

■ 徐 强 主编 ■ 刘 明 张春敏 副主编

污泥处理处置

新技术、新工艺、新设备

WUJIN CHULI CHUZH
XINJISHU XINGONGYI XINS



化学工业出版社

污泥处理处置

新技术、新工艺、新设备

**WUNI CHULI CHUZH
XINJISHU XINGONGYI XINSHEBEI**

■ 徐 强 主 编 ■ 刘 明 张春敏 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书围绕污泥处理处置的主题,组织国内设计单位、高等院校、环保企业的专家、学者,介绍了污泥处理处置的技术、工艺和设备及其应用情况。具体包括污泥技术政策与规划、污泥消化、污泥堆肥、污泥干化、污泥焚烧、污泥处理处置的其他方法及相关研究、污泥处理处置设备与管道输送、污泥处理处置工程实践八大部分。

本书基本体现了国内各设计单位、研究单位从事污泥处理处置的技术状况和发展趋势,应用性较强。本书可推动污泥处理行业开发新技术、新工艺、新设备,为具体选择技术方案和设备提供有实际价值的参考,同时也是本行业的研究人员展示研究成果的平台。

图书在版编目(CIP)数据

污泥处理处置新技术、新工艺、新设备/徐强
主编. —北京:化学工业出版社,2011.5
ISBN 978-7-122-10462-5

I. 污… II. 徐… III. 污泥处理 IV. X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 013337 号

责任编辑:徐娟
责任校对:郑捷

装帧设计:韩飞

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 刷:北京市振南印刷有限责任公司
装 订:三河市宇新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张20¼ 字数516千字 2011年6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:98.00 元
京化广临字2011—6号

版权所有 违者必究

前 言

“十一五”以来，我国的污水处理产业得到了快速发展，日处理能力已超亿吨，污水处理能力及处理率的迅速增长，也带来了污泥产量的迅速增加。据统计我国目前城市每年污泥产生量近 3000 万吨（含水率 80%），而 80% 的污泥未经稳定化、无害化处理。污泥处理处置相对滞后，污泥处理处置设施建设严重不足。而污泥中含有的大量有机物和丰硕的氮、磷等营养物质以及重金属、难降解的有机物、盐类、致病菌、寄生虫等有害成分，已成为形成二次污染的潜在污染源。这与欧美发达国家的情况相比差距较大，也与我国高速发展的经济和快速增长的城镇化率相比不相适应。

长期以来我国普遍存在着重污水处理，轻污泥处理处置的倾向，由于我国污泥处理处置起步较晚，主要表现在：污泥处理技术设备相对落后；污泥处理管理、设计水平偏低；污泥处理处置投资较少；污泥处理处置状况较为混乱；很多污水处理厂将污水和污泥处理处置剥离或简化，甚至忽略污泥的处理处置等现象。除一些大型城市外，大部分城市的总体规划中缺少污泥处理处置内容和专项规划。

随着加快建设资源节约型、环境友好型社会和提高生态文明水平进程的推进，污泥处理处置已成为社会普遍关注的问题，国家对污泥的处理处置越来越重视。住房和城乡建设部领导指出：“十五”期间我国主要进行污水处理厂工作，“十一五”期间，重点是进行管网的配套，“十二五”期间将重点放在污泥处置等方面，鼓励污泥无害化后进行土地综合利用。“十二五”期间，污泥处理处置市场将得到进一步发展，也将成为继污水处理之后的下一个投资热点。未来国家必将进一步加大对城镇污水处理和污泥处理处置的支持力度，进一步建立和完善我国城镇污水处理基础设施。

本书精选了近年来我国污泥处理处置方面的新技术、新工艺、新设备及应用方面的文章，作者分别来自全国各设计研究院机构、高等院校、建设单位、运营单位、管理单位、污水处理设备企业的专家、学者、科研人员、工程技术人员。内容涵盖了我国目前污水处理行业污泥处理处置设施建设；结合污水处理厂升级改造污泥处理处置技术应用和设备选用；提高污泥处理率技术；污泥处理处置技术科研成果转化等主题。这些研究成果和技术应用实例将对我国今后排水行业污泥处理处置技术应用和发展起到示范作用，为正在建设和运营中的污水处理厂污泥处理处置设施建设提供现实参考技术方案和实例。

本书是从事污水处理行业、污泥处理处置工程技术人员工作中具有实例价值的参考书。

本书在编写组织过程中得到了全国各大设计研究单位、大专院校及国内外相关企业尤其是北京中科博联环境工程有限公司、威力雅水务工程（北京）有限公司、万若（北京）环境工程技术有限公司、宜兴华都琥珀环保机械制造有限公司的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

主编
2011 年 1 月

目 录

第一部分 污泥处理处置技术政策与规划	1
《城镇污水处理厂污泥处理处置及污染防治技术政策》解读	1
天津市污泥处置建议及污泥处置项目市场展望	5
对我国污泥处理处置产业政策的探讨	9
我国污泥处理处置规划研究的总体思路	13
污泥处置技术探讨	17
《城镇污水处理厂污泥处置 单独焚烧用泥质》(GB/T 24602—2009) 内容简介	21
《城镇污水处理厂污泥处置 土地改良用泥质》(GB/T 24600—2009) 内容简介	26
污泥处理处置设施的规划建设与管理	30
污泥问题的文明形态与解决方法	36
第二部分 污泥消化	45
天津市污水污泥石灰稳定化的实践	45
浅谈污水处理厂污泥消化系统设计及运行	50
污泥预热自热高温好氧消化工艺中试	55
厌氧消化技术在日本污水污泥和高浓度有机工业废水处理中的应用状况	57
第三部分 污泥堆肥	63
城市污泥自动控制生物堆肥处理与资源化成套技术——CTB生物堆肥技术应用与案例	63
中国城镇污水处理厂污泥生物堆肥的技术选择	66
城市污泥好氧发酵制生物有机肥成套技术	70
某市城市污水处理厂污泥处置采用绿化用肥的探讨	74
污泥堆肥技术分析 with 工程实例	78
城镇污水处理厂污泥好氧堆肥混料的讨论	82
第四部分 污泥干化	86
污泥含水率对污泥干化能耗成本的影响评价	86
污泥干化在咸阳路污水处理厂的应用	89
STR 太阳能污泥干化处理	93
利用烟气余热的污泥低温干化技术	99
低温干化系统在污泥处理中的应用	109
第五部分 污泥焚烧	114
流化床焚烧炉 Pyrofluid™ 污泥焚烧系统的原理及应用	114
低能耗等离子体焚烧技术处理工业污泥的研究	117
第六部分 污泥处理处置的其他方法及相关研究	123
天津市大沽排污河河道底泥特征研究及处理处置途径初探	123
超声波污泥裂解技术在污水厂应用概述	128
浅谈超声波剩余污泥减量化技术	134
碱和超声波联合破解污泥的效果研究	138
超声破解促进污泥厌氧消化的机理及污泥减量化技术研究	144
污泥果肥利用土壤环境质量评价	152

