

城市污水再生利用^{*}

叶 雯, 刘美南

(中山大学城市与资源规划系, 广东 广州510275)

摘要: 分析了国内外城市污水再生利用的情况, 介绍了目前先进的污水再生利用方法及工艺, 并提出了符合中国国情的污水再生利用对策。

关键词: 水资源; 城市污水; 污水再生利用

中图分类号: X52; X576 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2002) 05-0095-03

1 城市污水再生利用的必要性

水资源本身就具有可再生的特性。而城市污水是水量稳定, 供给可靠的一种潜在的水资源。因此, 城市污水的再生利用是开源节流、减轻水体污染、改善生态环境、解决城市缺水的有效途径之一。

1.1 污水再生利用能缓解水资源紧缺的现状

目前中国有400多个城市缺水, 正常年份缺水60亿 m^3 , 日缺水量达1600万 m^3 。预计2030年缺水量将达到400亿~500亿 m^3 。而目前全国城市污水年排放量大约在414亿 m^3 , 但城市污水处理率和二级处理率分别仅达到30%和15%, 污水回用率的比例更低。根据“十五”计划纲要的要求, 到2005年, 中国城市污水集中处理率要达到45%。如果污水回用率平均达到20%, “十五”末期年污水回用量可达到40亿 m^3 , 可解决全国城市缺水量的一半以上。可见, 中国污水处理与回用的潜力是巨大的。

1.2 污水再生利用可以改善水环境

目前, 全国7大江河流域, 有50%的河段被不同程度的污染^[1]。江苏、广东、上海等一大批省市已经面临日益严重的“水质污染型”缺水。太湖流域曾是中国水资源最丰富的区域之一, 但随着经济和社会的不断发展, 节水和治污措施的相对滞后, 近20年来全流域河网水质污染不断加剧, 水体环境日趋恶化, 出现了3000多万人口守着2300多 km^2 的太湖而“水多用难”的尴尬局面。广东向来以雨量充沛著称, 但在经济发达的珠三角地区却形成了“经济发展—水体污染—水质下降”的恶性循环。污水的再生利用, 可以使大量污水经过处理

被重复投入使用, 减少向环境的排放量, 而且处理后的污水污染物含量、浓度已大大降低, 污染能力大幅下降, 从而达到改善水环境的目的。

1.3 污水再生利用产生巨大的经济、社会和生态效益

污水再生利用产生的经济、社会和生态效益主要体现在: 降低给水处理和供水费用; 减少城市污水排放及相应的排水工程投资与运行费用; 改善生态与社会经济环境, 促进工业、旅游业、水产养殖业、农林牧业的发展; 改善生存环境, 促进和保障人体健康, 减少疾病特别是致癌、致畸、致基因突变危害; 增加可供水量, 促进经济发展及避免缺水造成的损失等。

2 国外城市污水的再生利用情况

世界上许多国家都把水的重复利用和污水资源化作为第二水源。如美国早在1950年就利用模型进行了污水深度处理试验研究, 其成果用于加利福尼亚的南塔湖污水处理厂。目前, 美国城市污水62%的再生水用于农业灌溉, 30%用于工业, 其余用于城市设施和地下水回灌。如马里兰州巴尔的摩市的伯利恒钢铁厂回用城市污水作为冷却水, 佛罗里达州圣彼得堡城市污水通过净化进入双管布水系统, 供住宅、办公、绿化、空调冷却水和消防用水^[1]。以色列是众所周知的水资源极度贫乏的国家, 其全部的生活污水和72%的城市污水得到了回用。处理后的污水用于农灌、地下水回灌、工业及市政建设等。污水资源不仅使以色列实现了全国粮食自给, 而且还向欧洲出口棉花和花生^[2]。而在日本则普遍采用双管供水系统。双管系统之一为饮用水系统, 另一即为“中水道”系统。中水道再生

