城市污水污泥的处理及综合利用*

王敦球 解庆林 李金城 张学洪 李全明
（桂林工学院资源与环境工程系 541004） （桂林市排水工程公司）

摘 要 污水污泥是城市污水处理的副产品，若处理不当，将会造成二次污染。污泥作为一种资源，可直接或间接应用于农田、林地、草皮。

关键词 城市污水；污泥处理；资源化利用
分类号 X703

1990年我国已建成污水处理厂74座，日处理污水能力3 500万t，折合湿污泥量约为500万t/a（96%的含水率），至1996年我国日处理污水能力在此基础上翻了一翻[1]。如此大量的污泥如不妥善、安全地处置，将破坏环境，造成二次污染，而污泥中含有许多有益成分，若不加以利用又会造成新的资源浪费。因此，对其进行系统研究，寻找适合我国实际的有效处理污泥措施具有重要的现实意义。

1 处理现状

污泥的处理一般分为污泥无害化和污泥利用，大多数情况下两者是联合使用的。污泥无害化有填埋、投海、焚烧和湿式氧化等。污泥利用包括农用、裂解制油、制水泥、做复合肥粘结剂、提取蛋白质和作为动物饲料等。目前世界范围内常用的污泥处理方法有农用、低温热解、填埋、投海、焚烧等，不同国家和地区由于实际情况不同，处理污水污泥的方法也不同，表1为部分国家和地区的污泥处理情况[2,3]。

表1 部分国家采用不同方法处理污泥的比例

Table 1 The proportoin of various sludge disposals w/%

国家或地区	处理方法				
	农用	填埋	焚烧	投海	其它
英格兰和威尔士	44	8	8	27	13
北爱尔兰	60	12	0	28	
美国	30	24	21	19	
西欧	30	45	7	18	
苏格兰	13	5	1	76	5

在我国，一些中小城市基本没有建造污水处理设施，而在建有污水处理厂的大中城市，90%以上污泥处理设施不配套。在已建成的污水处理厂中污泥未经任何处理直接农用的占70%以上[4]。污泥处理方法较为简单，大部分采用农用或填埋及露天堆放的方式，在农用中采用以下几种方式：

（1）直接施用于农田。这种方法一段时间内在我国广泛应用，许多农民将污泥当作农家肥施用，效果显著。但缺乏施用污泥的科学指导，以致

* 1999－03－10收稿，1999－04－13改回。
第一作者简介：王敦球，男，1969年出生，讲师，环境工程专业。
*广西壮族自治区教育厅资助项目（编号 1997－397－68）。

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

于出现烧苗、死秧等，对作物、土壤产生副作用，故农民使用的热情受打击。

（2）施用于果园、菜园。施用污泥可使果树枝繁叶茂，蔬菜生长迅速，但易造成结果率低，而且虫害普遍。致使施用量受到限制。

（3）用作城市绿化、花圃、游乐场草坪的肥料。不利因素是造成卫生条件差，容易滋生蚊蝇，影响景观。

2 污泥的成分

污泥的成分与城市污水的水质、污水厂所采用的工艺流程及工业废水占总的废水处理量的比重有很大的关系。表2为采用传统活性污泥法、氧化沟和A^2/O处理方法产生的污泥中各营养物质的含量。

表2 不同处理方法产生的污泥中营养物质含量

Table 2 The nutrition material content of sludge in different treatment

样品号	处理方法	有机质 /%	w（N） $/10^{-3}$	w（P_2O_5） $/10^{-3}$	w（K_2O） $/10^{-3}$
1	传统活性污泥法	55	76	11	8
2	氧化沟	39	38	16	6
3	A^2/O	37	43	24	14

表中样品采自桂林市污水处理厂。

从表2可以看出，工艺处理方案不同，有机质及氮、磷、钾的含量也不相同。西方一些国家的污泥经处理后，有机质含量可达70%～80%，这主要与他们的生活水平和饮食结构有很大的关系。因此，我国的污泥处理不能完全跟从国外的处理方法。

根据资料和分析结果，我国的污泥中pH值和酸碱度基本上属于正常范围，一般不会对后续处理及应用带来太大的影响[4]。但不同城市污泥中重金属离子的含量却存在着很大的差别，城市的工业布局、城市的性质等都会导致其重金属含量的差异。工业城市广州的干污泥中Cu，Zn，Ni，Pb的含量分别为1 000，5 219，734，259 mg/kg[5]。其中Cu，Zn，Ni的含量均大大超过国家农用污泥直接施用标准，而旅游城市桂林的污泥情况又有所不同（表3），Pb，Cr，Ni，Zn略超过酸性土壤的污泥农用标准，但均小于中性和碱性土壤的污泥农用标准。

表3 桂林市污泥（干）重金属含量

Table 3 The heavy—metal content of sludge in Guilin

w/mg·(kg干污泥)$^{-1}$

离子种类	测试含量	国家标准[6] 酸性(pH＜6.5)土壤	国家标准[6] 中性和碱性(pH≥6.5)土壤
Pb	376	300	1 000
Cd	12	5	20
Cr	672	600	1 000
Cu	179	250	500
Ni	122	100	200
Zn	657	500	1 000
B	5	150	150
As	47	75	75

3 污泥处理的措施

为使污泥便于综合利用，必须对其进行适当的预处理。

（1）污泥浓缩。从二沉池出来的污泥含水率为97%～99%，必须经过浓缩处理，以去除污泥中的空隙水，达到减容的目的。经过浓缩以后，可使污泥含水率降低到94%～96%，污泥的体积可缩小到原来的1/4左右。污泥浓缩的方法主要有重力浓缩法、气浮浓缩法、离心浓缩法及隔膜浓缩法等[7]。国内大部分污水厂都采用重力浓缩法。

