

污泥 处理处置技术 研究进展

上海市政工程设计研究院 组织编写

张辰 主编

张善发 王国华 副主编



化学工业出版社
环境·能源出版中心

污泥处理处置技术研究进展

上海市政工程设计研究院组织编写

张辰 主编

张善发 王国华 副主编



化学工业出版社
环境·能源出版中心

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

污泥处理处置技术研究进展/上海市政工程设计研究院组织编写. —北京: 化学工业出版社, 2005. 8
ISBN 7-5025-7618-5

I. 污… II. 上… III. 污泥处理-研究 IV. X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 102945 号

污泥处理处置技术研究进展

上海市政工程设计研究院组织编写

张辰 主编

张善发 王国华 副主编

责任编辑: 董琳

责任校对: 陈静

封面设计: 胡艳玮

*

化学工业出版社 出版发行
环境·能源出版中心

(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

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 20½ 字数 449 千字

2005 年 10 月第 1 版 2005 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7618-5

定 价: 98.00 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
京化广临字 2005--37 号

序

在历届市委市政府的高度重视下，上海市的水环境质量得到明显改善。随着水环境治理和保护的进一步深入，上海市的污水处理率将不断提高，城市污水处理厂产生的污泥量也会大量增加。据预测，到2010年上海市中心城区污水处理量将达到 $5.25 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$ ，污泥干重将达到860t/d，湿污泥量将达到4300m³/d。未经恰当处理处置的污泥进入环境后，会对水体和大气造成二次污染，给生态环境带来极不安全的隐患。

在以树立和落实科学发展观以及实施科教兴市主战略的指导下，围绕推进生态型城市的建设，上海市实施城市污泥的有效科学管理，优化城市污泥的处理处置技术，促进城市污泥的资源利用，发展循环经济。在市科委、市水务局等部门的大力支持下，广大水务科技工作者开展了大量的调查、试验和工程方案的研究，特别是《上海市污泥处理处置关键技术研究与应用》重大课题的开展，《上海市污泥处理处置专项规划》的编制，明确了污泥处理处置的指导思想，即充分结合上海的实际，以人为本，科教为先，环境为重；依靠科技进步，发展循环经济；进行污泥循环利用与处理处置，达到污泥的减量化、无害化、稳定化目标并提高资源化利用率。

在全市范围内，规划了一定数量的污泥处理处置场地，提出了一系列相适应的污泥处理处置技术，明确提出大型污水处理厂的污泥以厌氧消化稳定工艺为主，小型污水处理厂的污泥以好氧堆肥综合利用为主，工业废水含量高的污水处理厂的污泥以干化焚烧为主，并实施了一些示范工程。上海市石洞口城市污水处理厂建成全国第一套污泥干化焚烧装置，上海市程桥污水处理厂开展的污泥好氧稳定设施，使稳定后的污泥用于园林绿化土，且供不应求。根据上海的特点，提出上海城市污泥的主要消纳途径，有卫生填埋、土地改良、滩涂利用等，并以园林绿化作为经消化稳定后污泥的主要出路。

2004年《清华水业技术绿皮书》第一次高峰论坛就是讨论城市污泥处理处置问题，提出“污泥问题必将成为中国下一阶段重要的环境问题”。上海这些科研成果的取得，凝聚了全体参与者的心血和汗水，通过大家的努力，一定能够在实践中不断完善城市污泥的处理处置技术，在工程实际中得到应用，并为我国其他城市所借鉴，使全国的水环境治理和保护水平不断提高。

朱石倩

上海市水务局副局长

2005年7月

前 言

《污泥处理处置技术研究进展》一书，是配合在上海市政工程设计研究院召开的2005年全国污泥处理处置技术研讨会而编辑出版的。本次会议，由中国工程建设标准化协会给排水委员会、上海市土木工程学会给排水委员会、上海市水利学会等学术团体发起，由上海市政工程设计研究院、上海市城市排水有限公司、上海市苏州河综合整治建设公司和上海市石洞口城市污水处理管理有限公司承办，会议的筹备始终得到建设部城建司、建设部标准司和上海市水务局的大力支持和帮助，在此深表谢意。在征集文章之初，得到全国各地广大技术工作者的大力支持，同时也得到关注我国污泥处理处置技术研究进展的企业的大力支持，其中有得利满（中国）（Degremont）、西格斯环境工程科技（上海）有限公司（SeghersKeppel）、安德里茨（ANDRITZ）、德国新技术环保有限公司（newtec）、西派克（上海）泵业有限公司（seepex）、上海施维英机械制造有限公司（SCHWING）、日本巴工业株式会社、上海离心机械研究所等单位，在此深表谢忱。还要特别感谢的是上海市政工程设计研究院，积极组织了会议筹备组和书籍编辑组，开展了卓有成效的工作，同时给予大量的经济支持，使得本书的出版和2005年全国污泥处理处置技术研讨会能顺利进行。