* 收稿日期: 2002-04-01

作者简介: 叶雯(1978年生), 女, 研究生; 通讯联系人: 刘美南; E-mail: lmn@zsu.edu.cn

水一般用于冲洗厕所, 其次为浇灌城市绿地, 河流补给水及消防用水等所占比重也较大。

3 中国城市污水再生利用的发展

虽然中国早在 20 世纪 50 年代就开始采用污水灌溉的方式回用污水。但是真正将污水深度处理后回用于城市生活和工业生产是近 20 年来才发展起来的。1990 年将“污水净化与资源化技术研究”作为“八五”国家科技攻关计划, 组织了城市污水资源化和土地处理与稳定塘系统的科技攻关, 部分研究成果已经应用于天津纪庄子污水处理厂改造工程中。太原市将深度处理后的污水回用于太原钢铁工业的冷却水。大庆乘风庄污水处理厂的二级处理水经深度处理后直接注入地下, 作为石油开采用水。1982 年青岛就将中水回用作为市政及其他杂用水, 一定程度上缓解了水资源短缺问题。天津市的引滦入津工程代价高昂, 每立方米水的基建投资高达 500 元, 而纪庄子污水处理厂建成投产后, 将净化后的二级处理水回用, 其基建费用比引滦工程低, 水价也比引滦水便宜^[3]。实践证明, 在中国开展污水再生利用的研究和应用是符合我国国情的, 是必要而且经济上可行的。

4 城市污水再生利用技术

污水再生利用的关键是污水处理技术。目前常规的污水处理工艺是在生化处理后增加过滤、吸附、混凝沉淀及消毒等后续处理工艺。随着水处理技术的发展, 新兴工艺不断涌现。常规污水处理工艺的强化、组合及高效、低能耗处理技术成为城市污水再生利用技术的主流。

4.1 膜生物反应器技术 (MBR)

以生物反应器和膜分离有机结合为核心的膜生物反应器技术是 20 世纪末发展起来的水处理高新技术。它用膜分离系统代替了传统的活性污泥法中的二沉池, 既利用了膜分离的选择透过性和高效性, 又利用了生物处理的有效性及彻底性, 从而将水中的有害物质最大程度地去除, 处理后的污水水质清澈, 有机物含量极低, 符合建设部《生活杂用水水质标准》, 可直接回用。MBR 工艺由于具有节省基建投资和占地, 能耗小, 污水在处理设备中停留时间短、COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率高、出水水质好等优点而备受关注。如北京长安街的 200 座公厕及医院、生活小区的回水使用都安装了 MBR 装置, 实践证明处理效果稳定。

4.2 湿地系统

湿地系统是利用植物根系的吸收和微生物的作

用, 经过多层过滤, 达到降解污染, 净化水质的目的。湿地系统包括天然和人工构建的、地表渗流的和地下渗滤的、有植物体系的和无植物体系的等多种形式, 规模可大可小。虽然湿地系统存在水力负荷不高, 处理能力较低, 占地面积大, 湿地植物生长受季节限制等问题, 然而它具有其他水处理工艺不可比拟的优点, 如系统采用人工建造, 可以不受场地限制, 而且不会因为渗漏而污染地下水环境; 渗滤介质采用不同的人工材料回填, 可以根据不同的污水水质调整设计参数; 系统若采用地下渗滤运作方式, 地表可与居民区绿化建设相结合; 处理效果良好, 尤其是 COD、BOD、SS 和病原微生物的去除率可达到 90% 以上; 投资少, 运行管理方便, 操作简单, 系统本身无需额外动力。因此可以大范围推广湿地系统处理技术, 尤其是众多中小城镇, 其污水水量小, 成分简单, 城市周围可用于建湿地系统的土地资源丰富, 地价相对便宜, 很适宜利用湿地系统进行污水处理^[4]。如中山大学规划设计研究院利用人工湿地对广州市沙河镇龙洞村生活污水进行净化处理。该人工湿地系统采用多条人工湿地和多级潜流结构, 处理能力为 $250\sim 300\text{ m}^3/\text{d}$ 。污水从砾石层下面流过, 可防止蚊虫滋生, 减轻污水臭气对周围空气的影响。湿地植物选择美人蕉、风车草及香根草等。经过一段时间的运行, 湿地系统处理效果趋于稳定, 出水水质达《广州市污水排放标准》二级标准要求。

4.3 BFO 技术

中山大学的环境科学研究人员将生物接触氧化法和网络絮凝技术结合在一起, 研究出具有先进水平的 BFO 技术, 其对城市生活污水中的有机污染物、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 P 有很好的去除效果, 出水水质可达 GB8978-1996 的一级排放标准, 耐冲击能力强, 污水停留时间短, 占地少, 投资省, 运行费用低, 而且污泥易于脱水, 可制成陶粒砖重复利用, 因此可在全国范围内推广使用。

