

高氮高浓度粪便污水处理技术研究*

何 强, 孙 倩, 翟 俊, 周 健

(重庆大学三峡库区生态环境教育部重庆实验室, 重庆 400045)

摘要:对粪便污水及其水质情况进行了分析介绍,详细介绍了欧美国家、日本和发展中国家对于粪便污水的收运方式和处理技术,分析比较了欧美模式、日本模式和发展中国家模式对于粪便污水处理技术的优劣。综述了国内外对于高氮高浓度有机粪便污水处理方法、处理工艺、处理效果等方面的研究进展情况,比较了对于粪便污水处理技术中厌氧及好氧工艺的优缺点,提出了对于我国等发展中国家比较适用的粪便污水处理技术,即多段厌氧处理、好氧处理、絮凝沉淀、活性炭吸附等多项技术的高效组合工艺,为我国粪便污水处理提供技术参考。

关键词:粪便污水; 高氮高浓度; 水处理技术

中图分类号:X522 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7329(2007)03-0104-03

Study on Treatment Techniques for Black Water and Nightsoil Treatment

HE Qiang, SUN Qian, ZHAI Jun, ZHOU Jian

(Key Laboratory of Ecosystem and Environment Conservation in the Three Gorges Reservoir Region, Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: The treatment technology of black water and nightsoil were reviewed in this paper. In order to referencing treatment techniques for nightsoil, more emphases were put on the progress of treatment modes, treatment processes and performances. Differences of the processes in America, Japan and some developing countries were pointed out. A new treatment technology of black water and nightsoil by the method of anaerobic-aerobic-flocculation-activated carbon was put forward.

Keywords: nightsoil wastewater; high concentration nitrogen and ammonia; wastewater treatment techniques

1 粪便污水

国外把粪便污水又称为黑水(black water),与黑水相对的另一概念是灰水(gray water)。国外的黑水定义有两种,一种定义为含有粪便物质的生活污水;另一种定义为厕所污水,包括冲厕水和粪便^[1,2]。粪便(night soil)指不含或含少量冲厕水的黑水。

粪便含有丰富的有机质和农作物生长发育所需要的氮、磷、钾等元素,我国一直将其作为传统的农业肥料;但是近 20 年来,由于多种原因使城市粪便农用比例急剧下降^[3],城市粪便失去传统的土地处理途径,而不得不向城市附近区域倾倒,给环境和人类健康带来严重影响。

城市粪便主要来源于城市公共厕所,对于粪便无害化处理在发达国家已基本解决,并且做到了资源化、稳定化和减量化;但是对于发展中国家来说,城市粪便

的处理还处于初期阶段,大多是采用城市粪便连接到城市污水管网,输送到城市污水处理厂进行处理。这种方法提高了城市污水的污染负荷,增加了城市污水处理厂的处理负担;对于城市粪便的单独集中处理我国还处于试验研究阶段。

2 粪便污水的特点

黑水含有较高的 COD、N、P 量和病原菌。而粪便中的有机物和营养物质浓度更高,如表 1 所示。

表 1 粪便污水的水质情况

	COD /mg · L ⁻¹	N _{kj} /mg · L ⁻¹	T-N /mg · L ⁻¹	P /mg · L ⁻¹
黑水	1 270~1 700(1 480)	250~275	—	35~40
粪便污水	32 000~44 000(38 000)	—	3 000	400

注:表中括号内数字为平均值。

根据化学分析^[4],人粪中 N、P、K 的含量分别为

* 收稿日期:2007-01-25

作者简介:何 强(1963-),男,江苏江阴人,教授,主要从事水污染控制研究。

1%、0.5%、0.37%，有机质含量为 20%，有机质的主要成分是纤维素、半纤维素、蛋白质及其分解物，含水量为 70%~80%；人尿中 N、P、K 含量分别为 0.5%、0.13%、0.19%，尿素的含量为 1%~2%，含水量为 95%。

长期以来，粪便污水的处理方式以输送到污水处理厂或粪便处理厂集中处理为主。处理难度大，费用高。因此，粪便污水的就地处理问题已日益提上日程，与之相关的粪便和粪便污水处理的研究、开发与应用也得到不断发展。

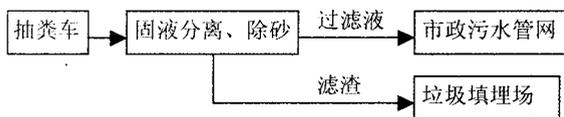
3 粪便污水处理技术

各国粪便污水处理技术，按粪便污水收运和处理方式不同，大致可以分为欧美模式、日本模式和发展中国家模式。欧美模式是以城市污水管网和污水处理厂作为粪便污水收运和处理基础的，即城市污水、粪便污水合并处理的高成本模式；日本模式是除合并处理之外，还采用车辆收运单独集中处理和现场净化池分散处理相结合的粪便污水单独处理的中成本模式；而发展中国家模式则是多样化的粪便污水处理系统的低成本模式^[5]。