物化技术处理含氰工业污泥的研究	157
初沉污泥水解酸化试验研究	162
天津市中心城区下水道通挖污泥处理处置新探究	167
上海市青浦区污泥好氧发酵新技术应用	176
干馏法为污水处理厂解决污泥处理难题	180
微生物燃料电池用于污泥稳定和产电研究	185
污泥气综合利用技术探讨	189
第七部分 污泥处理处置设备与管道输送	194
TZWG 特种(污泥)干化成套装置研究及应用	194
HUBER 中温带式污泥干化装置	198
用单螺杆泵输送脱水干污泥	205
几种污泥焚烧厂污泥干化设备介绍	208
污泥脱水机性能分析	211
污泥深度脱水干化一体机在城镇污水处理厂中的应用	216
祥符水厂干化污泥管道输送	221
管道输送污泥的试验与工程应用	224
ITT 间接管式转鼓干化机工艺原理及应用	229
柔韧管压榨机在污泥深度脱水干化技术中的应用	237
螺旋卸料沉降离心机在污泥脱水中的应用	245
第八部分 污泥处理处置工程实践	251
CTB 自动控制污泥好氧发酵工艺的工程实践	251
秦皇岛市污水处理厂污泥适宜的处置方式及处理方法	254
秦皇岛市污泥处理厂工程设计及成品数据	257
万若环境 ENS 堆肥工艺及在北京庞各庄污泥堆肥厂的应用	261
万若环境污泥石灰处理技术在北京小红门污水处理厂的工程应用	264
大连市污泥集中处理技术的运行介绍	267
厦门市城市污水处理厂污泥资源化评价	272
上海市白龙港污泥处理工程污泥液、回用水处理系统工艺技术	278
重庆市唐家沱污泥干化工程设计简介	282
城市污泥循环流化床一体化焚烧工艺及工程实例	288
杭州市城镇污水处理厂污泥处置对策研究	292
厦门城市污泥深度脱水处理和资源化处置利用技术	296
国家循环经济示范项目——深南电污泥干化项目介绍	301
活性污泥中温厌氧消化热水解预处理工艺——Biothelys® 在法国污水处理厂的应用	308

第一部分 污泥处理处置技术政策与规划

《城镇污水处理厂污泥处理处置及污染防治技术政策》解读

唐建国

(上海市水务局, 上海, 200050)

摘要: 本文分析了我国污泥处理处置存在问题和原因, 介绍了污泥处理处置的概念和其之间的关系, 对技术政策的主要内容进行说明、解释, 提出了“处置决定处理、处理满足处置、处置方式多样、处理适当集约”的观点。

关键词: 污泥; 处理处置; 规划; 建设; 运行; 监管

1 前言

2009年3月, 住房和城乡建设部、环境保护部和科学技术部联合发布了《城镇污水处理厂污泥处理处置及污染防治技术政策》(以下简称“技术政策”), 该“技术政策”的颁布对推动城镇污水处理厂污泥处理处置技术进步, 明确城镇污水处理厂污泥处理处置技术发展方向和技术原则, 指导各地开展城镇污水处理厂污泥处理处置技术研发和推广应用, 促进工程建设和运行管理, 避免二次污染, 保护和改善生态环境, 促进节能减排和污泥资源化利用等具有重要意义。相信在该“技术政策”的指导下, 我国城镇污水处理厂污泥会逐步得到有效处理和安全处置, 目前污水处理厂污泥基本处于“走投无路”的窘境逐步会得到扭转。本文结合参加对该政策的起草和学习, 谈几点体会。

2 我国城镇污水处理厂污泥处理处置面临的问题和原因分析

我国城镇污水处理厂污泥出路不畅是目前普遍存在的问题, 且已影响到污水处理厂的正常运行, 很多城市污水处理厂可以说污泥到了“走投无路”的地步。造成这一现状的主要原因有三。

一是处理不满足处置要求。污泥处理和处置是污泥进入环境之前和进入环境之后的两个不同阶段。污泥处理是指为了满足污泥进入环境消纳要求, 而要采取的必要措施, 以使其在处置中不会对环境产生有害的影响。处理得当的污泥, 在环境中处置时才会最大程度上避免有害影响的产生, 才能够实现安全处置。不同的处置方式对需处置的污泥有不同的要求。污泥填埋是国内目前最常见的污泥处置手段, 今后仍然也是我国污泥处置的主要方式之一。它是指污泥在垃圾填埋场或者专用污泥专用填埋场中进行堆置。国外对于污泥填埋有详细的参数指标要求, 详见表1。其中最主要的是两类重要参数: 一是要求填埋污泥力学(承载能力)的参数指标, 横向剪切强度 $>25\text{kPa}$, 单轴抗压强度 $>50\text{kPa}$; 二是要求干物质中有机物含量的参数指标(按照灼烧减量衡量, 其实际上是对有机物量的表征), I类填埋场即惰性废物填埋场要求污泥中的灼烧减量 $<3\%$, II类填埋场即生活垃圾填埋场要求污泥中的灼烧减量 $<5\%$ 。污泥力学参数指标若不能够满足要求, 则填埋场机械就无法工作, 填埋场也就无法正常运转。对有机物含量的要求, 一方面体现在填埋场对污泥量的限制; 另外一方面则是出于对温室气体甲烷(为二氧化碳温室效应的21倍)和二氧化碳的限制。对污泥中有