由于我国的污泥处理处置技术尚在发展阶段，文章中所表达的观点意见均可能存在一定的偏颇，正如文章中所提到的，每个城市、每个地区，都应根据自身的特点，因地制宜地开展必要的研究和规划，实施切合当地实际的污泥处理处置工作，才能将城市污泥化废为宝，走可持续的、生态化的污泥处理处置之路。

编者

2005年7月

目 录

第 1 章 规划与评述

上海市污泥处理处置工程规划.....	1
污泥处理处置的认识误区与控制对策.....	5
上海市城市污水处理厂污泥资源化利用及其市场需求浅析.....	9
上海市污水处理厂污泥处置对策研究	14
日本下水道污泥处理及利用状况	19
城市污水处理厂污泥厌氧消化的净能产量和运行效益	28
污泥作为生活垃圾填埋场日覆盖材料的工程应用研究	39
城市生活污水在上海城市绿地上的施用效果探讨	45
污泥建材利用在上海的可行性	53
污泥干化在欧洲	60
污泥干化厂的安全管理以及相关欧洲 ATEX 和美国 NFPA 安全标准的介绍 ...	64
污泥填埋技术综述	74
欧洲污泥处理处置概况	80
上海城市污水污泥处理技术应用探讨	84
污泥处理技术的新进展	88
污泥的处理处置方法与资源化	93
天津市咸阳路污水处理厂污泥处置的设想	99
污水处理厂污泥材料化利用的现状与发展.....	108

第 2 章 技术与研究

化学一级强化污泥的厌氧消化中试研究.....	113
自热式高温好氧消化 (ATAD) 系统的污泥稳定化工艺中试研究.....	118
臭氧与污泥厌氧消化组合工艺试验研究.....	125
电化学氧化法在城市污泥稳定化中的实验研究.....	133
城市污泥好氧发酵菌种——乳酸菌的初步筛选.....	137
生物脱氮除磷系统污泥中磷的释放研究.....	141
不同添加剂改善脱水污泥填埋特性的正交试验研究.....	148
污泥常温厌氧消化和运行操作规律的研究.....	156
污泥脱水性能研究.....	163
厌氧消化系统搅拌强度的探讨.....	166
城市污水处理厂污泥干化制肥新工艺.....	168
基因工程菌在生物降解中的应用及其发展.....	171
因地制宜开拓脱水污泥干化、资源化出路.....	174

污水处理厂中高温厌氧消化工艺的应用.....	179
化学一级强化污泥的数量预测及特性分析.....	186

第3章 工程与设备

上海市石洞口城市污水处理厂污泥干化焚烧工程.....	190
高碑店污水处理厂污泥处理系统工艺介绍及运行分析.....	196
宁波市城区污泥处置中心的建设研究.....	204
中国市政污水处理行业第一个污泥干化工厂——上海石洞口污水处理厂.....	213
天津东郊污水处理厂污泥处理实践.....	219
污泥消化干化处理工艺在白龙港污水处理厂中的应用方案及有关分析.....	222
上海市程桥污水厂污泥好氧发酵工程.....	229
利用水泥回转窑焚烧处置污泥.....	234
污水污泥的好氧仓式堆肥.....	238
德国斯图加特市污水处理厂污泥焚烧工艺.....	243
污泥流化床焚烧炉设计原则及设计实例.....	247
污水处理厂污泥干化焚烧处理工艺的应用.....	254
上海市石洞口城市污水处理厂污泥处置系统调试方案研究.....	258
保定污水处理厂二期工程污泥处理方案比选及设计.....	262
高浓度黏稠物料远距离管道输送成套装备在城市污泥处理中的应用.....	267
低能耗高干度离心机与其他离心机之比较.....	276
得利满公司 INNODRY® 2E 污泥干燥工艺.....	285
污泥半干化工艺设备与应用.....	292
市政污泥后续处理中的设备与技术.....	300
环境的卫士——seepex 单螺杆泵.....	306

第 1 章 规划与评述

上海市污泥处理处置工程规划

朱石清¹, 张善发², 陈华², 张辰³, 王国华³, 孙晓³

(¹上海市水务局; ²上海市城市排水有限公司; ³上海市市政工程设计研究院)

由于城市化进程的加速和环境保护意识的加强,城市污水处理厂的大量建设,城市污泥的合理、循环、生态处理处置越来越受到重视。在上海市水务局的统一组织协调下,集合了全市对城市污泥处理处置技术有研究的单位,包括上海市城市排水有限公司、上海市市政工程设计研究院、同济大学、交通大学和上海水务工程规划设计院等,历时两年多,对全市水务系统所管辖的水厂、污水处理厂、河道疏浚、排水泵站等产生的污泥和垃圾进行研究,分析产生污泥数量,测定污泥性质,研究处理技术,探索处置途径,制定处理处置规划,提出管理政策,形成了《上海市污泥处理处置专项规划基础研究》,并在此基础上形成了《上海市污泥处理处置专项规划》,指导和规范上海市城市污泥的处理处置方案,使城市污泥达到减量化、稳定化、无害化的目的,并进一步开展资源化利用。