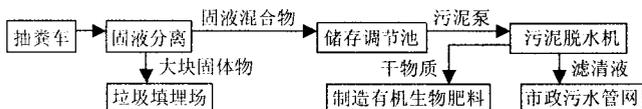
3.1 欧美国家粪便污水处理技术

欧美国家因早期对城市下水道建设的重视，因而都有较完整的污水排放设施和污水处理系统。欧美国家下水道普及率在 70%~90%，多数城市几乎达到 100%；其中，英国已普及到农村。按每座污水厂的服务人数算，瑞典和法国 5 000 人，英国和西德 7 000~8 000 人，美国为 10 000 人；按城市人口计算人均下水道长度，英国为 4.51 m，西德为 3.35 m^[6]。因此欧美国家采用污水粪便合并处理的高成本模式，粪便由水冲厕所通过化粪池排入下水道至污水处理厂统一处理。处理模式如下：

1) 距污水厂较近的粪便接收站



2) 远离污水厂的粪便接收站



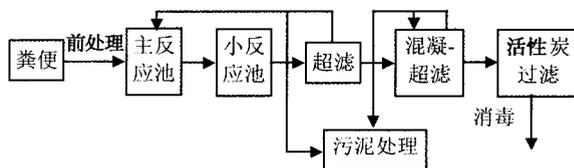
3.2 日本粪便污水处理技术

日本 1988 年下水道普及率仅 32%，为弥补这一不足，日本在没有下水道及污水处理厂的地方均设有净化池，进行小范围处理，目前日本按服务人口普及率

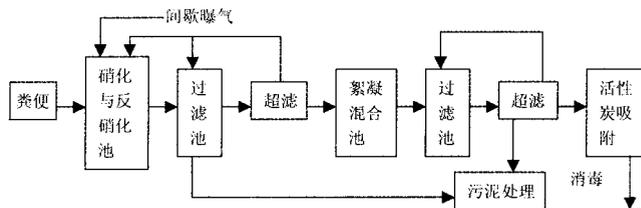
计^[7]，粪便排入下水道的只占 35%，采用净化池(600 多座)的占 35%，使用旱厕的占 30%。对净化池污泥和旱厕粪便，依靠单独收集处理系统进行清运(吸粪车 28 000 辆)、处理(处理厂 1 200 多座)及最终处置。

日本的粪便污水处理技术发展较早，始于 1954 年^[8]。最早的处理技术是好氧/厌氧消化—活性污泥法，处理前粪便需要稀释 20 倍，经该工艺处理后出水的 BOD₅ 和 SS 浓度分别为 30 mg/L 和 70 mg/L，但对氮和磷几乎没有去除作用。1975 年后，生物除氮技术用于处理粪便污水，可去除其中高浓度的氮。处理工艺有两段生物反硝化—絮凝—臭氧—过滤等^[9]。1980~1985 年期间，日本进一步发展了高效反硝化—絮凝—砂滤—活性炭柱工艺，利用该工艺处理粪便污水时，处理前不需稀释，处理后出水不需二次处理。1986 年，日本将膜过滤技术应用到粪便污水处理中，克服了重力或离心脱水方式污水分离的缺点，从而使膜技术在粪便污水处理中的应用逐渐发展起来。现在日本每年约建造 25 个粪便处理厂，其中大约 50% 的处理厂在处理工艺中采用超滤技术，处理厂规模一般能达到 50~100 m³/d 的处理流量。几种典型膜处理工艺流程如下：

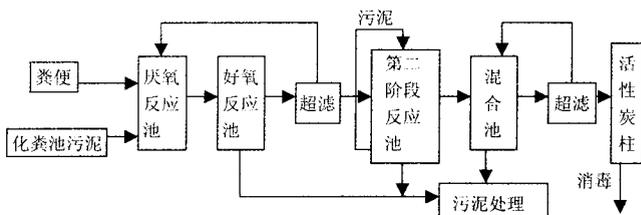
1) 高效生物反硝化—超滤



2) 高负荷反硝化—超滤



3) 高负荷活性污泥—超滤



3.3 我国粪便污水处理技术

我国 80% 的人居住在农村，广大农村几乎没有下水道，全是各种类型的旱厕，除了极少数沼气厕所具有无害化处理功能外，大多数粪便未经处理直接用于农田。

大城市以水冲厕所为主兼有旱厕,中小城镇以旱厕为主兼有水冲厕所,由于我国城市排水设施不足(有近40%的城市缺乏完善的排水管网),污水处理系统严重欠缺,化粪池达不到应有效果。全国粪便无害化处理率仅为7.5%,90%以上的污水粪便得不到及时、有效的处理就直接排入江河湖海,导致城市水体污染。

