

中水回用及展望

黄明祝, 周琪, 李咏梅*

(同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘要: 概述了中水回用的发展和现状, 总结了中水回用的处理技术, 并指出 MBR 工艺和 CASS 工艺因其独特的优点在中水回用领域中具有光明的应用前景。同时, 对中水回用实践中值得思考和研究的问题也进行了探讨, 指出在中水回用过程中尤其需注意其生态安全性研究。

关键词: 中水回用; MBR; CASS; 生态安全性

1 概述

水是自然环境的重要组成部分, 是人类社会赖以生存的基本物质前提。但随着水资源需求量的急剧增加, 加之人类用水的不科学和水环境污染的日益严重, 使许多国家都面临着水资源短缺的危机, 因此把城市外排的污水作为第二水资源加以开发利用就显得尤为重要^[1]。城市污水的资源化利用包括许多方面, 中水回用工程就是污水资源化的一种重要途径^[2]。

所谓“中水”^[3], 是指城市污水或生活污水经过处理后, 达到规定的水质标准, 可在一定范围内重复使用的非饮用水, 其水质介于清洁水(上水)与污水(下水)之间。中水虽不能饮用, 但它可以用于一些对水质要求不高的场合, 如冲洗厕所、冲洗汽车、喷洒道路、绿化等。

一般来讲, 中水水源可以分为三类^[4]: (1) 优质杂排水: 包括冷却排水、洗脸、洗手、盥洗排水、洗衣、沐浴排水等污染浓度低的排水。(2) 杂排水: 粪便污水以外的冷却排水、盥洗排水、洗衣、沐浴排水及厨房排水。(3) 生活污水: 冲洗粪便和杂排水合流的污水。

目前, 中水主要回用于^[5]: (1) 市政用水: 如园林绿化、喷洒道路、水景、补充公园湖泊以及消防用水。(2) 杂用水: 用来冲洗汽车、冲洗厕所、建筑施工用水。(3) 其他用水: 如中水水量很大、中水水质能满足各种使用要求的话, 还可以用来补充农田灌溉用水、工业低质用水如工业间接冷却水。

中水回用在国外早已应用于实践^[6]。美国、

以色列、日本等国, 厕所冲洗、园林灌溉、道路保洁、城市喷泉等用水, 都大量使用中水。尤其是日本, 自 20 世纪 60 年代起就开始使用中水, 至今已有 30 多年的历史, 较大的办公楼或者公寓大厦都有就地废水处理设施, 主要作厕所冲洗。日本东京市和福冈市都有规定: 新建筑面积在 30000m² 以上, 或可回用水量在 100m³/d 以上, 都必须建造中水回用设施。

我国是水资源短缺的国家之一。多年来, 我国许多严重缺水的大城市如北京、天津、深圳、大连、青岛、太原等都先后建立了中水工程设施, 取得了可观的经济社会环境效益^[6]。例如, 从 1984 年起, 北京市环境保护研究所和北京市政设计院先后在机关大院和住宅小区开展了建筑中水回用的设施研究。截止到目前为止, 北京已有 20 多座建筑中水回用设施在运转。天津市“七五”期间已对城市污水回用的政策、方案、技术、经济等作了大量研究工作, 并制定了相应的实施计划。随着我国经济的发展和人们生活水平的提高, 水的短缺问题必将越来越凸现, 实施中水回用也必将更有广泛的现实意义。

2 中水回用技术

2.1 中水回用常规处理工艺^[4, 5, 7, 8]

中水回用技术包括生物法和物化法。目前, 中水回用常规处理工艺中, 常见的生物处理方法有生物接触氧化法、活性污泥法等; 常用的物化处理方法有混凝沉淀、过滤、活性炭吸附、消毒

* 作者简介: 黄明祝(1972—), 男, 江苏淮安人, 在读硕士, 研究方向为水污染控制工程。

(紫外、氯气、臭氧或二氧化氯等)等方法。通常,中水回用需将多种污水处理技术合理组合,即各种水处理方法结合起来深度处理污水,这是因为单一的某种水处理方法一般很难达到回用水水质的要求。

一般来讲,中水处理流程因原水水质的不同而可分为如下几种:

流程 1:以物化处理为主,适用于 I、II 类污水:原水→格栅→调节池→混凝处理或气浮→过滤→消毒→中水;

流程 2:生化处理为主。适用于 I、II 类污水:原水→格栅→调节池→一段生物处理→沉淀→过滤→消毒→中水;

流程 3:二段生化处理。适用于 II、III 类污水:原水→格栅→调节池→一段生物处理→沉淀→二段生物处理→沉淀→过滤→消毒→中水;

流程 4:物化+生化处理。适用于 III、II 类污水:原水→格栅→调节池→混凝或气浮→沉淀→生物处理→沉淀→过滤→消毒→中水。

在实际应用中,需根据原水水质的情况选择合适的处理工艺路线,设计经济合理的中水回用处理系统。

2.2 中水回用新工艺

2.2.1 MBR 工艺^[9~11]

膜——生物反应器工艺(MBR, Membrane Biological Reactor)是将生物处理与膜分离技术相结合而成的一种高效污水处理新工艺,近年来已经被逐步应用于城市污水和工业废水的处理,在中水回用处理中也得到了越来越广泛的应用。其优点是出水水质良好,不会产生卫生问题,感官性状佳,同时处理流程简单、占地少、运行稳定、易于管理且适应性强。

由于 MBR 工艺具备的独特优势,自 20 世纪 80 年代以来在日本等国得到了广泛应用。目前,日本已有近 100 处高楼的中水回用系统采用 MBR 处理工艺。在我国,应用此技术进行废水资源化的研究始于 1993 年,目前在中水回用的研究领域取得了阶段性研究成果。

日本某公司对 MBR 工艺的污水处理效果进行了全面研究,结果表明活性污泥——平板膜组合工艺不仅可以高效去除 BOD₅ 和 COD_{Cr},且出水中不含细菌,可直接作为中水回用。表 1 为日本某大楼的活性污泥——平板膜 MBR 组合工艺的设计参数。

表 1 日本某活性污泥——平板膜 MBR 组合工艺的设计参数

项目	设计参数	项目	设计参数
膜材质	聚丙烯腈	MLSS/mg·L ⁻¹	6000~10000
截留分子量	20000	HRT/h	1.5
操作压力/MPa	1.96~2.94	负荷/kg·(kg·d) ⁻¹	0.2~0.3
膜面流速/m·s ⁻¹	2~2.5	BOD ₅ 去除率/%	95~99

2.2.2 CASS 工艺^[12]

CASS (Cyclic Activated Sludge System) 是在 SBR 的基础上发展起来的,即在 SBR 的进水端增加了一个生物选择器,实现了连续进水,间歇排水。生物选择器的设置,可以有效地抑制丝状菌的生长和繁殖,克服污泥膨胀,提高系统的运行稳定性。CASS 工艺对污染物质降解是一个时间上的推流过程,集反应、沉淀、排水于一体,是一个好氧——缺氧——厌氧交替运行的过程,具有一定的脱氮除磷效果。与传统的活性污泥法相比,CASS 工艺具有建设费用低,运行费用省,有机物去除率高、出水水质好,管理简单、运行可靠,污泥产量低、性质稳定等优点。

CASS 工艺的设计参数包括:污泥负荷 0.1~0.2kgBOD₅/(kgMLSSd),污泥龄 15~30d,水

力停留时间 12h,工作周期 4h,其中曝气 2.5h,沉淀 0.75h,排水 0.5~0.75h。

已有研究和工程实例表明,采用 CASS 工艺处理的中水水质稳定,优于一般传统生物处理工艺,其出水接近我国规定的相应标准。在高浓度污水的处理回用中其优越性愈加明显。

在多个工程应用基础上推出的 CASS+膜过滤工艺,已经应用于装备指挥学院污水处理及回用(2000m³/d)、总参某部污水处理及回用(3000m³/d)和中华人民共和国济南海关污水处理及回用(100m³/d)等工程,取得了良好的社会效益和经济效益,为污水处理和回用提供了新的工艺。

3 中水回用中存在的问题

中水回用不失为解决“水危机”的一种技术良策。但随着中水工程的建成使用,特别是人们

环境安全意识的日益提高,人们对中水水质的安全性不禁产生了担忧:使用中水对所涉及的环境(或对人体)有无危害?