肌物不加以限制，势必会导致污泥中的有机物在填埋场中分解，而填埋场的大面积、敞开式对温室气体收集也是不利的；且在收集系统不健全时，沼气分解会导致填埋层膨胀，这也是造成国内外多处垃圾场坍塌的原因之一。另外，仅脱水处理的污泥，由于受高分子调理药剂（绝大多数为聚丙烯酰胺）的影响，成团或者块状，且黏性很强的污泥在填埋场会堵塞渗滤液和垃圾气收集系统，直接影响到填埋场的安全运行。

表 1 德国对填埋污泥的性能要求

参数名称	规定值		参数名称	规定值	
	I 类填埋场	II 类填埋场		I 类填埋场	II 类填埋场
横向剪切强度	25kPa	25kPa	单轴抗压强度	50kPa	50kPa
灼烧减量	≤3%	≤5%	水溶解物质	≤3%	≤6%
TOC	≤20mg/L	≤100mg/L	酚	≤0.2mg/L	≤50mg/L
砷	≤0.2mg/L	≤0.5mg/L	铅	≤0.2mg/L	≤1mg/L
镉	≤0.05mg/L	≤0.1mg/L	六价铬	≤0.05mg/L	≤0.1mg/L
汞	≤0.005mg/L	≤0.02mg/L	铍氮	≤4mg/L	≤200mg/L

二是处置方式单一。污泥处置是指处理后的污泥在环境中的消纳方式，常见的处置方式有：在填埋场填埋和资源化利用（如制成有机肥等土地利用产品），在土地中加以利用（如达到一定要求后作为辅料），制成建材后被利用等。目前我国绝大部分污泥采用在填埋场填埋，或者被堆置在水塘、废坑等中。由于被填埋污泥仅做到了脱水处理，力学指标不满足填埋场机械操作的要求，给填埋场正常操作运行带来困难；堵塞渗滤液和沼气收集管给填埋场安全运行带来隐患；加之臭气、填埋场容量等因素，垃圾场普遍不欢迎污泥进入。

三是混淆了处理和处置的关系。污泥处理和处置是解决污泥问题不同的两个阶段，两个阶段既不能够省略，也不能够替代；而且处置决定处理，处理必须满足处置要求。正如污水处理后才能够排放或者利用，不处理就会污染水体，更不能够被再利用；而处理到什么程度是按照受纳水体的要求或者再生利用的要求来决定的。只有做到污泥有效处理（满足相应处置要求的处理），才能够实现相应的安全处置。但是目前除了存在污泥处理不满足处置要求之外，还存在用处置代替处理，比如把在填埋场填埋视作污泥处理，以危害环境为代价；将污泥焚烧视作对污泥的处置，忽视了对焚烧产物的消纳等。思路的混乱影响了对问题的正确认识，从而有了“污泥处理是难题，是世界难题”的说法，但是这种说法，或者认识在某种程度上极大影响了污泥处理和处置工作的开展。

3 “技术政策”有关要点解读

3.1 “技术政策”明确了污泥处理处置全过程控制要求

“技术政策”第 1.4 条规定：“污泥处理处置应遵循源头削减和全过程控制原则，加强对有毒有害物质的源头控制，根据污泥最终安全处置要求和污泥特性，选择适宜的污水和污泥处理工艺，实施污泥处理处置全过程管理。”源头控制就是要求污水达标纳管，特别是工业企业排放的一类污染物必须按照《污水综合排放标准》和各行业工业废水排放标准实现在其产生处（车间）排口的达标；处理后污泥进行土地利用的污水处理厂，要尽可能避免接纳电镀、医药、精细化工、印染等废水；“技术政策”在第 2.6 条中又对此进行了进一步的强调。全过程控制的管理，一方面要求污水处理和污泥处理工艺选择与水性、泥性和处置要求的匹配，另一方面这一全过程应该延续到处置，如对污泥产品资源化利用的过程管理政府的监管，确保处置的安全。

3.2 “技术政策”明确了污泥处理处置的责任主体

“技术政策”第 1.6 条规定：“地方人民政府是污泥处理处置设施规划和建设的责任主

体；污泥处理处置设施运营单位负责污泥的安全处置”，本条是根据《中华人民共和国水污染防治法》第四十四条、第四十五条相关内容确定的。在污水的处理过程中，污泥作为污水处理过程的伴生物，其不仅含有丰富的氮、磷、钾等有益物质，而且也还含有重金属、有机有害物质、病毒微生物、寄生虫卵等有毒有害物质。不得到及时、有效的处理，污泥同样也会污染环境，所以污泥同样需要得到应有的处理，也只有这样才能够使污泥在环境中得到妥善的处置，故污泥处理作为污水处理厂重要的组成部分必须由政府作为责任主体组织建设。考虑到污泥处理处置的特殊性，作为污水处理设施的一部分，污泥处理设施的运营单位不仅包括污水处理厂，还包括在污水处理厂外部对脱水污泥进行固态好氧发酵处理，焚烧处理，在热电厂、水泥厂等掺烧处理的相关运营单位；同时也包括污泥运输单位。运营单位不仅要实现污泥的达标和有效处理，要确保处理和加工后的污泥产品满足相关产品标准，满足处置要求。

3.3 “技术政策”明确了鼓励使用污泥处理资源化产品

“技术政策”第1.6条规定：“地方政府应优先采购符合国家标准的污泥衍生品”。资源化利用作为处理后污泥主要的处置方式，为了安全利用，处理后的污泥必须是符合相关标准的污泥产品。如经处理的再加工，使之成为满足绿化、林木、农田等土地利用的肥料产品；再如将处理到一定程度的污泥（干化后或者焚烧灰渣）作为烧制水泥、砖的骨料，烧制后成为水泥和砖产品。污泥资源化利用一定是利用处理和加工后得到的产品，由于这些符合相关标准的产品是以“废弃物”为原料（或者原料的一部分）制作的，符合资源节约和循环经济的理念，所以政府应通过优先采购、政府采购、鼓励使用等方面予以支持，确保资源化利用渠道的通畅。资源化利用渠道通畅了，污泥处置出路就会得到保障。

