

节水与回用

城市污水再生全流程概念与方案优选

郭 晓, 丛广治, 张 杰

(哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘 要: 城市污水再生系统是一个复杂的水质净化系统, 只有综合考虑有机物、氨氮、磷、悬浮物等污染物的去除, 方能做到总体上技术先进、经济合理, 为此应避免污水处理与深度净化分别设计的传统做法。利用现有的成熟技术组合了多种污水再生工艺流程, 在此基础上提出了污水再生全流程的概念并给出了优选方案。

关键词: 城市污水; 再生; 全流程; 优选

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2005)09-0089-03

Complete Flow Scheme Concept and Plan Optimization for Reclamation of Urban Wastewater

GUO Xiao, CONG Guang-zhi, ZHANG Jie

(School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: Urban wastewater reclamation system is a complex engineering system for water purification. The technically advanced and economically reasonable process can only be achieved by giving overall consideration to the removal of organic matters, ammonia nitrogen, phosphorus, and suspended substances. Therefore, the conventional practice shall be avoided, in which wastewater treatment and advanced purification are designed separately. The existing sophisticated technology is used for combining several wastewater reclamation flow schemes. On this basis, the concept of complete flow scheme for wastewater reclamation is proposed, and the optimized plan is provided.

Key words: urban wastewater; reclamation; complete flow scheme; optimization

在污水再生回用中, 习惯上把污水处理和深度净化分为两个系统, 这在技术及经济上都不尽合理。为此, 笔者提出了污水再生全流程的概念, 即通过统筹安排各工序的任务和出水水质, 有针对性地开发相应的高效净化单元来组合经济合理、系统优化的污水再生流程。

1 污水再生全流程

流程 1

流程 1 如图 1 所示。

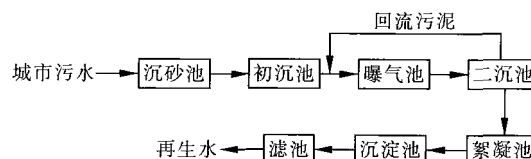


图 1 污水再生全流程 1

Fig 1 Schematic diagram of No. 1 wastewater reuse process

在该流程中二级处理采用普通活性污泥法, 深度净化选用混凝—沉淀—过滤工艺。我国的第一座再生水厂——大连春柳河污水处理厂采用的就是这

个流程。由于各单元净化构筑物运行经验成熟,其出水水质稳定, BOD_5 、SS、TP 等都达到了工业冷却水、城市杂用水、绿化用水的水质要求,但是氮去除有限(出水 TN 高达 $30 \sim 50 \text{ mg/L}$),使得再生水的应用受到一定的限制。经长年检测发现,当再生水用于工厂循环冷却水系统补水时,冷却水循环系统中并没有发生氨氮和总氮浓度升高的现象,运转十多年以来,冷却循环水水质一直稳定,满足生产要求。这是因为冷却塔起到了硝化和脱氮的作用,冷却塔的填料表面长有生物膜,而循环冷却水温度为 $30 \sim 35$,溶解氧又充足,为硝化与反硝化创造了良好条件。

流程 2

流程 2 如图 2 所示。

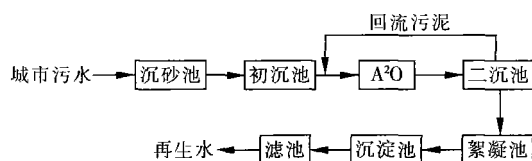


图 2 污水再生全流程 2

Fig 2 Schematic diagram of No. 2 wastewater reuse process

为了降低再生水中营养物质的含量,二级处理工艺采用了 A^2O ,用于同时去除污水中的氮和磷。由于硝化与除磷过程在活性污泥负荷上是矛盾的,反硝化与除磷在有机基质上也有争夺,所以该系统往往是除磷效果好,脱氮效果差;反之,脱氮效果好,除磷效果就差。两者兼顾时运行参数范围狭小,难以操作。为此,在深度净化工艺中保留了混凝—沉淀除磷过程,同时也有很好的除浊效果。

流程 3

流程 3 如图 3 所示。

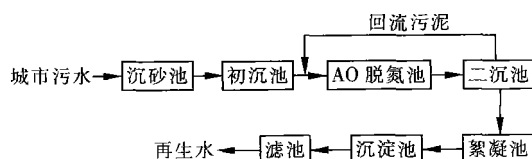


图 3 污水再生全流程 3

Fig 3 Schematic diagram of No. 3 wastewater reuse process

为彻底解决脱氮与除磷的矛盾,二级处理采用了 AO (缺氧—好氧) 工艺,而磷则在深度净化中用混凝—沉淀法去除。

流程 4

流程 4 如图 4 所示。

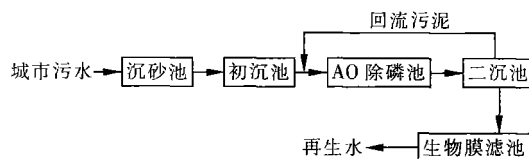


图 4 污水再生全流程 4

Fig 4 Schematic diagram of No. 4 wastewater reuse process

它采用了厌氧—好氧活性污泥除磷工艺和生物膜过滤技术,由于厌氧段的存在,不仅抑制了丝状菌繁殖,避免了污泥膨胀,也使运行更稳定。生物膜滤池集物化与生化效应于一身,在去除二级出水中悬浮物的同时,也氧化分解了其中残存的难降解有机物。与前几个流程相比该流程的出水水质更好(水质改善率为 30% 左右)。

