

污水集中式与分散式处理技术的比较研究

贺墨梅 刘 焱

摘 要 介绍了城市常用的污水处理方式：集中式和分散式处理，并对国内外小量生活污水分散式处理技术的发展和实践作了较为全面的综述。分别通过技术性、经济性、可持续性的分析比较，说明了两者的优缺点，指出实际应用时应因地制宜、选择最合适的处理方式。

关键词 污水 集中处理 分散处理

0 引言

环境污染已直接威胁到人类的发展和生存，环境保护已成为我国的一项基本国策，作为环境保护重要手段之一的污水处理技术，近年来也得到了很大的发展。污水处理可以分为集中式污水处理和分散式污水处理。集中式污水处理系统一直是市政工程中的标准处理系统，也是绝大多数城市的选择，用于收集和处理大流量污废水，而“分散”的概念在上个世纪末才开始受到人们的注意和研究。在国内，对“分散”这一概念还没有明确的定义，常常简单地把城市废水由几个分散的污水厂处理就定义为分散处理，这样很容易混淆分散处理和集中处理在工艺技术上的不同。因此，本文着重论述了分散式处理的概念与技术，并对它和集中处理作了较为详细的技术经济比较。

1 集中式污水处理

污水集中式处理，是建立集中式管网收集体系和大型污水处理厂，在此基础上再进行深度处理，然后回用于城市生活的各个方面，包括市政、绿化、消防、景观等。目前，集中式污水处理已从局部的、特殊的污水处理，发展为系统化、规模化的污水处理模式。它把各种城市生活污水，经预处理的工业废水和城市融雪、降水等混合废水通过城市排水管网收集，集中输往污水厂，采用适宜的措施进行处理，达标后再排入自然水系。集中处理最主要的特征是：统一收集、统一输送、统一处理。集中污水处理技术在上世纪得到了很大发展，污水处理厂的规模也越来越大，世界最大的污水处理厂美国海河伦污水处理厂，规模达到了 $3.4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$ ，在北京也建成了处理规模为 $1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$ 的北京高碑店污水处理厂^[1]。

2 分散式污水处理

分散式污水处理技术是一种新型的，经济环保的污水处理系统。对于居住比较分散的中小城市（镇）、广大农村及偏远地区，由于受到地理条件和经济因素制约，不宜于进行生活污水的集中处理，此时应因地制宜地选择和发展生活污水分散式和就地处理技术。污水的分散处理技术（Decentralized Sanitation and Reuse, DESAR）已经成为国内外生活污水处理的一种新理念。

分散污水处理系统主要包括：（1）在线系统（Onsite system）：从私人住宅排出的污水，由于没有铺设大面积社区用的污水管道或缺乏一套集中处理设施，可以通过自然系统或机械装置来收集、处理、排放或中水回用，这种自然系统或机械装置即称在线系统。常用的在线系统包括化粪池（septic tank）和沥滤场（leach fields）。（2）群集系统（Cluster system）：一种服务二个或二个以上住户的污水收集和处理系统，但其范围不超过整个社区。从几间住户排出的污水可经过个体用户的化粪池或组合装置现场预处理后，再通过特殊的污水管运送到比集中式系统相对较小的处理单元。分散污水处理系统就是这样一种在线系统或群集系统。

2.1 污水分散式处理的常规技术

（1）厌氧、好氧生物处理技术

厌氧、好氧生物处理技术的相结合采用“多级发酵，多种好氧过滤，多层次净化”，可以达到既去除有机物又去除含磷、含氮物质的目的，充分发挥好氧及厌氧条件下生物处理功能，可降低能耗、减少污泥量。其工艺流程如图1所示。

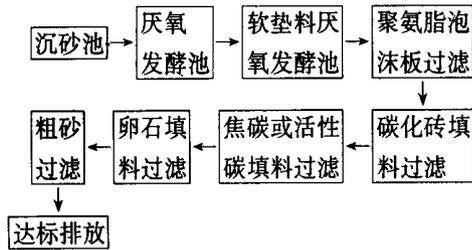
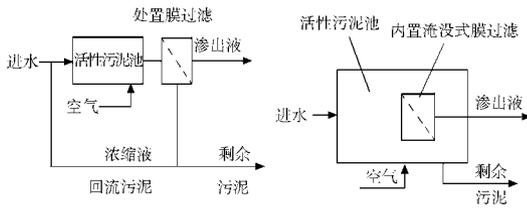