3.4 “技术政策”明确了污泥处理设施规划建设的相关要求

“技术政策”第2条的相关内容对污泥处理设施规划和建设提出了原则性的意见。规划是实施相关污泥处理设施的重要依据，其内容本身就是地区污水治理规划的内容之一，也可以结合实际作为专项规划单独编制。规划的核心是结合当地实际，如城镇性质、产业结构、污泥性质、污泥产量、可利用资源（如热电厂、水泥厂）等首先确定当地污泥的处置方式（填埋、土地利用、建材利用），再结合污水处理厂布局、用地条件确定污泥处理设施的位置。简而言之，规划的原则就是“处置决定处理，处理满足处置，处置方式多样，处理适当集约”。

3.5 “技术政策”明确了污泥处置的方式和相关要求

“技术政策”第3条对污泥处置方式提出了相关技术要求和不同处置方式的产品要求，是政策的核心内容之一。本条鼓励符合标准的污泥进行土地利用，这里要符合标准笔者认为必须跨过两个“门槛”：一是本身泥质要满足《农用污泥中污染物控制标准》（GB 4284—84）的要求，这是前端控制；二是通过对满足前述标准污泥进行处理和加工，使之成为满足相关土地利用标准，甚至是满足复合有机肥标准的产品，这是对处理提出了目标要求。污泥建材利用则是将污泥作为制作建筑材料的原料，或者部分原料，通过无机化（焚烧）处理过程，将污泥制作成道渣、水泥、砖等建材产品，再通过建材产品的使用而被消纳。“技术政策”限定污泥填埋的处置方式是在不具备土地利用和建材利用的情况下采纳，并提出国家将逐步限制未经无机化处理的污泥在垃圾填埋场填埋和相关污泥填埋要求，也就是说近期污泥填埋前要先进行稳定化处理，且保证污泥达到相关力学指标的要求，今后污泥必须经干化和焚烧后才能够填埋。

3.6 “技术政策”明确了不同处置方式的污泥处理技术路线

“技术政策”第4条就不同处置方式的要求，推荐了污泥处理的工艺路线，这也是政策

的核心内容之一。

“技术政策”第 4.2 条对污泥用于土地的处置方式，推荐了厌氧消化和高温好氧发酵的处理技术。这两项技术均是传统和成熟技术，前者除了尚需进一步腐熟外，两者在处理后的均需再加工处理，如消解泥中的有机有害物质、添加有效成分和造粒等，使处理后的污泥满足相关标准要求，而成为污泥土地利用的产品。需要说明的是，《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 中的有机物降解率能否用于衡量两种技术的稳定化状态还需要斟酌，建议应采用耗氧速率值。原因一是有有机物降解率大于 40% (好氧发酵大于 50%) 并不能够衡量处理后的污泥腐熟度；二是好氧发酵需要添加介质材料，从而影响这一数值的确定；另外，好氧发酵的关键是如何做好前处理，特别是与介质材料均匀混合和降低污泥粒径，以确保发酵的质量和效果。

“技术政策”第 4.3 条对污泥填埋处置方式，提出了具体的处理要求。处理的目的一是要实现稳定化，二是实现填埋所要求的力学指标。满足这些要求的方法有四种。一是在实现稳定化的情况下，更换调理药剂和相应的脱水设备。要使污水处理厂脱水污泥满足填埋场对污泥前述的力学指标要求，关键在于污泥脱水前的调理方式和脱水机的选择。目前广泛采用的离心机和带式机由于采用有机高分子药剂 (多为阳离子型聚丙烯酰胺)，而脱水后犹如“凉粉”般的污泥无法达到力学指标的要求。实践证明，只有采用无机化学药剂，如石灰、三氯化铁、硫酸亚铁、硫酸铁、硫酸铝，有时也使用其他诸如膨润土等无机药剂和石灰会在污泥中形成一个能够承受高压的骨架 (改善其结构)，从而改善其力学性能，详见表 2；而采用无机药剂调理，脱水机械只能够采用板框压滤机，这一方法显然脱离实际。二是对脱水污泥再改性处理，如加石灰等，该方法会导致污泥量增加。三是焚烧污泥焚烧产物填埋，这也是满足表 1 德国标准和“技术政策”远期要求的处理方法。四是进行高温好氧发酵处理，这种方法既解决了稳定化问题，也解决了力学指标问题，同时满足发酵要求的产物也是填埋场的覆盖材料。

表 2 采用各种污泥调理工艺时机械脱水可达到的效果

调理方式	带式压滤机或者离心脱水机		板框压滤机	
	含固率/%	能否满足垃圾填埋场的承载能力要求	含固率/%	能否满足垃圾填埋场的承载能力要求
采用有机高分子药剂	22~30	一般不能	35~45	一般可以
采用无机金属盐药剂	一般不采用		30~40	经常可以
采用无机金属盐药剂和石灰	一般不采用		35~45	经常可以
高温热工调理	40~50	一般不能	>50	一般不能

“技术政策”第 4.4 条对于污泥建材利用的处置方式，提出了相应的处理技术。污泥以建材利用为处置方式，最关键的要求是无机化。实现无机化可以是污水处理厂自身建设干化、焚烧装置；或者污泥处理到一定程度 (如干化) 在热电厂锅炉中掺烧，其灰渣产物作为道渣，或者作为水泥的骨料；也可以是污泥处理到一定程度 (干化) 在水泥窑、砖窑中掺烧，得到的建材产品，通过使用实现污泥的资源化利用。污泥焚烧除了要实现烟气的达标外，还要限制如汞等可挥发性重金属的含量。因窑温高、持续时间长、碱性条件，故在水泥窑中掺烧污泥是较为合适的，掺烧量需要在保证烟气达标和不影响产品质量的前提下合理确定。

3.7 “技术政策”明确了污泥处理处置安全运行和监管的相关要求

“技术政策”第 6 条和第 7 条就污泥处理处置设施的安全运行、监管和相关保障措施提出了相关意见，体现了建管并举，也是对污泥处理处置全过程管理的进一步呼应。尽管按照