方案 1~4 的各工段在全流程上的任务及要达到的目标水质见表 1。

表 1 各工段的任务及目标水质

Tab 1 Tasks and goals of wastewater quality in each unit of wastewater reuse process

项目	二级处理		深度净化	
	任务	目标水质 / $(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	任务	目标水质 / $(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$
流程 1	去除有机物	$BOD_5 \leq 20$ $COD \leq 60$ $SS \leq 20$	去除悬浮物和磷	$BOD_5 \leq 10$ $SS \leq 5$ $COD \leq 50$ $TP \leq 1$
流程 2	去除有机物、脱氮、除磷	$BOD_5 \leq 20$ $COD \leq 60$ $SS \leq 20$ $TP \leq 2$ $TN \leq 10$	去除悬浮物和磷	$BOD_5 \leq 10$ $SS \leq 5$ $COD \leq 50$ $TN \leq 10$ $TP \leq 1$
流程 3	去除有机物和脱氮	$BOD_5 \leq 20$ $SS \leq 20$ $TN \leq 10$	去除悬浮物和磷	$BOD_5 \leq 10$ $SS \leq 5$ $COD \leq 50$ $TN \leq 10$ $TP \leq 1$
流程 4	去除有机物、除磷	$BOD_5 \leq 10$ $SS \leq 20$ $TP \leq 1$	去除悬浮物、残存 COD 及脱氮	$BOD_5 \leq 5$ $COD \leq 40$ $SS \leq 2$ $TN \leq 10$ $TP \leq 1$

2 技术经济分析

2.1 投资及运行费用

电价: $1.2 \text{ 元} / (\text{kW} \cdot \text{h})$; 职工定员为 60 人,平均工资为 2 000 元/月;工程寿命取 25 年;检修费用

占投资的比例为 1.2%;再生水厂的再生水量按 $3\,500 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 计。参考相关定额得工程投资及运营费用见表 2。

表 2 投资及运营费用

Tab 2 Investment and operating cost 10^4 yuan

项目	工程总投资 (a)	年运营费用 (b)	a + 10b
流程 1	17 955.86	7 395.44	90 910.26
流程 2	21 657.74	8 479.61	106 453.84
流程 3	20 263.88	8 466.74	104 931.28
流程 4	17 585.36	7 628.71	93 872.46

2.2 方案优选

再生水水质

由表 1 可知,在去除 BOD_5 、 COD 、 SS 方面流程 4 优于流程 1、2、3;流程 1 只能除磷而不能脱氮,再生水总氮仍高达 30 mg/L ,而流程 2、3、4 都能进行脱氮和除磷 ($\text{TN} \leq 10 \text{ mg/L}$, $\text{TP} \leq 1 \text{ mg/L}$)。可见,流程 4 的出水水质优于流程 1、2、3。

经济性

a 静态综合指标

习惯上以工程总投资加 10 年运行维护费用来评价方案的经济性,由表 2 可知流程 4 的 10 年静态综合经济指标较流程 2、3 节省约 1 亿元,而与流程 1 相当。

b 动态综合经济指标

采用最小年值法评价方案的合理性,即将基建投资折现于工程寿命内的各年,综合考虑基建费用、经营费用后计算年均投入资本水平,最小者为经济合理方案。结果见表 3。

表 3 动态综合经济指标比较

Tab 3 Comparison on dynamic synthetic economic indexes

项目	等效多次支付 投资因子	年均投资 /万元	年均成本 /万元
流程 1	0.064 012	1 151.27	8 546.71
流程 2	0.064 012	1 385.92	9 865.53
流程 3	0.064 012	1 297.08	9 763.82
流程 4	0.064 012	1 125.65	8 754.36

由表 3 可知,流程 4 的动态年均费用比流程 2、3 少 1 000 万元,与流程 1 的相当。

综上所述,厌氧—好氧活性污泥法/生物膜过滤工艺较佳,不仅出水水质好,而且基建及运行费用低。

3 结论

污水再生回用应从污水处理的全过程考虑,统筹分配各单元的有机负荷和营养物去除负荷,做到总体上技术可行、经济合理。

AO 除磷/生物膜过滤工艺出水水质好,基建投资与经营费用均较低,应为各地再生水厂的首选方案。

参考文献:

- [1] 张杰,张富国,王国瑛. 提高城市污水再生水质研究[J]. 中国给水排水,1997,13(3): 19 - 21.
- [2] 丛广治,白宇,张杰,等. 生物膜过滤技术处理污水厂二级出水[J]. 中国给水排水,2002,18(12): 48 - 50.

E-mail: xiao guo@126.com

收稿日期: 2005 - 04 - 20

· 工程信息 ·

太原经济技术开发区自来水供给工程

工程内容:建设 $1.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 中转调节加压净水厂一座,500 ~ 600 m 供水深井三眼,配套的输配管线 50 km;投资总额:1 700 万元人民币;建设周期:2005 年—2006 年;进展阶段:立项;甲方:太原经济技术开发区管理委员会。

(钟 波)