图1 厌氧、好氧生物处理结合的工艺流程图

为了实现回用目的，运用生物技术后尚需引入物理及物理化学技术，如混凝、过滤、活性炭、膜技术等，将很多传统的处理工艺按分散处理的要求进行设计，由此产生了很多新的工艺。如厌氧生物处理技术^[2]，该技术以上流式厌氧污泥床反应器（UASB）为基础，将其与水解上流式污泥床反应器（HUSB）等结合起来，可较好的去除悬浮固体，还可在 UASB 前进行化学絮凝强化处理，以提高 COD 的去除率等。

(2) 膜生物反应器 (Membrane bioreactors) 技术

膜生物反应器 (MBR) 处理技术近年来在日本、加拿大等许多国家都已得到较好的应用。MBR 是把生物处理与膜分离相结合的一种组合工艺，由于膜所具备的高效分离之特点，所以出水水质好，可以直接达到回用所需的水质。在生物反应器中维持了高浓度的微生物量并提高了负荷。其流程图如图 2 所示。



(a) 膜组件在反应池外 (b) 膜组件在反应池内

图2 膜生物反应器的流程示意图

膜技术的发展给污水的分散处理与有效回用带来了更多机会^{[3][4]}。

(3) 自然净化

在地理、气候条件合适以及土地可得的情况下，利用人工湿地、土地渗透、氧化塘等自然净化系统对污水进行就地处理，具有处理效果稳定、投资少、管理简单等优点。土地处理是市郊以及农村污水分散处理技术的最佳选择。

2.2 污水分散式处理的小型化净化装置

由于现在居民的住户越来越趋于片区化，因此要求分散式污水处理系统的安装、操作与维护必须简单，且要运行稳定可靠，不需要专业人员管理。这就需要我们设计出工业流水线来生产成品式小型污水处理设备。当前，发展集预处理、二级处理与深度处理于一体的小型污水净化装置，已经成为国内外污水分散处理技术发展的一种趋势。

2.2.1 国外小型化污水净化装置

挪威的居民房屋分散，许多房屋建立在岩石地层上，无法进行土地渗滤处理，预置式就地微型处理设备应用因而得以推广。挪威的预置式就地微型处理设备是较为成功的范例。BIOVAC 公司生产的间歇式活性污泥法 (BIOVAC FD)^[5]应用最广，流程如图 3，该设备配备了水泵调节槽、SBR 反应器的逻辑控制器、污泥干燥器和化学沉淀设备。其出水 BOD 小于 10mg/L 总磷小于 0.60mg/L。

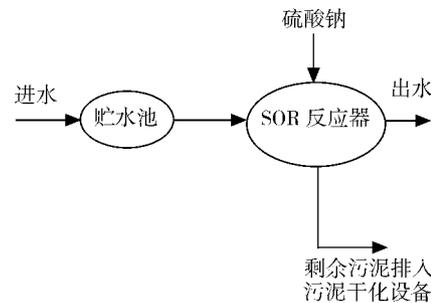


图3 BIOVAC FD 处理流程

日本独立发展的 johkasous (净化槽) 也广泛应用于生活污水处理，一种是 "tandoku - shori" 净化槽，仅用于厕所冲洗水的处理；另一种是 "gappei - shori" 净化槽^[7] (流程如图 3)，用于混合的生活污水处理，处理后污水 BOD 小于 20mg/L。近年来，新型的膜分离技术槽^[6]在日本已被开发出来并得到实际应用，用于 BOD 与氮的深度处理，出水 BOD 平均浓度 2.3mg/L，总氮平均 7.9mg/L，均低于设计值。提高小型净化槽的脱氮除磷效果、开

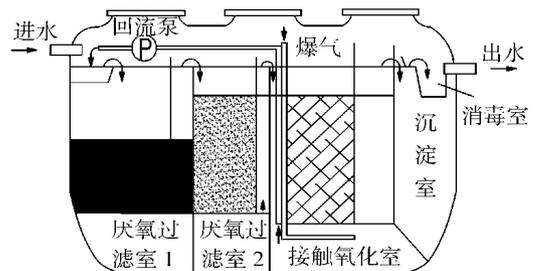


图4 日本 Cappei - shori 小型污水净化槽

发新型消毒处理技术,已成为小型净化槽的热点问题。小型污水净化槽用于处理宾馆和餐厅废水时,一般需通过预处理使油脂含量小于 30mg/L,否则会影响 BOD 的去除效果^{[7][8]}。