不同处置方式要求,“技术政策”推荐的处理技术均是成熟的,或者已有成功的运行实例,但是还缺少相关的设计、运行管理规程或者规范,如固态好氧发酵、污泥在热电厂、水泥厂掺烧的设计标准。标准、规范先行是做好污泥处理和处置的技术基础,也是“技术政策”的技术支撑。呼吁政府有关部门应抓紧制定有关标准、规范或者规程,以约束处理设施的规范建设和运行,确保处置安全。

4 结语

实现污泥有效处理,也就是满足污泥处置要求的处理是保障污泥安全处置的前提,这是“技术政策”的核心,也是做好污泥处理和处置的灵魂。充分认识到这一点,污泥处理和处置就不是难题,更不是世界难题。污水处理厂只做到污水处理,而不实现污泥有效处理是不完整的处理,而且还会影响到污水处理的正常进行。

为做好上海市污泥处理处置工作,上海市水务局已编制完成了污泥处理处置规划,确定实施一批污泥处理项目,也制定了相应的技术规定,相关支持政策也在起草之中,目的是尽快实现污泥的有效处理和安全处置。

参考文献

- [1] 朱石清,唐建国.对上海城镇污水处理厂污泥处理和处置的几点想法(上).给水排水,2007,33(10).
- [2] 朱石清,唐建国.对上海城镇污水处理厂污泥处理和处置的几点想法(下).给水排水,2007,34(11).

天津市污泥处置建议及污泥处置项目市场展望

张建,李玉庆,邓彪,刘烨

(天津创业环保集团股份有限公司,天津,300381)

摘要:随着国内环境保护标准不断的颁布和更严格的实施,污水处理厂所产生的大量污泥成为每个城镇面临的严峻的环境治理问题。本文主要针对天津市污泥的处理处置提出建议,建议可行的污泥处理处置方式,项目的投融资模式,项目运作的污泥污染物排放收费和相关政府补贴,并控制项目的相关风险。

关键词:污泥处理处置;项目投融资;风险控制;市场展望

自20世纪80年代我国第一座城市污水处理厂——纪庄子污水处理厂建成、运营,我国城市污水处理事业日益蓬勃发展,但是对污水处理厂产生的污泥的处理/处置并未受到足够重视,无论是资金技术、人力资源的投入都很不足,随着污水处理厂的大量投入运行,产生的大量污泥成为污水处理行业面临的一个巨大难题。天津市作为较早的建设完备污水处理设施的城市,污泥问题也同样开始成为制约天津市向环境友好型城市迈进的重要障碍之一。

1 污泥的最终处置刻不容缓

近年来随着国家和居民在环境改善方面的日益重视,各方面均在展开对污水处理厂污泥的分析和研究。经研究表明包括天津市在内的我国大多数城市污水处理厂所产生污泥如果不经处理直接暴露环境中,会产生多方面环境问题:

- (1) 污泥中病原体微生物与难降解有毒有机物,如果不经处理或处理不当就堆放或填埋,污泥产生的渗滤液会严重污染水体与土壤,还可能污染食物链;
- (2) 有些污泥含有重金属会污染土壤与水源,甚至造成不可逆的耕地退化;
- (3) 污泥易腐败变质,处理不当或不经处理的污泥在堆放过程中会放出恶臭气体,并释

放温室气体, 严重污染环境;

(4) 污泥堆积或填埋会占用大量的土地资源;

(5) 污泥的高含水率还造成堆放占地面积大, 装卸与运输困难。

凡此种种, 逐渐暴露了污泥处理/处置工作中的困难和管理上的无奈, 污泥污染问题已成为亟须妥善解决的环境问题。如果污泥问题处置不当将会给城市的生态环境造成严重问题。

2 国内外污泥处理处置现状

西方发达国家由于工业化进程早, 经济实力雄厚, 所以污水处理技术先进, 处理程度较高。其污泥的最终处置方法主要有土地利用、污泥农用、填埋、焚烧以及综合利用等。从国外发达国家污泥处理和处置技术的发展来看, 工艺依然是基本的四类: 填埋、土地利用、焚烧和建材利用。但基本上, 国外发达国家将污泥解释为一种资源, 通常实施对废弃物(包括污泥)消纳的层次化管理原则, 即循环利用优先于焚烧, 焚烧又优先于填埋。要求从资源利用的角度出发, 限制填埋, 鼓励一切形式的循环利用和能源利用。

我国污泥处理起步较晚, 全国现有污水处理设施中有污泥稳定处理设施的还不到 1/4, 处理工艺和配套设备较为完善的还不到 1/10。污泥处理部分只是简单地进行浓缩脱水外运。长期以来我国存在着重废水处理, 轻污泥处理的倾向。目前国内除北京、上海、天津等几个大都市有示范类型的污泥最终处置设施, 大多数城市处于前期研究和观望状态。根据相关的调查分析, 目前我国污泥处理处置主要方法中, 污泥农约占 44.8%, 陆地填埋约占 31%, 其他处置约占 10.5%, 没有处置约占 13.7%。

最近国家的政策文件《城市污水处理厂污泥处理处置最佳可行技术导则》中, 提出了消化、堆肥、土地利用、干化焚烧四种污泥处理的可行技术。在《城市污水处理厂污泥处理处置技术政策》中同时提出应以“稳定化、减量化、无害化”为目的, 但应尽可能利用污泥中的物质和能量, 以减少投入和节约能源, 实现其“资源化”。

3 天津市污泥现状和泥质分析

目前天津市中心城区六大排水系统拥有四座大型污水处理厂, 分别是纪庄子(54 万吨/天)、东郊(40 万吨/天)、咸阳路(45 万吨/天)和北辰污水处理厂(10 万吨/天), 总处理能力 149 万吨/天, 实际处理量约 100 万吨/天, 均采用 A/O 等典型的生物处理工艺, 污泥工艺均为经浓缩、机械脱水后使含水率降至 80% 左右, 每日产生约 900t 的此类污泥, 2010 年达到 1100 多吨。

由于天津市污水处理厂由四座分布于不同地点的污水处理厂产生, 污泥中的有毒有害物质与污水处理厂有直接关系。四座污水处理厂污泥处理基本采用浓缩、一级消化、脱水工艺。处理后泥饼含水率 70%~80%。由于其上游来水的工业化比例不同, 直接影响其重金属指标的优劣, 致使大多数的污水处理厂污泥不适宜施用于农田, 但可选择制成卫生肥料施用于园林绿地和改良天津的盐碱性土壤, 切断污泥进入人体的食物链。重金属等指标更为恶劣的污泥可考虑降低含水率后作为水泥厂电厂燃料、垃圾覆盖土或改良盐碱土壤之用。

