持和帮助。感谢本书中引用文献的作者,你们的工作给了我很多启发,同时也是本书的基础。

炸药爆炸冲击波预处理促进污泥改性是污泥预处理领域的一种新方法、新思路,在研究深度和广度上需要进一步加强。由于作者水平有限,特别是在污泥预处理知识储备方面的不足,加之时间仓促,不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

作 者

2015 年 9 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 城市污泥处理与处置的目的及其现状	3
1.3 污泥预处理的国内外研究现状	6
1.4 炸药爆炸冲击波方法介绍	14
1.5 研究目的及主要研究内容	16
第 2 章 试验装置与试验方法	19
2.1 试验材料	19
2.2 试验装置	19
2.3 试验测试设备	21
2.4 试验步骤	24
2.5 分析项目与测定方法	27
第 3 章 污泥中炸药爆炸冲击波传播规律及爆炸容器动力响应研究	28
3.1 爆炸容器及研究进展略述	28
3.2 水中爆炸冲击波传播	29
3.3 试验介绍	30
3.4 超压测试	32
3.5 应变测试	36
3.6 爆炸容器的应变增长分析	39

3.7 本章小结	40
第4章 炸药爆炸冲击波作用下污泥脱水性能研究	42
4.1 污泥脱水概述	42
4.2 温度控制	43
4.3 炸药爆炸冲击波对污泥作用的初步验证	43
4.4 炸药爆炸冲击波作用对污泥脱水性能影响	45
4.5 炸药爆炸冲击波作用对污泥粒径变化	49
4.6 污泥的脱水性能随污泥粒径的变化关系	51
4.7 污泥比表面积变化	53
4.8 污泥浊度变化	54
4.9 污泥的显微观察	54
4.10 本章小结	56
第5章 炸药爆炸冲击波作用下污泥破解性能研究	57
5.1 概述	57
5.2 污泥破解前后性质分析	58
5.3 炸药爆炸冲击波预处理污泥工艺设想	62
5.4 经济可行性及安全性分析	65
5.5 本章小结	67
第6章 炸药爆炸冲击波作用下污泥流变行为研究	69
6.1 流变学概述	69
6.2 流变学在污泥中脱水方面的研究现状	73
6.3 原样污泥流变特性	75
6.4 炸药爆炸冲击波作用下污泥流变特性变化	77
6.5 表观黏度随炸药量变化	83
6.6 脱水性能与黏度关系	83

6.7 本章小结.....	85
第7章 结论与展望	87
7.1 结论.....	87
7.2 创新与特色之处.....	89
7.3 问题与展望.....	90
参考文献	93

第1章 绪 论

1.1 研究背景

我国水资源相当缺乏^[1],受污染的水资源使我国的水资源短缺形势更为严峻,水资源因受污染而短缺已成为我国水质性缺水的根源。

控制和治理水污染的有效措施是对废水进行处理,现代废水处理技术可分为三类:物理法、化学法和生物法。与其他两种方法相比,生物法具有对废水中有机物去除彻底、处理量大、运行成本低、二次污染小等优点。因此,废水生物处理技术被广泛应用^[2-4]。

活性污泥法(Activated Sludge Process)是世界范围内广泛使用的废水生物处理的典型技术,经过长期生产经验积累和工艺的不断改进,发展相对成熟,多样的工艺流程又使它的适用性、有效性、经济性更加完善与合理。活性污泥法已成为当今世界废水生物处理的主导工艺。在我国废水处理厂中,85%以上的污水处理厂采用活性污泥法及其衍生工艺。

但是,活性污泥法最大的缺点是产生大量剩余污泥,剩余污泥处置费用占整个废水处理费用的50%~60%^[5]。除此之外,污泥处置过程中还会产生二次污染。

随着我国城市化进程的加快和人们环保意识的提高,城市污水处理厂的兴建和运行管理已成为现代化城市建设不可分割的一

部分。改善水质、污水处理、污水回用和污泥处理处置工作受到空前关注。全国各地不断开展改善水质、污水处理、污水回用和污泥处理等工作。根据我国国民经济发展和建设部规划要求,2010 年为实现强化城市排水和污水处理设施的建设,需新建污水处理厂 600 多座,污水处理率需达到 40%~50%^[6]。如按污水处理率 50%计,其投资年增约 5 000 亿元,这对我国污水处理事业发展既是机遇又是挑战^[7]。