2.2.2 我国的小型污水净化装置

近年来我国住宅产业迅速发展,城市中住宅小区工程的兴建速度较快,而市政排水管网的改造、扩展及城市污水处理厂的建设严重滞后,大部分的污水未经处理直接排入水体,污染严重,新建的居民小区大多远离城市或位于市政排水管网未能覆盖的地区。从环保和发展的角度,它们所产生的生活污水必须经处理后达标排放。此时应用分散式小型污水处理装置可有效地处理这些水并达标排放,从而减轻城区水体的污染程度。其流程图如图 5 所示^[8]。

虽然我国许多环保公司开发了许多形式多样的无动力、少动力或者低能耗集成化污水处理装置,主要利用水解酸化或厌氧生物膜等技术,并用生物滤池控制出水,可达标排放而无能耗。但这些装置的实际运行效果尚缺乏系统的信息。

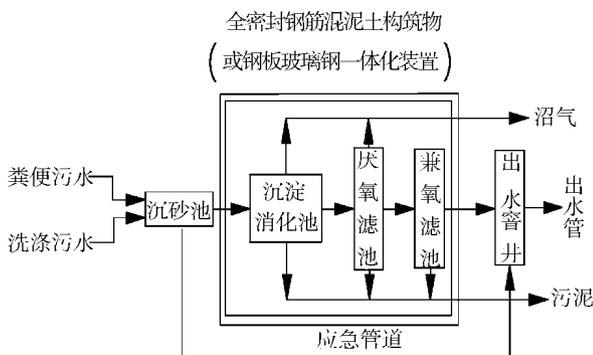


图 5 我国常用的小型污水处理装置的工艺流程

小型污水处理装置因其“小”,相对而言工艺放大较容易,有利于最新处理技术的应用,理应走在污水处理领域的前沿。只有尽快研制出真正高效、低耗、造价及运营费用低廉的污水处理设备,而不是在现有产品基础上的简单重复,为市场提供更好的全新的产品,才能适应我国中小城镇和农村建设的需要。

3 集中式与分散式污水处理的比较

3.1 技术工艺的比较

国内对于分散式处理的研究,没有国外那么系统化。较多的是对(建筑)小区污水的处理,而且工艺仍然是传统方法的组合,是城市污水处理厂的

小型化。随着科学技术的发展,尤其是膜技术的发展,污水处理设施实现了装置化、小型化,使污水分散处理和回用得以实现,其与集中式处理的工艺技术比较如表 1。

3.2 经济性分析

在经济上小规模分散系统在投资运行费用上比较灵活,人们根据资金的多少来选择不同标准的处理设施。有研究者在德国 Geiselhoring 镇进行实验^[9],该镇在郊区建造的集中式污水处理厂,因为长距离连接管道所需费用相当高,故总的运行成本仍然过高,所以他们实验用后续生物处理的微型处理厂来做替代品。实验结果发现,在投资成本方面,因为免去下水道系统,且微型污水处理设备的市场竞争增强减少了投资成本,故使用分散式污水处理系统更为经济。在我国,由于经济发展相对落后,很多中小城镇的经济水平不可能建设大型的集中式污水处理厂和相应的下水设施,只能选择逐步建立各种分散处理设施。

表 1 分散和集中处理技术工艺的比较

组成	分散式系统	集中式系统
预处理	厌氧处理如化粪池	特殊污水才使用预处理
集水系统	轻质塑料管,常用的污水管道有压力式、真空式和小直径重力式	重力式污水管
废水处理	自然系统即利用土壤作为处理和处置的媒体;还有传统工艺	传统工艺,如活性污泥法、A/O法和A ² /O法
出水回用或处置	回用和地下水的再排放	排入河流,或增加三级处理工艺如过滤、消毒后回用
污泥处理	自然系统如泻湖稳定、石灰稳定系统和土地应用;传统技术有好氧消化、厌氧消化、脱水	污泥浓缩、消化、脱水、农用
设备形式	埋地式和半地埋式较多,常用组合式	地面上居多,设备常为分体式