我们针对每座污水处理厂的污水进水水质、污泥组成成分等特性, 分别做了几组试验。试验介绍如下。

3.1 纪庄子、咸阳路污水处理厂污泥生物脱水工艺试验

3.1.1 试验简介

经分析, 纪庄子、咸阳路污水处理厂宜采用污泥生物脱水工艺技术, 设计规模为 700t/d, 污泥含水率 80%, 添加秸秆作为辅料, 并采用出料返混工艺, 部分产品回添, 以调节物料

含水率，生物脱水后的产物作为园林绿化用土、土壤改良用土、垃圾填埋场覆盖用土或者建材利用等用途。

3.1.2 工艺简介

好氧堆肥是在有氧气条件下，借助好氧微生物（主要是好氧细菌）的作用，有机物不断被分解转化的过程。好氧堆肥一般分三个阶段：升温阶段、高温阶段、降温阶段。

3.1.3 试验结果

(1) 各污水处理厂脱水污泥均大幅高于一般农家肥的氮磷钾含量；四座污水处理厂的有机质含量也均高出所有畜禽粪便 1 倍以上，均具有作为肥料利用的潜在价值。

(2) 两座污水处理厂的脱水污泥重金属含量均不能完全达到农用要求。

3.2 东郊、北仓污水处理厂污泥建材利用处理处置试验

3.2.1 试验简介

经分析，东郊、北仓污水处理厂宜采用水泥窑产生高温尾气干化再焚烧的建材利用工艺技术，设计规模为 500t/d，污泥含水率 80%，部分产品回到水泥窑中改变水泥成分配比，其产品作为建材利用。

3.2.2 工艺简介

大量的工程及试验研究表明，当干污泥的含水率小于 30% 时，干燥速度快，热效率高，干燥设备体积小，总体经济性较好。并且通过比较污泥替代燃料受益及污泥干化取热成本的平衡，采用 30% 的干化成品水分是具比较经济的。

实施适度干化后，将含水率 80% 的湿污泥降至 30%，到水泥窑可直接作为水泥原料利用。处置成本由干化、运输成本两部分构成。该污泥处置工艺分为三个阶段：前处理、干化系统、焚烧系统。

3.2.3 试验结果

(1) 将污泥送到水泥厂作为燃料和原料使用，这也是污泥作为建材利用无害化最彻底，资源利用水平最高的一种选择。

(2) 干化成本不高，约为 180 元/t 湿泥。

3.3 研发中心试验厂污泥调质脱水中试试验

3.3.1 试验简介

试验在研发中心试验厂进行，处理规模确定为 2t/d 含水率为 80% 的脱水污泥，处理流程如图 1 所示。

3.3.2 工艺简介

向原污泥（含水率 90% 或 80% 左右）中分别添加药剂，改善污泥脱水性能，并使污泥中的有机物与重金属物质稳定在污泥中；用泵将污泥压入压滤机，通过压滤机分离污泥中的水分，脱水过程为常温常压，脱水后污泥含水率小于 60%。

3.3.3 试验结果

通过中试试验可以确定：含水率 80% 的脱水污泥可以经污泥调质脱水技术再次脱水，脱水后含水率可降低到 60% 以下；浓缩污泥（含水率为 90% 左右）采用污泥调质脱水技术更容易脱水，脱水后污泥含水率可达到 60% 以下。

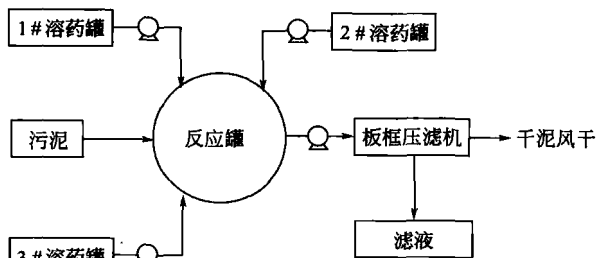


图 1 污泥调质脱水中试工艺流程

4 天津市污泥处理/处置建议

根据国家建设部标准，我国市政污泥处理与处置的途径基本上已经确定，如表 1 所列。

表 1 市政污泥处理与处置的途径

分类	范 围	备 注
土地利用	农用	农用肥料、农田土壤改良材料
	园林绿化利用	造林育苗和城市绿化的肥料
	土地改良	盐碱地、沙化地和废弃矿场的土壤改良材料
填埋	单独填埋	在专门填埋污泥的填埋场进行填埋处置
	混合填埋	在城市生活垃圾填埋场进行混合填埋(含填埋场覆盖材料利用)
	特殊填埋	填地和填海造地的材料
建筑材料利用	用作水泥添加料	制水泥的部分原料
	制砖	制砖的部分原料
	制轻质骨料	制轻质骨料(陶粒等)的部分原料
	制其他建筑材料	制生化纤维板等其他建筑材料的部分原料
焚烧	单独焚烧	在专门污泥焚烧炉焚烧
	与垃圾混合焚烧	与生活垃圾一同焚烧
	利用工业锅炉焚烧	利用已有工业锅炉焚烧
	送火力发电厂焚烧	利用已有火力发电厂锅炉焚烧

我们认为，根据目前天津市中心城区四座污水处理厂污泥泥质现状和污泥处置泥质标准要求，以及天津市目前具备的处置条件和资源需求，天津市中心城区污水处理厂污泥处置途径有作为垃圾覆盖土、园林绿化利用、水泥厂混烧、发电混烧等。而不要单独拣选一种处置途径，造成污泥处置瓶颈。

天津市的发展需要大量的园林绿化用土，但是又面临着土地资源紧张的矛盾。此外污泥中热值利用也可将污泥进行彻底的处置。因此，建议天津市选用污泥生物脱水结合污泥园林绿化、垃圾覆盖土。还有污泥脱水干化结合污泥垃圾覆盖土、水泥厂混烧等途径。