1 规划范围和处理处置界限

城市固体废弃物的种类很多,包括城市污泥、城市垃圾、工业废弃物和医学废弃物等。而专业运行公司所管辖的污泥种类又比较单一,排水公司管理污水厂污泥,自来水公司管理水厂污泥,河道疏浚又由水利部门管辖。因此,在规划研究之初,就明确规划范围,为全市 6340km² 内的水务局系统管理的城市污泥,包括自来水厂产生的污泥(水厂污泥)、城市污水处理厂产生的污泥(污水污泥)、河道疏浚产生的污泥(疏浚污泥)、城市排水系统通沟产生的污泥(通沟污泥)和城市排水泵站包括雨水泵站、污水泵站、合流污水泵站产生的垃圾。

明确污泥处理和处置的界限,污泥处理是对污泥进行浓缩、调理、脱水、稳定、干化或焚烧的加工过程;污泥处置是对污泥的最终安排,一般将污泥用作农肥、制作建筑材料、烧毁和丢弃等。

因此城市污泥的处理处置应结合当地的条件因地制宜地开展,首先应确定污泥处理处置的方针政策,不仅仅是污泥干化或焚烧后才能污泥处置,经处理后的污泥同样可以处置,如浓缩脱水以后的水厂污泥,可采取制作建筑材料的处置方式;污水污泥经过稳定以后,可采取用于园林绿化的处置方式,制作农肥、垃圾填埋场的覆盖土和热利用等进行综合利用;经干化焚烧处理的污泥,仍然要考虑污泥的处置途径,经干化后的污水污泥可以综合利用、填埋和热利用等;经焚烧后的污水污泥也必须考虑处置的途径。

2 规划指导思想和规划原则

结合市政府提出的科教兴市战略,建设生态上海、健康上海的要求,坚持发展

循环经济的理念，规划提出的指导思想为：“以人为本，科技为先，环境为重；依靠科技进步，发展循环经济，进行污泥循环利用和处理处置，达到减量化、无害化、稳定化目标并提高资源化利用率。”

在充分分析城市污泥产生的数量和性质，污泥处理处置技术，并结合城市供水、污水、雨水、绿化、森林、固体废弃物和滩涂等专业规划后，确定规划方针为：“处理的分散化、处置的多样化、技术的多元化和目标的阶段化。”从而在全市形成一个完整多元的污泥处理处置系统。

3 规划污泥量和规划目标

结合城市总体规划，同供水规划和污水规划一样，必须对城市污泥的数量进行科学的预测，在供水规划和污水规划的所确定的水量基础上，开展城市污泥量的预测。

水厂污泥量的大小，与水源水质、净水工艺、排泥方法和水厂操作管理水平等多种因素有关，随着水源水质的变化和深度处理的要求，水厂污泥量也会有一定的变化，因此，规划采用的污泥量预测参数综合了理论计算、实际测定和规划预测等多方因素，根据下列公式计算

$$S = SS + 0.2C + 1.53A + 1.9F$$

$$= \alpha T + 0.2C + 1.53A + 1.9F$$

式中，S为污泥干固体含量，mg/L；SS为原水中悬浮固体量，mg/L；C为所去除的色度，度；A为铅盐的加注率，以Al₂O₃计，mg/L；F为铁盐的加注率，以Fe计，mg/L；α为原水浊度（NTU）与SS的换算关系；T为原水浊度，NTU。

据此，分析了长江水源和黄浦江水源近几年的水质情况，包括原水浊度、原水色度、加药量，确定长江水源的水厂污泥量为10000m³制水量产生0.43t（干重），黄浦江水源的水厂污泥量为10000m³制水量产生0.60t（干重）。

污水污泥的产生系数更加复杂，由于城市污水的水质相差较大，仅上海中心城区，有的污水厂水质较淡，BOD在100mg/L以下，而有些分流制污水处理厂，BOD值可达200mg/L以上。处理工艺又多种多样，可分为一级强化处理工艺，二级处理工艺和二级强化处理工艺等；同样的二级处理，有鼓风曝气形式和机械曝气形式；污泥泥龄又各不同。因此，对全市12座中心城区污水处理厂和大型的一级强化污水处理厂污泥进行统计分析，并参照国际上污泥产量的计算方法（表1），确定了二级污水处理厂污泥量为10000m³处理量产生1.5t（干重），一级强化污水处理厂污泥量为10000m³处理量产生1.75t（干重）。

表1 几种不同的污泥量计算方法

项 目	按照美国污泥产生量的计算方法	按德国污泥产生量的计算方法	由上海排水处统计数据计算
初沉池干污泥产率	150kg干泥/km ³ 污水	45g/(人·d)(水量为200L/人·d)	
二沉池干污泥产率	85kg干泥/km ³ 污水	80g/(人·d)(水量为200L/人·d)	0.5kg干泥/kg BOD ₅
污泥总量	0.783%Q(含水率97%)	1%Q(含水率96%)	0.647%Q(含水率97%)