徐放(同济大学)^[10]对经过化粪池处理的粪便污水进行了实验研究,当化粪池出水COD浓度在360~2000 mg/L,氨氮浓度在20~280 mg/L,总氮为30~300 mg/L, $BOD_5/COD=0.33$ 时,无论采用SBR工艺还是AB工艺,COD去除率可达到90%,氨氮去除率在75%~80%,TN去除率在45%~55%。

邓挺兴等^[11]采用高温消解—中温厌氧发酵—生物稳定塘工艺处理粪便污水,处理规模为10 m³/d,当高温消解的温度控制在55~60℃,水力停留时间为1h;中温厌氧发酵的温度控制在40~45℃,水力停留时间为10d;生物稳定塘中,曝气塘水力停留时间为3d,兼氧塘为28d,厌氧塘为65d时,出水中已不含有病菌和病原体,水质情况如表2所示。

表2 高温消解—中温厌氧发酵—生物稳定塘处理粪便污水的效果

	COD /mg·L ⁻¹	BOD ₅ /mg·L ⁻¹	TN /mg·L ⁻¹	TP /mg·L ⁻¹	PH
进水	42 000	28 000	4 300	2 800	6.8
中温发酵出水	7 200	3 800	3 216	2 308	—
生物稳定塘出水	63.5	23.8	115	0.1	—

瞿永彬等^[12]采用A—O(厌氧—好氧)工艺处理粪便污水,在缺氧池和好氧池容积比为1:1,水力停留时间各为4h的运行条件下,出水COD_{Cr}<40 mg/L、NH₃-N<1 mg/L、TP<1 mg/L,取得了良好的处理效果。

田海涛等^[13]采用水解—SBR工艺处理铁路客车粪便污水,COD去除率>70%,氨氮去除率在70%左右,因出水生化性较差($BOD_5/COD_{Cr}<0.3$),出水中仍残留部分难降解的COD_{Cr},如采用物化法进一步处理,出水可达到中水回用标准。

4 结论

依据不同的要求,通常将粪便污水处理技术分为两类:一类是厌氧处理为主的技术,这种技术把粪便污水作为可回收资源,生物降解不完全,氮、磷去除少,粪便污水无害化后用作肥料;另一种技术包括好氧、厌氧,或厌氧和好氧混合工艺,它将粪便污水经过生物降

解去除有机物和氮、磷等营养物质,使出水达到排放或回用标准。

综合国内外处理技术,厌氧生物处理中的UASB、厌氧SBR等工艺应用较为广泛;好氧生物处理中生物接触氧化、SBR等工艺应用较多。综合考虑技术经济要求,笔者认为,要获得较高的粪便污水处理出水水质,多段厌氧处理、好氧处理、絮凝沉淀、活性炭吸附等多项技术的高效组合是比较经济实用的技术路线。

参考文献:

- [1] B. Jefferson, A. Laine. Wastewater recycling the potential for membrane bio-reactors[J]. Water Quality International, 1997, (11-12): 12-13.
- [2] F. Hammes, Y. Kalogo, W. Verstrate. Anaerobic digestion technologies for closing the domestic water, carbon and nutrient cycles[J]. Wat., Sci. Tech., 2000, 41(3): 203-211.
- [3] 陈朱蕾等. 中国城市粪便处理系统发展与问题研究[J]. 环境卫生工程, 1998, 6(3): 125-131.
- [4] 张道勇, 王鹤平. 中国使用化肥[M]. 上海: 上海科技出版社, 1997. 173.
- [5] 程朱蕾. 国内外城市粪便处理系统模式比较的研究[J]. 武汉城市建设学院学报, 2000, 17(1): 41-44.
- [6] 徐庆文. 城市粪便污染及治理对策[J]. 贵州农学院学报, 1994, 13(1): 83-88.
- [7] 程朱蕾. 日本粪便处理技术进展[J]. 城市环境, 1990, (2): 74-76.
- [8] Toshihiro Tanaka. Ultrafiltration aids Japanese treatment. Water Quality International, 1997, (7-8): 26-27.
- [9] Takao Misaki, Kensuke Matsui. Night soil treatment system equipped with ultrafiltration. Desalination, 1996, 106: 63-70.
- [10] 吴志超, 陈绍伟. 粪便污水超滤膜生物法处理的可行性探讨[J]. 环境卫生工程, 1997, (4): 27-30.
- [11] 邓挺兴. 高温消解—中温厌氧发酵—生物稳定塘系统处理城市粪便的卫生学评价[J]. 环境与健康, 1992, 9(6): 241-244.
- [12] 瞿永彬. 粪便生活污水生物脱氮实用技术研究[J]. 环境卫生工程, 1999, 12, 7(4): 148-149.
- [13] 田海涛, 徐兆义. 水解—SBR技术处理高浓度粪便污水的研究[J]. 铁道标准设计, 2003, (12): 92-94.

(编辑 胡玲)