污泥是废水处理过程中产生的物质,它是以微生物为主体,同时包括混入生活污水或工矿废水中的泥沙、纤维、动植物残体等固体颗粒及其吸附的有机物、金属、病菌、虫卵等物质的综合体。污泥中含有植物生长发育所需的氮、磷、钾及维持植物正常生长发育的多种微量元素和改良土壤结构的有机质,但同时也含有病原微生物、寄生虫(卵)、重金属及某些难降解的有机毒物。污泥的组成成分非常复杂(图 1-1),并且污泥成分随废水来源、废水处理厂处理工艺及季节不同而变化。从废水处理厂排出的污泥一般由松散的物质组成,含水率较高,污泥容积可达其所含固体容积的数十倍,体积非常庞大,性质很不稳定,极易腐化,不利于运输和处置,故需及时进行污泥的减量化和无害化的处理,使含有病原微生物、散发出恶臭的腐化物质数量减少并使其分解。如果处理不当,污泥排放后会对环境造成严重的污染。从图 1-2 可以看出,污泥的任意排放导致了树木的枯萎。

据测算,我国城市污水量在未来 20 年内还会有较大增长,2010 年污水排放量达到 $440 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{d}$ ^[8],2020 年污水排放量预计将达到 $536 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{d}$ 。城市污泥的产量通常为污水量的 0.3%~0.5%(体积)或者为污水处理量的 1%~2%^[9](质量);如果污水进行深度处理,污泥产量将增加 0.5~1 倍。污水处理量及处理效率的提高,势必将导致污泥数量的增加。我国污水处理量和处理率虽然不高,但 2008 年我国城市污水处理厂产生

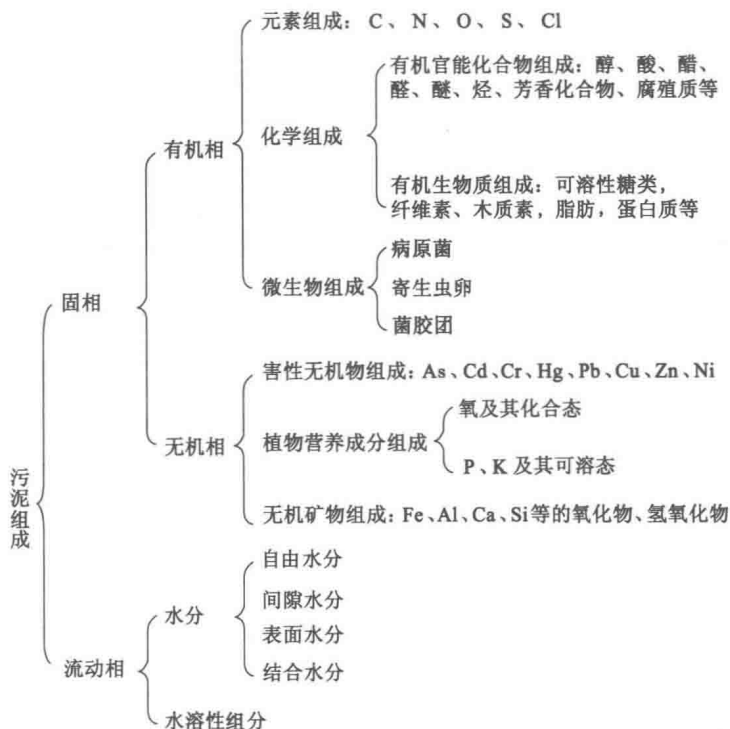


图 1-1 污泥组成成分

湿污泥量约为 7 500 万 t(按含水率 80% 计)^[10], 且每年以 10% 的速度递增, 需处理污泥的含水率大都在 90% 以上^[11]。为了生态环境的可持续发展, 急需对污泥的处理与处置进行深入研究。

1.2 城市污泥处理与处置的目的及其现状

污水处理的实质是利用各种方法将水中所含的污染物以污泥的形式从水中分离, 将其转化为稳定物质或无害气体后从水中分离, 从而达到污水净化的目的。



图 1-2 污泥的危害

1.2.1 城市污泥处理与处置的目的

城市污泥的处理与处置是通过适当的技术措施,使污泥及时得到再利用或以某种不损害环境的形式重新返回到自然环境中。在水质工程学中,将改变污泥性质、对其进行稳定化处理的全过程称为污泥处理,一般包括浓缩(调理)、脱水、厌氧消化、好氧消化、堆肥、干化和焚烧等。对污泥的最终消纳称为污泥处置,一般包括土地利用、填埋和建筑材料利用等。