据此,统计了规划近期、中远、远期的城市污泥量,由于河道疏浚污泥量的不确定因素较多,统计城市水厂污泥、污水污泥、通沟污泥和栅渣,并根据不同的平均含水率确定污泥量,如表2所示。

表2 城市污泥规划量汇总表

污泥种类	2007年		2010年		2020年	
	污泥量/(m ³ /d)	干重/(t/d)	污泥量/(m ³ /d)	干重/(t/d)	污泥量/(m ³ /d)	干重/(t/d)
水厂污泥	1123	449	1330	532	1603	641
污水污泥	3965	793	4405	881	7345	1469
通沟污泥	369	123	369	123	369	123
栅渣	147	43.5	181	54.3	372	111.6
合计	5479	1409	6162	1590	9566	2345

从表2中可知,当全市的水厂和污水厂都按规划运行,其污泥处理量是相当可观的,近期每天有5500m³以上,远期更超过9500m³,如不加以妥善处理处置,对环境和城市安全运行的影响都是巨大的。

4 污泥处理处置技术

规划对国际国内的污泥处理处置技术现状进行了深入的研究,对全国的污泥处理处置技术开展了广泛的调研,在规划方针的指导下,坚持循环经济理念,坚持协调发展理念,坚持分类处理理念和坚持市场运作理念,结合上海城市化地区高度发达、人口密集、将建设国际化大都市等特点,选择适合上海特点的污泥处理处置技术。

在处理技术方面,就污泥浓缩、污泥脱水、污泥消化、污泥干化和污泥焚烧技术开展了技术经济比较,提出了适当的处理工艺技术。

在处置技术方面,结合上海地理位置的特点,在绿化、森林、固体废弃物和滩涂规划的指导下,确定上海污泥处置的主要途径,垃圾填埋场覆盖土、园林绿化用土、制作建材、制作肥料、滩涂填土和盐碱地改良等是上海污泥的主要处置途径。

针对水厂污泥和污水污泥,制订了不同的技术路线。

(1) 水厂污泥

① 离老港填埋场较近的浦东和南汇水厂污泥,经脱水处理后,可作为老港填埋场的覆盖材料;

② 离老港填埋场较远的其他中心城区水厂污泥,经脱水处理后,可制作建材;

③ 乡镇小型水厂的污泥产量较小,处置方式为脱水后自然干化作为砂土,就近用于系统内自来水管网的铺设。

(2) 污水污泥

① 大型污水厂的污泥稳定化采用厌氧消化工艺,小型污水厂采用好氧堆肥或好氧消化工艺;

② 工业废水含量高的污水污泥采用干化焚烧工艺,灰分填埋;

③ 园林绿化作为污水污泥消纳的主要途径;

④ 填埋作为近期的一个应急措施。

5 污泥处置的准入条件

针对污泥处置的主要技术路线,结合科研成果,确定各种处置方式所需遵循的准入条件,目的是使已达到减量化、无害化和稳定化的污泥,采用市场运作,通过政策引导社会参与的机制,开展污泥资源化利用。在国家制定的污泥农用控制标准(GB 4282)、制作建材标准(GB 5101)等土地利用和制作建材标准基础上,结合上海特点,制订了一些相应的准入标准,如污泥进入垃圾填埋场覆盖用土标准,主要是土力学和环境影响控制方面的要求;针对污泥用于绿化介质土和绿化用肥两方面制定相应的标准;由于上海的滩涂和盐碱地较多,又属砂性土壤,污染物极易扩散,为了保护地下水资源和江河湖泊免受污染,制订污泥用于滩涂和盐碱地堆放城市污泥的标准。表3为污泥用于园林绿化介质土的准入条件。

表3 污泥在上海园林绿化应用的准入条件

序号	指标		内容	备注
1	外观与嗅觉		无臭无味、比较疏松、无大结块	
2	营养和理化指标	有机质含量	>250g/kg	
		pH值	5.5~7.8	
		含水率	<35%	
		总养分 (N+P ₂ O ₅ +K ₂ O)	>60g/kg	
		通气空隙率	>15%	
3	安全性	蠕虫卵死亡率	>95%	
4	生物毒性	发芽指数	≥70%	可用于育苗、栽培小苗,一般园艺、绿地、滩涂等
			30%~70%	用量减少,尽量用于大苗木
			≤30%	用量减少,不能用于小苗和播种敏感植物

从表3中可知,经一般消化稳定后的污水污泥,适当干化后即可应用于绿化介质土,同时在国内首次提出了发芽指数的指标,使得污泥在园林绿化中应用的腐熟度有了量化指标。

6 处理处置的规划布局

针对水厂污泥、污水污泥、通沟污泥和栅渣产生的地区特点,结合行政区划和处置场地的运输距离,相对集中布置处置场地,就全市水厂污泥、污水污泥、通沟污泥和泵站栅渣,在全市6430km²范围内布置了32座污泥处置场,其中4座用于中心城区水厂污泥,8座用于中心城区污水污泥,9座用于郊区水厂污泥,9座用于郊区污水污泥,2座用于疏浚污泥。32座污泥处置场的处置技术可分成几类,有结合水厂污泥特点用于垃圾填埋场覆盖用土的老港污泥处置场;有结合大型污水处理厂采用污泥消化、干化后用于绿化介质土进行综合利用或减量化填埋的白龙港污泥处置场;有一些小型郊区水厂污泥自然干化后用于管道施工用材的郊区污泥处置