（2）污泥稳定。污泥稳定的主要目的是去除讨厌的臭味，减少病原微生物的含量。处理方法有厌氧消化、好氧消化、厌氧堆肥、好氧堆肥和化学处理等，其中采用中温或高温消化或

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www

堆肥是比较好的处理方式，一方面有利于污泥的稳定，另一方面可以把污泥中的有害寄生虫卵和各种病菌杀死。

（3）污泥脱水。污泥脱水的目的在于进一步降低污泥的含水率。在机械脱水方面，多数国家采用板框压滤机、带式压滤机及离心机等设备脱水，而在自然干化方面，应用较多的脱水方式为干化床，经过脱水以后，污泥的含水率一般可降至 70％～80％[7]。在我国应用较多的为带式压滤脱水。

4　污泥的综合利用

4．1　热能利用

污泥中含有大量的热值，如天津纪庄子污水厂污泥的热值，初沉池污泥为 10 715 kJ/kg，二沉池污泥为 13 295 kJ/kg，其热值高于煤和焦碳（小于 8 000 kJ/kg）。我国建成的污水处理厂中很少利用热能，因此造成了很大的浪费，而国外污水厂的能源自给率已经达到 50％以上[4]，这也是今后工业化应用的主渠道。因此，在污水处理厂内设置消化池，利用产生的沼气来建立自给能量的发电站，或设置热能回收装置，部分满足自身需要是可行的，但我国污泥中的有机质含量相对较低，又因其一次性投资大、运行维护和管理费用较高，所以，在这方面的应用还有待进一步研究。

4．2　制成复合肥农用

从表 2 可以看出，污泥中的有机物和氮、磷、钾的含量比较丰富，因此，可以充分利用其营养成分，变废为宝。如与城市垃圾、城市通沟污泥、粉煤灰等混合堆肥，再制成复合肥，综合利用。但在应用过程中应注意两个问题：

（1）污泥中的细菌和各种寄生虫卵对污泥的农用产生很大的危害，因此必须考虑把这种有害的物质除掉或降到不致对土壤和作物产生影响的地步，这也是必须实施无害化处理的原因所在。表 4 为一些细菌和寄生虫卵在不同的温度下被杀死的时间[7]。在实际堆肥发酵过程中，由于周期较长，完全可以杀死各种有害微生物。

表 4　病菌在不同温度下的杀死时间

Table 4　Time to kill germs in different temperature　　min

病菌种类	温度/℃				
	45	50	55	65	70
赤痢菌	0.5				
活蛔虫卵		60	7		
白喉菌			45		
牛流产杆菌			60	3	
沙门氏杆菌			30		
病毒					25

（2）污泥中重金属离子的含量。直接施用污泥到农田的，污泥中的重金属离子的含量应控制在国家标准内；间接施用污泥到农田时，如混合施用，需控制总的重金属离子的施用量，在允许的范围内根据土壤的质地、作物的习性来确定不同地域、不同作物对重金属离子施用量的影响。表 3 可以看出，酸性土壤和碱性土壤重金属离子施用量有很大的区别。另外，对于施用污泥肥料的地域和作物有必要进行跟踪研究，观察重金属离子是否会在土壤和作物中产生富集，富集的程度如何，在土壤中是否会产生淋溶运动，对土壤的结构、土壤的性质造成什么样的影响等。

4．3　林业、牧场或绿化草坪上的应用

将污泥进行适当的消化、堆肥处理，在林业、牧场及绿化草坪上的应用将会有很大的前景，这种方法投资较少，对人类又无直接的影响。目前仅在草坪上有较为简单的应用；在林业和牧场应用方面还缺乏应用和研究，今后应予以加强。

总之，污泥的资源化应用将是我国今后相当长的一段时间内污泥处理的主要发展方向，今

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www

后应加强宏观管理，研究和推广切实可行的实用技术，从根本上解决我国污泥在农、林、牧等方面的再利用问题。

感谢杨国清教授、成官文老师的指导及桂林市污水处理厂大力支持与协助。

参 考 文 献

1 张自杰. 环境工程手册. 北京：高等教育出版社，1996. 738～740，775～779
2 宋敬阳译. 城市污水污泥的农田施用. 国外环境科学技术，1993，(3)：29～32
3 韦朝海，陈传好. 污泥处理、处置与利用的研究现状分析. 城市环境与城市生态，1998，11(4)：10～13
4 薛文源. 城市污水污泥处理与处置的途径. 中国给水排水，1992，1(8)：41～46
5 廖宗文，林东教，江东荣，等. 广州市污泥垃圾农用资源化的初步研究. 自然资源学报，1994，9(3)：246～251
6 国家技术监督局. 农用污泥污染物控制标准(GB4284—84)，1984—05—18发布.
7 金儒霖，刘永龄. 污泥处置. 北京：中国建筑工业出版社，1988. 265

A PRELIMINARY STUDY ON SLUDGE DISPOSAL OF MUNICIPAL WASTEWATER

Wang Dunqiu Xie Qinglin Li Jincheng Zhang Xuehong
(*Department of Resource and Environmental Engineering, Guilin Institute of Technology*)
Li Quanming
(*Guilin Sewage Engineering Corporation*)

Abstract A large amount of sludge, which would become secondary pollutant if it was not disposed properly, developed in municipal wastewater treatment. sludge, as a sort of resources, can be directly or indirectly applied to farmland, forestland, grassland, park, golf course ect.

Key words municipal wastewater; disposal of sludge; utilization as resources

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www