3.3 可持续性和对环境的影响

从可持续性和对环境影响的方面来看,传统的集中式方法是通过庞大的排水系统将污水输送到集中式污水处理厂这样的方法运作的,水被作为介质来输送粪便这样高浓度的生活废物,并最终受到了污染,污染物被稀释后必须采用更昂贵、耗能、技术复杂的工艺来处理,造成了资源二次浪费;而有用的副产品(如氮、磷、钾等肥料)却很难回收,在处理过程中还产生大量不稳定的、污染性的污泥,不适合于农业回用,故集中式处理不符合可持续性的原则。集中式还有很多对环境的负面影响,主要是在处理中大量不同性质的污水混合在了一起:雨水与工业废水混合后,导致混合污水中含有大量重金属和有机碳化合物,这些物质对污泥、地表水及沉积物造成持久的负面影响,含有有机溶剂或杀菌剂的混合污水有时还可能会造成整个污水处理工业的瘫痪。此外集中式能处理的污水流量有限,而污水进行混合后流量大增,当有大暴雨时,合流污水超量时,就会未经处理直接溢流堰排放,大量污染自然水体。而分散处理系统则可以避免或缓解前面所述各种不同废水混合所带来的问题。当然分散系统也会对环境产生不同的影响,但由于各分散部分影响的范围小,所以能将有害物质的扩散等危害减至最低程度。管理适当的分散系统在节约处理费用的同时,可以补充当地的地下储水层,提供污水再生利用机会,避免大量的污水从一个流域转达到另一个流域,还能帮助促进某个流域的水环境管理^[10]。分散系统作为对集中系统最好的补充方式,在未来逐步地取代集中式系统,将是一个研究的方向。

4 结论

集中式和分散式处理均是非常重要的水处理方式,两者各有利弊。当前,在技术上集中式处理占优,但从环保可持续性角度出发,发展分散式处理则是未来的一个大方向,所以我们要结合当前形势并根据各地区实际情况,选择其中一种或选择两者结合的处理方式,在可持续性发展的前提下寻找最经济可行的方案。

参考文献

- 1 任晓鲲. 城市污水中水回用的分散与集中处理对比研究 [J]. 河北建筑工程学报, 2004, 22 (1): 65 - 67.
- 2 全向春 杨志峰等, 生活污水分散处理技术的应用现状 [J]. 中国给水排水, 2005, 21 (4): 24 - 27.
- 3 Rhett Butler, Tony MacCormick. Opportunities for decentralized treatment, sewer mining and effluent re - use. [J] Desalination 106 (1996) 273 - 283.
- 4 王琳, 王宝贞. 分散式污水处理与回用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003, 25 - 220.
- 5 www. Roovac. de
- 6 Ohmori, H., Yahashi, T., Furukawa, Y., Kawamura, K. and Yamamoto, Y. (2000) Treatment Performance of newly developed johkasous with membrane separation. Wat. Sci. Tech. 41 (10/11)
- 7 许劲. 小型污水处理装置的应用与发展 [J]. 重庆环境科学, 2001, 23 (4): 26 - 29.
- 8 朱根华, 万钱江. 小型生活污水厌氧处理装置的构造与特性 [J]. 中国给水排水, 2003, 19 (8): 84 - 85.
- 9 PietLen s, Grietje, Zeeman, Gatze, Lettinga. Decentralised Sanitation and Reuse - Concept, systems and implementation [M]. IWA Publishing.
- 10 CHEN Jin - ming, 美国管理分散污水处理系统的政策和经验 [J] 中国给水排水, 2004, 20 (6): 104 - 106.

作者通讯处: 210096 东南大学土木工程学院市政工程系

信息

退休工程师让“污泥变石头”

污泥处理这一世界级难题,日前已被重庆市3个退休工程师攻克。他们研发的技术可以让污泥变成石头,用来修建简易农舍。目前正准备申请国家专利。

目前污泥处理方法有四种,包括焚烧、填埋、生化等,但都存在两个问题:一是费用较高,每吨处理费用约400元;二是处理不彻底。攻克这个难题的是市发明协会环保生物工程研究院的3名退休工程师。据介绍,通过三年的研究,他们终于发明

了固化处理法。

固化处理法可以把污泥变成轻型石头,然后拿来建建材,可以修建简易农舍、水渠等,使污泥这一烫手山芋变成宝物。这个方法有两大优势:一是处理彻底,不产生二次污染物;二是费用低,每吨处理费用约150元。如果建设一个日处理1万吨的污泥处理场,投资额仅为70万元。

(摘自 www. c - water. com. cn, 2006 - 5 - 26)