场；也有由于接纳较多的工业废水而使污泥中重金属含量超标，采用污水污泥干化焚烧的石洞口污泥处置场，还有郊区一些小型污水处理厂污泥采用好氧堆肥的污水污泥处置场。

7 结语

历时两年多，在市水务局及各研究单位的共同努力下，完成了上海市污泥处理专项规划基础研究，一些工程的前期工作正按规划逐步开展。城市污泥的妥善处理处置，是营造文明城市、卫生城市、环境城市、生态城市、健康城市不可缺少的重要部分，而开展污泥处理处置的规划基础研究，有利于摸清当地的实际情况，制订可持续发展的指导思想和方针政策，提出切合实际的处理处置方法，寻求本地化处置的途径，是促进循环经济和城市健康发展的重要工作。

参 考 文 献

- 1 黄明明等. 给水排水标准规范实施手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1993

污泥处理处置的认识误区与控制对策

杭世珺¹, 陈吉宁², 郑兴灿³, 王凯军⁴, 王洪臣⁵

(¹北京市政设计研究总院; ²清华大学; ³国家城市给水排水工程技术研究中心;

⁴北京市环境保护科学研究院; ⁵北京城市排水集团有限公司)

随着我国城市化进程的加快，城市污水处理率逐年提高，城市污水处理厂的污泥产量也急剧增加。未经恰当处理处置的污泥进入环境后，直接给水体和大气带来二次污染，不但降低了污水处理系统的有效处理能力，而且对生态环境和人类活动构成了严重威胁。但是，受城市污水处理建设发展水平和认识程度的限制，我国对污泥的处理处置始终未予以足够重视。面对污泥处理处置实际工程需要的冲击和国际诸多技术产品片面促销的局面，管理体系和技术支撑等领域已经呈现出混乱的趋势。管理体系的欠缺、系统研究的缺乏和技术体系的紊乱等，已经给工程建设和运行管理造成了诸多难以解决的问题。

1 我国污泥处理处置的现状与问题

据估算，目前我国城市污水处理厂每年排放的污泥量（干重）大约为 130 万吨，而且年增长率大于 10%，特别是在我国城市化水平较高的几个城市与地区，污泥出路问题已经十分突出。如果城市污水全部得到处理，则将产生污泥量（干重）840 万吨，占我国总固体废弃物的 3.2%。

目前，我国污泥处理处置的主要方法中，污泥农用约占 44.8%、陆地填埋约占 31%、其他处置约占 10.5%、未经处置约占 13.7%，这些所谓的“处理”和“处置”基本上都是在特定的条件下估算的，严格来说以上数字会有很大变化。据统计，我国用于污泥处理处置的投资约占污水处理厂总投资的 20%~50%，可以看出，污泥处理处置处于严重滞后状态。

污泥处理处置问题已经在大城市中显现出来。早期的污水处理厂，由于没有严格的污泥排放监管，普遍将污水和污泥处理单元剥离开来，为了追求简单的污水处

理率,尽可能地简化、甚至忽略污泥处理处置单元;有的还为了节省运行费用将已建成的污泥处理设施长期闲置,甚至将未做任何处理的湿污泥随意外运、简单填埋或堆放,致使许多大城市出现了污泥围城的现象,并且此现象已开始向中小城市蔓延,给生态环境带来了隐患。目前我国虽然开始关注污泥问题,但仍然停留在技术层次。2003年,我国主要大城市开始尝试进行污泥处理处置规划,对其技术方案进行了充分论证,如:广州市近期采取生污泥填埋,远期将用于农肥;深圳市已完成专项规划,拟采取热干化加焚烧工艺;上海市则根据不同情况,采取处理分散化、处置集约化、技术多元化的方针;天津市规划建设3座污泥处理场,采用污泥消化发电工艺,但尚无污泥最终处置的方法;北京市污泥处理处置专项规划还未经审批,土地利用将是主要发展趋势。

2 污泥处理处置的国际经验

污水和污泥的处理处置是与解决城市水污染问题同等重要又紧密关联的两个系统。污泥处理处置是污水处理得以最终实施的保障,在经济发达的国家,污泥处理处置是极其重要的环节,其投资约占污水处理厂总投资的50%~70%。