中水作为回用水不管作何种用途,必须保证在任何情况下,均能绝对满足该用途的水质标准和水质要求。不同国家都根据其技术经济条件制定了相应的中水水质标准。我国也不例外,如《建筑中水设计规范》(CECS30-91)、《生活杂用水水质标准》(CJ25.1-89)等,对中水的回用都做出了一定的规范。

尽管如此,笔者认为以下几点值得思考和研究

(1) 标准的适用性与适宜性。任何标准都是历史的产物,需要根据环境科学的发展和人们认识的提高而及时地加以修订。特别是随着环境毒理学的发展,毒性测试技术在污水处理厂出水的毒性评价中的运用越来越广泛^[13],人们对回用水的环境毒性的认识必将进一步深入,为我们制定更加合理的回用水标准提供了科学的依据。

(2) 为了实现中水的安全回用,需改造城市废水收集体制,即实现工业废水与生活污水的分离,降低中水中重金属离子和有毒物质的含量,以保证生态安全性。

(3) 由于中水的水质不如自来水水质好,中水利用系统中管线和用水器面临遭受腐蚀和结垢的危险,因此在中水利用中必须在处理构筑物的普通钢表面涂以防腐剂,以保证设施不被腐蚀;或采用不易被输水腐蚀的材料。

4 结语

在水资源日益短缺的今天,中水回用势在必行,具有重大的经济效益、社会效益和环境效益。在实际工作中,需根据原水水质的情况选择合适的处理工艺路线,设计经济合理的中水回用处理

系统。而加强科技攻关开发中水回用新工艺,对中水回用工程的推广则具有重要意义。MBR 工艺和 CASS 工艺因其独特的优点正受到越来越广泛的关注,在中水回用领域的应用具有光明的前景。在中水回用过程中,我们还须严格控制中水水质,加强中水的生态安全性研究,切实保证生态安全和人民的身体健康。

参考文献:

[1] 马有江. 节约用水是长期的、必要的方针. 给水排水, 1998, 24(3): 26~ 29.

[2] 籍国东. 我国污水资源化的现状分析与对策探讨. 环境科学进展, 1999, 7(5): 85~ 95.

[3] 钱茜, 王玉秋. 我国中水回用现状及对策. 再生资源研究, 2003, (1): 27~ 30.

[4] 张丹. 住宅小区的污水回用(下). 城市公用事业, 2001, 15(3): 23~ 25.

[5] 张丹. 住宅小区的污水回用(上). 城市公用事业, 2001, 15(1): 25~ 26.

[6] 沈光范. 要积极稳妥地开展中水回用工作. 中国环保产业, 2001, (1): 21~ 22.

[7] 吴瀚, 吴昊. 变频调速自动加药设备在微絮凝-过滤工艺中的应用. 工业水处理, 2003, 23(3): 57~ 59.

[8] 杜茂安, 丁玉海. 洗浴废水回用处理的水质控制研究. 哈尔滨建筑大学学报, 2002, 35(5): 52~ 54.

[9] 樊耀波, 王菊思. 水与废水处理中的膜生物反应器技术. 环境科学, 1995, 16(5): 79~ 81.

[10] 刘锐, 黄霞. 一体式膜——生物反应器处理生活污水的中试研究. 给水排水, 1999, 25(1): 1~ 4.

[11] 张军. MBR 在污水处理与回用工艺中的应用. 环境工程, 2001, 19(5): 9~ 11.

[12] 张统. CASS 工艺处理小区污水及中水回用. 给水排水, 2001, 27(7): 64~ 66.

[13] 程静. 毒性鉴别评价方法对城镇污水处理厂去除水中有毒物质的分析实例. 环境化学, 2001, 20(5): 490~ 496.

Introduction and prospect of wastewater renovation

HUANG- Mingzhu, ZHOU Qi, LI- Yongmei

(School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai, 200092, China)

Abstract: This paper summarizes the development and prospect of wastewater renovation, and the main technologies used in this field, during which MBR and CASS are regarded as the promising ones for their particular advantages. Furthermore, some problems worthy of consideration in wastewater renovation have also been raised, and the research of eco- toxicology is taken as the most important aspect in these considerations.

Key words: Wastewater renovation; MBR; CASS; Eco- toxicology