污泥处理与处置的基本目的在于:① 降低污泥的含水率,使其体积减量化,以便于后续的处理、输送和处置;② 稳定污泥有机物,使其不易腐化发臭;③ 杀灭病原微生物和寄生虫卵,使其无害化;④ 使污泥中的有用成分得到资源化利用。即污泥处理与处置

的目的是使污泥减量化、稳定化、无害化和资源化。

(1) 减量化

从污水处理构筑物排出的污泥,其含水率一般大于 95%,体积很大,不利于储存、运输和消纳,对其进行减量化处理十分重要。1 m³ 含水率为 95%的生活污水污泥,当其含水率降低到 85%时,体积缩小为原来的 1/3;当其含水率降低到 65%时,体积缩小为原来的 1/7;当含水率降低到 20%时,体积缩小为原来的 1/16。从污泥输送的角度考虑,可以用泵输送的污泥,一般含水率均在 85%以上。含水率为 70%~75%的污泥呈柔软状,含水率为 60%~65%的污泥几乎成为固体状态,含水率为 34%~40%的污泥已成为可离散状态,含水率为 10%~15%的污泥则成为粉末状态。因此,可以根据不同的污泥处理工艺和装置要求,确定适当的污泥减量化程度。

(2) 稳定化

污泥中有机物含量为 50%~70%,在环境中会发生厌氧降解,极易腐败并产生恶臭。因此,需要采用生物好氧或厌氧消化工艺,使污泥中的有机组分转化为稳定的最终产物,也可采用添加化学药剂终止污泥中微生物活性的方法来稳定污泥,如投加石灰提高污泥 pH 值即可实现对微生物的抑制。pH 值在 11.0~12.2 时可使污泥稳定,同时还能杀灭污泥中的病原体微生物。但化学稳定法不能使污泥长期稳定,若将处理过的污泥长期存放,污泥的 pH 值会逐渐下降,微生物逐渐恢复活性,使污泥失去稳定性。

(3) 无害化

污泥中,尤其是初沉污泥中,含有大量病原菌、寄生虫(卵)及病毒,易造成传染病大面积传播。肠道病原菌可随粪便排出体外,并进入污水处理系统,感染个体排泄出的粪便中病毒多达 10⁶ 个每克。有时污泥中还含有多种重金属离子和有毒有害的有机物,这些物质可以从污泥中渗透或挥发出来污染水体和空气,造成二

次污染。因此污泥处理处置过程必须充分考虑使其无害化。

(4) 资源化

近年来污泥处理处置的理念正在逐渐发生变化,由原来的单纯污泥处理逐渐向污泥有效利用、实现资源化方向发展,将污泥用于肥料、燃料、建筑材料制造等方面。

1.2.2 城市污泥处理与处置的现状

长期以来,我国存在着重污水处理、轻污泥处理的现象。在现有的污水处理设施中,有污泥稳定处理设施的不到 25%,有处理工艺和配套设施完善的不到 10%^[6]。在目前仅有的十几座污泥消化池中,能够正常运行的很少,有些根本就没有运行。未经任何处理的污泥便直接农用的占 60%以上,即使在设有消化池的污水处理厂,消化后的污泥也只是稍经脱水后便直接农用而未做任何无害化处理,仍不符合污泥农用卫生标准,与国外发达国家相比尚有较大差距。有些地方的污水虽然得到了有效治理,但大量未经稳定处理的污泥仍没有正常出路。许多城市的污泥仍旧采取露天堆放的方法,造成了城市周围垃圾成山、蚊蝇滋生、环境污染严重的状况,使污水处理工作变得毫无意义。

目前,我国城市污泥的处理和处置主要面临下列问题:污泥处理率低、工艺不完善,污泥处理技术、设备落后,污泥处理投资、设计、管理水平低,污泥的处置利用率低。

1.3 污泥预处理的国内外研究现状

活性污泥工艺是我国目前普遍采用的污水处理工艺,其目的是最大限度地降低 BOD,减少污泥产量。然而,常规活性污泥工艺除了氮和磷不易达到排放标准外,其主要的缺点有污泥产量大,并且由于污泥絮状胶体结构的存在使污泥中的结合水量较大,导