污泥处理处置的方法主要有填埋、焚烧和多种形式的土地利用。由于各国具体情况不同,选择的方法各有侧重。在美国,土地利用逐渐占据主角,20世纪80年代末填埋约占42%,1998年土地利用比例急剧上升至59%,到2005年土地利用的比例将上升至66%;日本由于国土面积较小,所以污泥的处理处置以焚烧为主,约占63%,土地利用占22%,填埋占5%,其他约占10%;卢森堡、丹麦和法国主要以污泥农用为主,爱尔兰、芬兰和葡萄牙等国污泥农用的比例还会逐步增加,而法国、卢森堡、德国和荷兰则计划加大焚烧的比例。即使一个国家的不同地区对于污泥处理处置的方法也有所侧重,如在英国北部大型工业城市,由于污泥中重金属含量较高且含有一些有毒成分,因此焚烧比例较大,约占50%,而英国的其他城市则以污泥土地利用为主。

通过以上分析可得到两点启发:一是各国都把污泥处理处置作为污水处理系统的非常重要的环节,给予巨大投入,使污染治理能划上一个完整的句号,这是成熟的污水处理思路;二是不同国家和地区因地制宜地采取了适合各自国情的污泥处理处置技术路线,主要考虑的因素为产业结构、土地资源、城市化程度等。

3 污泥处理处置的责任主体

污泥处理处置问题的产生首先源于管理体制上的混乱,而管理体制的混乱首先是由于责任主体的缺位。污泥处理处置责任主体不明确,是制约污泥处理处置管理得以理顺的关键因素。责任主体不明确有三个主要原因:一是传统的污水处理厂并非一个民事法人主体,而是事业单位,是为政府义务服务的附属实施机构,无法独立承担有关责任;二是污泥处理没有专门的经济支撑体系,一般城市污水收费尚不足以维系运行,污泥处理运行费更无着落,使得责任被旁置;三是过分强调“资源化”技术路线,导致企业和政府把污泥处理处置作为有价值的资源,而非一种责任。

目前在大部分城市,各地政府仍是污泥处理处置的责任主体。但随着污水领域政企分离逐步到位、污水收费逐渐实施及技术路线逐步明确,我们应在政策上明确

污泥处理处置的直接承担主体是污水处理企业，污水处理企业负有对该企业所产生的污泥合理处理并最终达标处置的责任。污水处理企业可以选取不同的处理和处置方式，也可以采用委托等方式和其他单位建立合同关系，并有义务告知委托单位污泥处理处置所需达到的要求，同时还应保留全部污泥及其出路的完整记录。如果污泥处理处置不当，污水处理企业将承担首要责任。当然其前提是污水收费必须包含污泥处理所需的费用。

4 污泥监管严重缺位

政府高效监管是有效解决污泥处理处置问题的关键。但是对污泥的长期忽视以及污泥排放的间歇性造成了监控的难度，与污水处理的监管相比，政府对污泥处理处置的监管更为困难。政府有关部门需高度重视污泥处理处置的重要性和对环境影响的安全性，加强污泥处理处置的管理、监控，加强社会宣传，提高公众认知，将污泥科学监管纳入政府监管的序列；同时还应公开污泥的处理处置方式，将舆论监督作为政府监管的辅助手段。

污泥处理处置的管理缺位还表现在缺少系统规划。国内各城市的总体规划中尚未涉及污泥处理处置内容，更无专项规划。目前仅深圳、上海、北京等大城市初步尝试了污泥处理处置专项规划的编制，但仅限于技术性规划，还应在系统性方面进一步提高完善，而其他绝大部分城市尚未开展污泥处理处置的规划工作。专项规划是污泥处理处置的指导性方针，它的缺乏必然使污泥的处理处置处于无序状态，给监控和管理带来混乱。各地区应根据自身的具体情况尽快编制专项规划，并注意近期相结合，尽可能与污水处理规划同时编制以便于协调和统一。

5 相关标准缺乏系统性、科学性

系统、科学的污泥处理处置标准是监控污泥处理处置、选取合理技术路线和采取有效技术政策的重要前提。目前我国与污泥处理处置相关的标准仅有《农用污泥中污染物控制标准》(GB 4284—84)、《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)和《城市污水处理厂污水污泥排放标准》(GJ 3025—93)三项。《农用污泥中污染物控制标准》(GB 4284—84)，于1984年制订颁布，距今已有20年，从未进行过修订。其中重金属指标需要重新研究，有机污染物指标明显不足，病原菌指标更是空白，已经不能满足使用要求，更起不到控制污染的作用。《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)和《城市污水处理厂污泥排放标准》(GJ 3025—93)，是控制城市污水处理厂污泥排放的标准。其中多是原则性的文字，仅对脱水后污泥含水率有明确的要求($<80\%$)，而对有机污染物、病原菌并没有准确、完整的指标要求，对重金属更是没有任何的限制。因此，城市污水处理厂污泥排放无据可依，将对环境造成二次污染。

此外，我国标准的制订、评价、修改缺乏规范化和完整性的体系，标准修订不及时，各标准间缺乏协调性和统一性。

国外现行污泥处理处置标准值得我们借鉴。美国1993年2月颁布的《有机固体废物(污泥部分)处置规定》(EPA 503标准)，以及欧盟于2000年修订的86/278/EEC标准，都对城市污水处理厂污泥的管理和处置提出了综合性要求，对重金属、病原菌和有机污染物等指标均有严格的限制。