在此基础上，天津市必须建立能够对天津市中心城区污水处理厂污泥进行集中处置的污泥处置厂，确保天津市中心城区污水处理厂的全部污泥得到稳定、有效的处置。

5 污泥项目投融资模式建议

在目前我国基础设施建设的各种融资方式中，BOT、PPP 和委托运营是比较引人关注的三种融资方式。建议将一个项目作为试点率先建设，在积累了一定的建设和运行经验后再以点带面，陆续开展其他项目的建设。建议天津市污泥处理/处置项目采用委托建设和运营模式，由天津市政府部门负责项目投资，委托具有相关污水处理和污泥处置能力的相关企业进行建设和运行。政府在污泥处置项目中的角色应重点关注“准入监管”，即需要对新企业的进入实行严格控制，避免重复建设和过度竞争。此外还需关注“价格监管”和“质量监管”。

与此同时，由于污泥项目需要较大的建设资金和运行成本投入，其投资和运行费用大部分应依靠政府向居民和企业收取的污染处理费。建议近期靠政府补贴保证污泥处置厂或其他污泥处置方式的经营运行。远期采用污泥收费的形式保证污泥处置厂或其他污泥处置方式的经营运行。

6 我国污泥处理处置市场的展望

天津市乃至全国的污泥处置项目是未来若干年环保行业的重要潜在市场，其开发热潮将不亚于近年来污水处理厂建设的高度。为了更好地规范环保市场，也为了有效地利用国家的

建设资金,需要包括政府的环保、建设等部门,环保企业以及行业精英及早构建污泥处理/处置的可操作的规范文件。

建议政府机构调动相关管理部门,明确污泥处理/处置的责任主体。建立污泥处理处置的评估体系。加强污泥监管,抓紧做好污泥处理处置规划。同时需要财税政策的倾斜。

污泥处置项目市场同样也存在着巨大的风险,包括项目前期投融资收益风险,国家地方政策标准的持续提高风险,污泥处置产品经销季节性、替代性和涨价风险,污泥处置项目本身对环境的影响风险。

总之,污泥处置已成为我国污水处理行业的一个重要的环境问题,期望通过以上的分析和论述能进一步引起各界对污泥处理处置问题的重视,并使污泥处理处置的若干认识误区得以澄清,进而帮助和促进有关技术路线和技术政策的制定,使城市污水处理行业得以健康持续发展。

参考文献

[1] 张自杰.排水工程.北京:中国建筑工业出版社,2006.328-412.

[2] 王晖.污泥处理工.北京:中国建筑工业出版社,2007.228-236.

对我国污泥处理处置产业政策的探讨

张韵,史骏,杭世琚,关春雨,黄蓓

(北京市市政工程设计研究总院,北京,100082)

摘要:我国污泥处理处置产业发展目前正处于新的增长阶段,为促进此产业的健康有序发展,需科学制定相关产业政策。本文在总结国内外污泥处理处置产业政策法规的基础上,建议从收费保障、财税优惠、投资运营和行业监管等层面构建污泥处理处置产业政策体系,逐步建立起污泥无害化处置与资源化利用的良性机制,保证污泥处理处置产业的可持续发展。

关键词:污泥处置;收费;财税;投资;监管

1 我国污泥处理处置产业政策亟待制定

污泥处理处置是一项极具潜力的环保产业。2009年12月召开的中央经济工作会议明确提出,要把节能环保产业作为新兴战略性新兴产业发展,这不仅是改善环境质量、实现长远发展的重要抉择,而且是经济结构调整的现实任务。

根据“十一五”规划,我国污泥处理处置投资需求为473亿元,产业发展初露端倪,但仍面临基础薄弱、资金不足、管理乏力等问题。污泥处理处置产业的健康有序发展除靠市场力量推动外,还需政府综合利用经济、法律和行政调节手段扶植,即制定科学、有效的产业政策。

产业政策根据其内容可分为产业结构政策、产业组织政策、产业技术政策和产业布局政策等。我国住房和城乡建设部、环境保护部以及科学技术部于2009年2月联合发布了《城镇污水处理厂污泥处理处置及污染防治技术政策(试行)》,技术政策可为工程设计、施工、运营、监管提供技术依据,能够有效地促进技术创新和产业发展。与此同时,污泥处理处置相关的经济、法律和行政调节等产业结构政策,市场监督、公共投资、资源调配等产业组织政策,根据地区间差异制定的产业布局政策等产业政策的其他组成部分仍缺乏系统性,尤其是收费、财税、金融、监管等政策的不明确更是制约着污泥处理处置产业的市场发育和发

展,亟待研究和制定。

2 国内外污泥处理处置政策

目前,欧美等发达国家一般由水务运营企业负责污水的收集处理以及污泥的处理,由专业公司负责污泥的处置利用,其运营成本主要来自污水处理方面的各项收费,污泥产品销售收入以及政府补贴比例较小。立法机构和政府通过制定污泥处置的法规 and 标准等管理污泥处置活动,环境、市政等主管部门发放许可并按照法规和标准进行监管,因此法规和标准对污泥处理处置产业发展有直接影响。

欧洲城镇污水指令 91/271/EEC 的 98/15/EC 修订版在 2005 年生效,为污水处理设置了更加严格的标准,同时指出污水处理产生的污泥在合适的条件下应尽量回用,同时要求欧盟成员国在 1998 年 12 月 31 日之前停止由船或管道等方式将污泥向地表水体排放。土地利用为污泥提供了可持续的解决方案,因此欧盟委员会的政策鼓励污泥的土地利用,前提是污泥泥质与公众健康和环境保护要求相适应。欧盟委员会的目标是在 20 年内成员国产生污泥的 75% 经处理后可施用于土地。欧盟目前并无明确的污泥处理标准,尤其是对削减病原体以及有机污染物的规定,所有的欧盟成员国都通过国家立法保证此指令的实施,为了实施此指令,大部分欧盟国家都设置了高于指令要求的国家标准,大部分欧盟国家的污泥允许最大用量约为 5t 干污泥/($\text{hm}^2 \cdot \text{年}$),通常用于农田的污泥不超过 2~3t/($\text{hm}^2 \cdot \text{年}$),而且也不一定每年都施用。污泥农用标准通常主要控制的是污泥含氮量,这一方面是由于氮、磷、钾是植物生长的三种重要营养物质;另一方面由于氮循环的复杂性、多种流失途径以及在土壤中的存在问题,氮对环境的影响最大。当前欧盟污泥农用标准仅对重金属做了规定,由于过去 20~30 年所有成员国的重金属含量持续下降,因此它们几乎不构成污泥施用的限制因素,现在营养物质通常是限制因素。只有几个成员国对污泥中有机污染物的浓度做了附加限制,这主要是担心其可能传入人类食物链。因此,有些国家禁止污泥用于草地,目的是防止食草动物直接摄取污泥,从而可能将有机污染通过奶和肉带入人类食物链。当前的欧盟委员会工作文件正考虑对污泥中部分种类有机污染物设定限值。此外,欧盟的农业政策改革也对污泥土地利用起到推动作用。2005 年 1 月以来,共同农业政策(CAP)补贴开始执行交叉遵守(cross compliance)原则——基于环境与公共健康的最低标准。农民必须保证营养施加量与农作物利用速率、环境法规及任何可减小投资的替代活动相符。