致污泥的脱水困难。剩余污泥的处理与处置通常采用污泥中温厌氧消化工艺,存在反应速度慢,污泥停留时间过长,池体体积庞大,操作管理复杂,产气中甲烷含量低等缺点。污泥的水解是厌氧消化的限速步骤。剩余污泥中大多数有机物存在于微生物细胞内,微生物细胞的细胞壁是一稳定的半刚性结构,起着保护细胞的作用。细胞壁属于生物难降解惰性物质,破解较为困难,这使得厌氧消化过程需要较长的停留时间。为缩短污泥厌氧消化时间,减少污泥量和消化池体积,国内外学者对污泥破解进行了大量研究。污泥破解的目的是破坏污泥的絮体结构及细胞壁,使污泥絮体结构发生变化,细胞内含物流出,进入水相,变难降解的固体物质为易降解的溶解性物质。污泥破解之后通常有三种处置方式:厌氧消化、全部回流至好氧处理系统进行生物处理及破解后沥出液作为反硝化碳源加以利用。总之,污泥破解可以促进污泥的资源化、稳定化与减量化。

德国在 1996 年明确提出了废物减量化、稳定化、安全化、资源化的优先顺序^[12]。通过强化的预处理手段改善污泥的脱水性能和生物降解性能,从而提高污泥处理的整体脱水效率和污泥的厌氧消化水平,以便于污泥的最终处置,一直是污泥处理领域的研究热点。多种多样的污泥减量预处理技术不断形成并得到发展,其中以物理、化学、生物以及组合的预处理方法尤为引人注目。污泥预处理方法如图 1-3 所示。

1.3.1 物理预处理法

物理预处理法泛指通过外加能量或应力以改变污泥性质,溶解污泥生物细胞,破坏污泥絮体结构,使污泥体系结构发生重组,以利于污泥脱水、沉降、消化等一系列后续处理的方法。目前,物理预处理方法主要有超声波^[13-22]、高压喷射^[23-27]、转动球磨^[28]、加热法^[29-40]、微波^[41-45]、聚焦脉冲^[46-48]、冻融^[49-51]、辐射^[52-54]、蒸汽爆

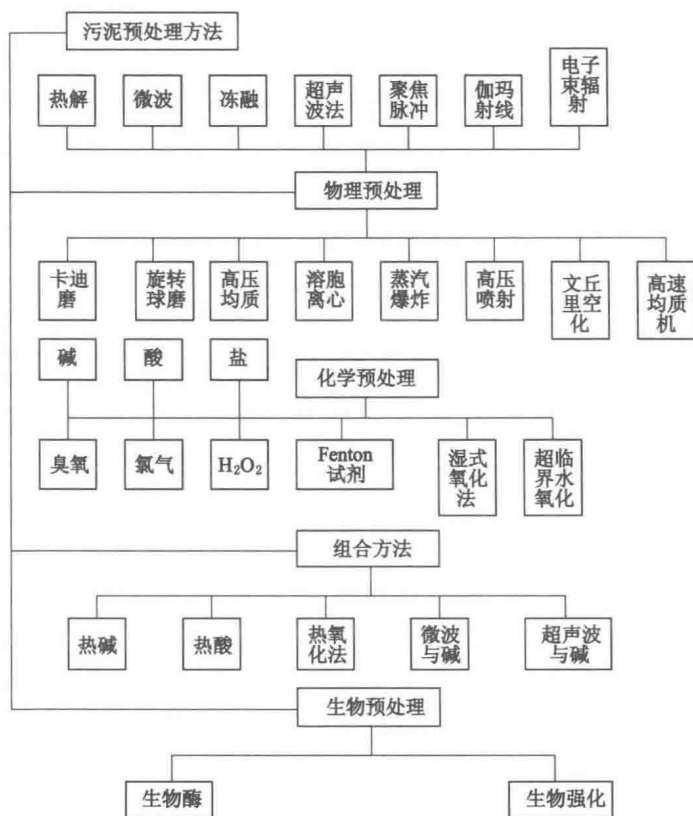


图 1-3 污泥预处理方法

炸^[55]、文丘里空化^[56]、高压均质^[57-58]、溶胞离心^[59]等方法。不论采用哪种物理预处理方法,其最基本目的是压破细胞壁,释放出细胞内所含的物质,同时使污泥颗粒变小、比表面积增加,这有利于进一步破解。这些方法通常应用于污泥的回流系统之中,只要在原有污泥回流系统中添加适当的处理装置,即可实现污泥减量的目的。虽然这种污泥减量只是部分污泥的减量,不能实现零污泥排放,但是这种污泥减量却为后续污泥处理节约了大量处理成本,