在污泥相关标准的修改与制定上,需重视污泥处理处置的安全问题,特别要注意对生态环境长期影响的监控。污泥的填埋和焚烧,可以参考已有的垃圾填埋和焚烧的标准;污泥的再利用,应分别参照相应行业的现行标准和规定,并结合城市污水处理厂污泥的特性补充现行标准和规定中缺少的指标;污泥土地利用中涉及农用的污染物控制标准必须重新修订,并增加污泥施用管理规定,包括施用地点、施用周期、最大施用量等内容,同时制订污泥质量和土壤质量监测的有关规定。

6 污泥技术路线的若干误区

对于污泥处理处置的技术路线,目前存在夸大其资源化和追求技术路线统一的两大认识误区。

(1) 对资源化的认识 目前污泥处理处置技术的发展程度,尚不能高效地实现能量回收和物质回用,以实现经济效益和节约能源的效果。污泥的资源化必须总体考虑,不能分割整个处理处置过程而强调某一局部单元工艺的效果,从而得出污泥资源化的概念。个别企业出于推销单元工艺的目的,仅仅强调其个别单元工艺可以实现能量回收和物质回用,割裂其他处理处置过程需要投入的能量和费用,误导技术的选取,加重了污泥处理处置技术的混乱。部分决策者误认为污泥就是资源,污泥的处理处置可以赢利,对污泥处理处置认识的误区,会影响到整个体系的有效运行。

我们认为,污泥处理处置是需要政府投入和建立收费体系来支撑的公益事业,应该以“减量化、稳定化、无害化”为目的。“资源化”并不是目的,而是一个重要的原则,要尽可能利用污泥处理处置过程中的能量和物质,以实现其资源价值。

(2) 因地制宜是重要的原则 因地制宜应该是技术路线选择的基本思路和原则。我国地域辽阔,不同地区的自然环境、人文环境、产业结构和经济发展水平都不同,各地区应从自身特点出发,采取适宜的技术路线。同时,国外技术必须和我国的具体国情相结合,切不可生搬硬套。例如:污泥干化焚烧工艺的减量效果明显,且占地少,但其建设投资和运行费用相对较高,仅适用于大城市、大型城镇群以及用地紧张地区;同时,我国是能源缺乏的国家,因此,与污泥好氧稳定等需要消耗大量能源的工艺技术相比,污泥厌氧消化和多种形式的土地利用更加适合我国国情。

7 技术政策基本空白

技术政策是技术路线有效实施的重要保障。我国污泥处理处置的技术政策现在仍属空白,需要从以下几方面着手解决。

① 建立污泥处理处置的评估体系。立即开展我国污泥产量、污泥质量、污泥处理处置及再利用现状的调研与评价工作;加快城市污水处理厂污泥处理处置技术政策的编制工作;抓紧建立污泥处理处置技术的评价体系和方法。

② 鉴于目前用于污泥处理处置的资金不足,需制定有关建设和运行的保障性鼓励措施,污泥处理处置应与污水处理受到同等重视。根据当地实际状况,制定合理的污水收费政策和体系(应包括污泥处理处置运行费用)。

③ 需要财税政策的倾斜。国家应对污泥处理处置过程中的资源化工程给以政策性引导。通过财政补贴、税收优惠等经济杠杆来引导企业积极采用能量回收和物质回用的工艺技术。

④ 建立接纳和鼓励外资、民营资本积极参与污泥。处理处置投资和运营的相

关政策体系, 因势利导地发展和探索适合我国国情的污泥处理处置工艺, 促进污泥处理处置的市场化发展。

污泥问题必将成为我国下一阶段重要的环境问题, 各界需对污泥处理处置问题加以重视, 认清污泥处理处置的若干认识误区, 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发展。

上海市城市污水处理厂污泥资源化利用及其市场需求浅析

陈华¹, 朱石清², 张善发¹, 张辰³

(¹上海市城市排水有限公司; ²上海市水务局; ³上海市工程设计研究院)

1 上海市城市污水处理厂污泥处置现状

1.1 污泥量

目前上海市中心城有 12 座中小型污水处理厂, 加上石洞口污水厂、竹园第一污水厂、白龙港污水处理厂等大型污水处理厂的建成投产及郊区污水厂, 正常运行日污泥总量可达到 600 多吨干重。根据专业规划, 以全市 6340km² 的范围进行测算, 2007 年、2010 年和 2020 年的污水量及其污泥量可见表 1。