美国长期以来一直推行污泥资源化利用政策,同时制定了相关法规的定期修订计划。美国现行的《污水厂污泥利用与处置标准》(40 CFR 503)于 1993 年 3 月 22 日开始实施,包括总体要求、污染物限值、管理规定、操作标准、监测频率要求、记录及报告制度等。标准对污泥土地利用、填埋及焚烧三种污泥处理处置方式做了规定。此标准制定历时 10 余年,广泛听取了公众与私人意见。美国的污泥利用存在 3 级约束:联邦标准、州标准、地方标准,由上至下的各级标准越来越严格。40 CFR 503 标准中污泥管理的相关规定较少,因此出现了一些对项目设计和实施的过程细节的规定,此类技术规定对法规进行补充。1995 年美国 EPA 发布了新版《污水处理厂污泥与化粪池污泥土地利用设计手册》。各州也制定了相应导则,此类文件通常包括用地的选择、规划及设计。选择污泥用地时应考虑限制污泥应用物理条件,如坡度和平整度等地形因素、输送便利性、土壤特性、植物特性、水源特性及气候条件等。

当前我国污泥处理处置产业市场正处于初步发展阶段,相关设施的建设和运营通常以国有企业为主体,费用来源主要为污水处理费、政府投资和补贴,因此各地方性污泥处理处置政策以对收费保障、财政补贴和企业融资的规定为主。

在 2009 年北京市政府向北京市人大提交审议的《北京市水污染防治条例（草案）》（送审稿）（以下简称《条例》）中，规定污水处理设施运营单位对所产生污泥的贮存、运输、处理、处置全过程承担污染防治责任。北京市人大城建环保委员会对《条例》的审议意见指出，各级人民政府可通过政府投资或者其他方式筹集资金，统筹考虑污泥处理处置问题。江苏省环境保护委员会于 2009 年 3 月下发了《关于推进全省污水处理厂污泥无害化处置工作的通知》，提出到 2010 年全省所有城镇生活污水处理厂和工业废水集中处理厂污泥基本实现无害化处置。该通知要求各地政府对列入国家鼓励发展的污泥处理处置技术和设备按规定给予财政和税收优惠；对社会力量建设的采用先进技术的污泥处置项目，要优先安排环保引导资金；要求建立污水处理收费政策和污泥处置费的提取和支付机制，对污泥排放和未达到无害化处置要求的企业加收排污费。浙江省环保厅等 9 部门于 2008 年 12 月联合出台了《浙江省污水处理设施污泥处置工作实施意见》，指出应建立污泥处置的价格补偿机制，将污泥处置的费用纳入污水处理成本，同时根据固体废物有偿处置的原则，运用价格杠杆推动污泥的无害化处置工作；统筹安排环境保护财政专项资金，同时在循环经济、技术改造和环保补助等专项资金框架内对污泥处置项目建设、适用技术和装备的推广应用等方面予以倾斜；进一步深化金融和环保部门之间的协作，加强对污泥处置项目的信贷支持和金融服务。

3 对我国污泥处理处置产业政策的建议

从总体上看，应坚持以科学合理、因地制宜的方针制定污泥处理处置设施建设和运营的保障性、鼓励性政策。为使污泥处理处置工作在全国范围内协调发展，基础性投资宜通过中央政府的转移支付在全国各地区分配使用，应根据各地区经济社会发展水平和自然条件，灵活制定以下政策。

3.1 收费保障政策

我国污泥处理处置资金严重不足。根据以往的资料，发达国家污泥处理投资已占污水处理厂总投资的 50%~70%，而我国只占污水处理厂总投资的 20%~45%。目前我国的污水处理费体系中污泥处理处置费用比例过低，无法满足污泥处理处置的需要，因此应根据各地实际情况，制定合理的污泥处理处置收费政策和体系。

建立污泥处理处置价格体系。明确将污泥处理处置运营成本列入排污费收费范围，针对当前污泥处理处置收费标准较低的现状，建立科学合理的价格调整机制，分阶段提高污泥处理处置收费标准；设立专户单独核算，专款专用于城市污泥处理处置设施的建设、运营、维护，切实保障经费及时支付。

应加强宣传教育和公众参与程度，提高全社会对污泥处理处置问题的认识，为污泥处理处置收费工作奠定社会基础。

3.2 财税优惠政策

应采取鼓励和扶持污泥处理处置产业发展的财政、税费优惠措施，以财政补贴、税费减免等经济杠杆引导和支持企业从事污泥处理处置工作。

3.2.1 建立经费补偿机制

各级财政加大投入力度，每年应安排专项资金用于制定污泥处理处置专业规划、政策研究、技术进步及前期工作的补贴等；建立污泥处理处置设施建设和运营环节的财政补贴渠道，结合工作成效给予投资补贴、利息补贴、贷款或担保等；拓展财政补贴来源，各级政府将城市基础设施维护费和住宅市政配套费按照一定比例用于建立污泥处理处置项目补偿基金，适当发行政府债券等用于补充污泥处理处置费用的不足；污泥处理处置项目免交城市基础设施配套费及城市规划综合技术服务费；将污泥处理处置工程列入环保补助资金重点支持