5 中国城市污水再生利用对策分析

5.1 推广强化一级处理

目前中国已建成和拟建的污水处理厂多为二级污水处理厂。二级处理虽然出水水质好, 但投资和运转费用高, 给地方财政造成负担。特别是近年来中小城镇迅速发展, 污水排放量激增, 却因资金缺乏而无法建设二级处理厂或已建二级处理厂缺乏运行费来源而无法正常运转。因此, 在水体污染严重和资金相对缺乏的情况下, 应利用有限的经费先建设强化一级处理厂, 以较低费用最大限度削减污染物总

量,在相对短的时间内使水体污染状况得到有效控制,待条件允许时再续建二级处理设施。研究结果表明,采用强化一级处理,污水中COD去除率可达50~80%,而处理成本仅为二级处理的1/5~1/3,既能有效地削减污染物总量,又节约了治理资金,在现阶段是十分符合我国国情的。另外,经强化一级处理后的污水再进行二级处理时,停留时间可大大缩短,能耗减少,出水水质提高。

5.2 实行分质供水,建立合理的水价体系

在中国,优质的自来水水价低,而质量相对较差的再生水由于净化成本高,价格也较自来水高,导致一方面城市严重缺水,而再生水无人问津的尴尬局面,另一方面城市污水处理厂没有效益,加重了地方的财政负担。因此,国家必须建立合理的用水价格体系以及污水处理与再生利用价格体系,制定供水、污水处理和再生利用的成本核定导则或办法,科学合理地核定成本,改变水价过低的不利影响和由此造成的不合理局面,引导用水单位积极利用再生水资源。实行“分质供水,按质定价”,将各种水源的供水价格差距拉开,尤其是再生水与自来水之间应有较大的价差,使水资源的利用趋向结构合理。

5.3 完善城市污水再生利用的法规和政策

城市污水再生利用在中国的发展历史并不长,城市污水再生利用的法规和政策还有待完善。随着中国城市的发展,新建的住宅区和公共建筑区逐渐增多,市政建设不断完善,各级政府在编制各项市政专业规划时,必须同时编制污水再生回用规划;

污水再生回用工程与其他工程必须“三同时”;编制城市道路市政管线规划时,必须预留再生水管道的位臵,有条件的路段应预埋再生水管;制订鼓励城市污水再生利用工程建设与运营的管理政策和经济政策,采取行之有效的鼓励政策和行政管理手段,促进工、农业生产部门和市政用水部门积极使用再生水。

5.4 城市污水再生利用市场化

污水回用既是公益事业,又是回报率较高的事业。而目前中国污水处理设施投资和运营的市场化程度低,融资渠道不畅,投资主体局限于政府,管理运营也由政府操作。这样的政企不分、政事不分使企业缺乏活力,投资效益低下,严重阻碍了污水再生利用市场的发育。建议国家成立污水回用投资咨询公司,帮助各地解决资金困难和技术问题。改变传统的政府主导下的企业运作方式,引入新的运作模式——BOT模式,即“投资—经营—转交”,使企业和政府都能获得最大利益,实现“双赢”。

参考文献:

- [1] 余英姿,况明杰.污水资源化是缓解水资源危机的一条重要途径[J].新疆环境保护,2001,23(3):34-36.
- [2] 张忠祥,钱易.城市可持续发展与水污染防治对策[M].北京:中国建筑工业出版社,1998:55.
- [3] 邬扬善.城市污水处理——投资与决策[M].北京:中国环境科学出版社,1992:39.
- [4] 国家环境保护局科技标准司.城市污水土地处理技术指南[M].北京:中国环境科学出版社,1997:1-8.

About the Reuse of Urban Waste Water

YE Wen, LIU Mei nan

(Department of Urban and Resources Planning,

Sun Yat sen(Zhongshan) University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Urban waste water reuse can create satisfactory benefits in society, economy and environment. The situation of urban waste water reuse in China and other countries, the latest methods and technology of waste water reuse are reviewed and analysed. Finally, the authors put forward some countermeasures in accordance with China's situation.

Key words: water resource; urban waste water; waste water reuse