表 1 全市污水处理厂污水量分布及预测

名 称	近期(2007 年)		中期(2010 年)		远期(2020 年)		
	水量/(×10 ⁴ m ³ /d)	污泥干量 /(t/d)	水量/(×10 ⁴ m ³ /d)	污泥干量 /(t/d)	水量/(×10 ⁴ m ³ /d)	污泥干量 /(t/d)	
中心 城 区	石洞口	40	60	40	60	40	60
	吴淞、泗塘	6	9	6	9	6	9
	桃浦	6	9	6	9	6	9
	竹园第一	170	255*	170	297.6	170	297.6
	竹园第二	50	75	50	75	50	75
	曲阳	6	9	6	9	6	9
	白龙港	120	180*	120	210	250	437.5
	龙华、天山、长桥、莘庄、闵行	29.5	44.25	29.5	44.25	29.5	44.25
	小 计	428	641	428	714	558	941
郊 区	嘉定	5	7.5	13	19.5	40	60
	青浦	18	27	30	45	50	75
	松江	11	16.5	35.2	52.8	70	105
	金山西部	4.5	6.75	9	13.5	17	25.5
	金山东部					10	15
	奉贤	4	6	4	6	45	67.5
	南汇	10	15	20	30	80	120
	长江三岛					40	60
小 计	53	79	111	167	352	528	
总 计	481	720	539	881	910	1469	

注: 1. 折算干泥时, 含水率 80% 的污泥密度按照 1t/m³ 计算。

2. 带 * 的标注表示该厂以化学加强工艺运行, 污泥量的计算方法为 10000m³ 污水产生 1.75t 干泥; 未标注的表示都采用二级生物工艺, 污泥量的计算方法为 10000m³ 污水产生 1.5t 干泥。

1.2 污泥的处置现状和问题

国际上污泥处置的方式有填埋、倒海、焚烧和土地利用四种方式，由于污泥倒海污染严重，现已基本废除。填埋、焚烧和土地利用三种主要的污泥处置方式由于国情的不同，在各个国家中所采用的份额也各不相同。

就上海的情况而言，表 1 中市中心 12 座污水处理厂的污泥，目前只有桃浦污水处理厂和程桥污水处理厂有较妥善的处置。桃浦污水处理厂污水来源主要为工业废水，因而设计采用了焚烧工艺，程桥污水处理厂污泥用好氧堆肥进行稳定化，污泥产品的最终处置是绿地使用，当初虽然是中试研究，但已经在客观上彻底解决了程桥污水处理厂的污泥问题，而且产品试用效果良好，供不应求。其余 10 座污水处理厂的污泥处理处置将在近期完成的污水厂达标改造中一并解决。从表 1 还可以看出，白龙港和竹园是两个大型污水处理厂，两个厂的污泥总量占全市污泥总量的 64%，其污泥处置在一定程度上关系到整个上海的环境形象。为应急解决白龙港和竹园污水处理厂每天产生的大量污泥，在白龙港污水处理厂建有 43hm² 的污泥专用填埋场，分两期实施，但是该填埋场的有效库容只有 5 年左右，一旦填完，上海将很难在有限的土地资源情况下再开辟新的污泥专用填埋场。石洞口污水处理厂目前采用的是污泥焚烧工艺，污泥必须经过干化再焚烧，流程比较复杂，费用较贵，其焚烧灰仍以填埋方式处置。

综上所述，上海目前产生的污泥，大量的还是以填埋方式处置，这是最经济的处置方法，但由于填埋场的库容有限，结合上海的实际情况，寻求污泥的切实可行处置途径并分析其市场前景显得日益重要。

2 城市污水厂污泥资源化利用途径分析

污泥资源化利用包括范围较广，可农用、绿化应用、建材利用等，其中建材利用在国际上应用偏少、消纳量很小，因此，着重探讨污泥应用于绿化和垃圾填埋场覆土两方面的可行性和市场前景。

2.1 绿化应用

(1) 城市土壤现状 作为城市绿化植物生长的直接载体，城市土壤质量直接决定了植物的长势和绿地生态景观效果的发挥，城市土壤与自然形成的土壤相比，由于人为影响因素大，普遍存在着有机质含量低，结构差，密度大、通气孔隙少，污染严重等问题。上海城市土壤的有机质含量低，质地黏，质量差。究其原因，一方面近几年大兴建绿，土壤资源严重紧缺，一些不合格的土壤被迫用于绿化建设，如垃圾土、建筑土和深层土等，特别是深层土，在上海绿地建设中应用较多，深层土由于有效养分含量非常低，不能完全满足植物生长的需要；另一方面绿化养护经费的紧缺，造成除了一些重要的景观绿带外，大部分绿地土壤基本处于营养严重“饥渴”的状态，植物长势和绿地生态景观还远没有达到最佳效果。上海在创建国家园林城市后，提出了建设“生态城市”的目标，绿地光有“量”是远远不够的，必须要有“质”的飞跃，因此从绿化角度来看，迫切需要解决植物赖以生存的物质基础土壤的质量问题，这是上海的自然地理条件所决定的。

(2) 需求量分析 由于上海的城市土壤先天不足，绿化对土和肥的需求量很大。上海现有绿地面积 244km²，如果以污泥经过稳定化处理变成绿化所需要的肥