

文章编号:1007-8924(2007)03-0071-04

超滤反渗透处理城市二级生活污水 处理厂出水中试研究

杨 琦^{1*}, 尚海涛¹, 席宏波¹, 王洪臣², 甘一萍²

(1. 中国地质大学 (北京) 水资源与环境学院, 北京 100083;
2. 北京城市排水集团有限责任公司, 北京 100022)

摘 要: 本实验采用超滤反渗透处理二级城市生活污水出水, 进行生活污水回用实验研究. 实验结果表明: 超滤反渗透对处理后出水的 COD, TP, TN, TDS, Cl^- 处理效率分别为 90%, 95%, 95%, 99%, 97% 以上. 超滤反渗透出水平达到能够完全满足《城市污水再生利用景观环境用水水质标准》(GB/T 18921—2002), 可以回用于景观用水. 除 N 的指标外可以满足地表水二类水质标准, 绝大部分指标满足饮用水水源标准.

关键词: 污水回用; 超滤; 反渗透

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** A

随着经济的快速发展、人口增多、城市工业化加快、人民生活水平提高和工业污染严重、水资源短缺, 用水量逐年增加. 特别是我国北方地区多属于干旱和半干旱地区, 污水回用成为我国专家学者研究焦点之一.

城市污水和工业废水是一种重要的潜在水资源, 目前我国正在大力提倡“废水资源化”. 而膜技术是污水回用关键技术. 由于传统污水处理出水中含有悬浮物、有机物、微生物和无机物, 超滤和反渗透组合工艺是解决污水回用理想技术, 主要用于城市

污水处理后达到中水标准回用, 自来水、地下水、地表水的净化, 大型反渗透系统的前级预处理. 本实验的目的是考察用超滤反渗透处理城市二级生活污水回用, 考察超滤反渗透对 COD, T-N, $\text{NH}_3\text{-N}$, T-P, Cl^- 处理效果.

1 实验方法和材料

1.1 实验工艺流程

工艺流程如图 1 所示. 本工艺的超滤处理作为反渗透系统的预处理系统.

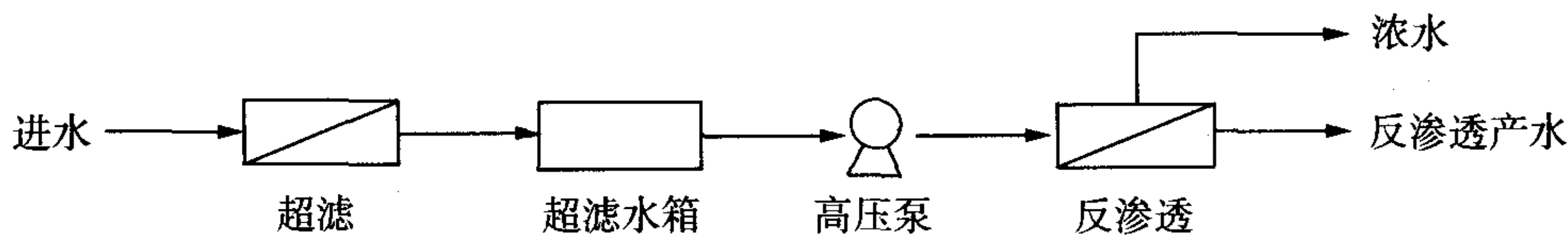


图 1 “超滤 + 反渗透”工艺流程

Fig. 1 Process diagram of “UF + RO”

1.2 实验设备简介

1) 超滤装置: 超滤作为反渗透的预处理.

超滤设备运行参数如下:

膜元件规格 $\Phi 200 \times 1500$; 有效膜面积: 46 m^2 ;

运行方式: 内压式; 运行压力: $0.05 \sim 0.15 \text{ MPa}$; 运行压差: $0.028 \sim 0.15 \text{ MPa}$; 反洗压力: $0.2 \sim 0.24 \text{ MPa}$; 水通量: $59 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$; 产水率: 75%; 膜孔径: $0.05 \mu\text{m}$.

收稿日期: 2005-10-10; 修改稿收到日期: 2006-04-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40102027, 50578151); 北京市自然科学基金资助项目(8052017)

作者简介: 杨 琦(1966-), 男, 山东人, 副教授, 从事水处理研究. * 通讯联系人(yq@cugb.edu.cn)

2) 反渗透装置:反渗透膜组件装置采用膜长度为 1.0 m,膜面积为约 7.9 m²,单根膜脱盐率为 99.5%.反渗透运行压力一般在 1.3~1.8 MPa;最大水通量:7.2 m³/d;最高操作压力:4.14 MPa;水通量:21.2 L/(m²·h);运行压差:1.2 MPa.

3) 阻垢剂加药装置:为了防止反渗透浓水端特别是反渗透压力容器中浓水侧出现化学结垢,从而影响膜元件的性能,在反渗透进水前需要加入阻垢剂.

4) 还原剂加药装置:反渗透设备要求进水的余氯小于 0.1 mg/L,加入亚硫酸钠还原剂以消除氧化性杀菌剂的有效成分,防止其对反渗透膜元件的损坏.

1.3 实验进水水质

该实验的原水为传统活性污泥法工艺污水厂的二沉池出水,其水质见表 1 所示.

表 1 原水水质表

Table 1 Quality of feed wastewater mg/L		
水质指标	月平均值	范围
BOD ₅	10.5	5~16.9
COD _{Cr}	39.5	37.6~82.7
TDS	456	394~506
Cl ⁻	97.3	86.6~105
pH	7.23	7.0~7.6
TP	1.96	1.8~5.9
TN	38.9	21~51
NH ₃ -N	29.8	30.4~37.8
SS	13.0	11~29

2 结果与讨论

2.1 工艺对 COD_{Cr} 去除效果分析

超滤膜、反渗透膜对 COD 的去除效果见图 2, 3.由图 2,3 可以看出,超滤膜对 COD_{Cr} 的去除效率较低,平均为 38.5%,最高为 67.2%,最低为 20%.

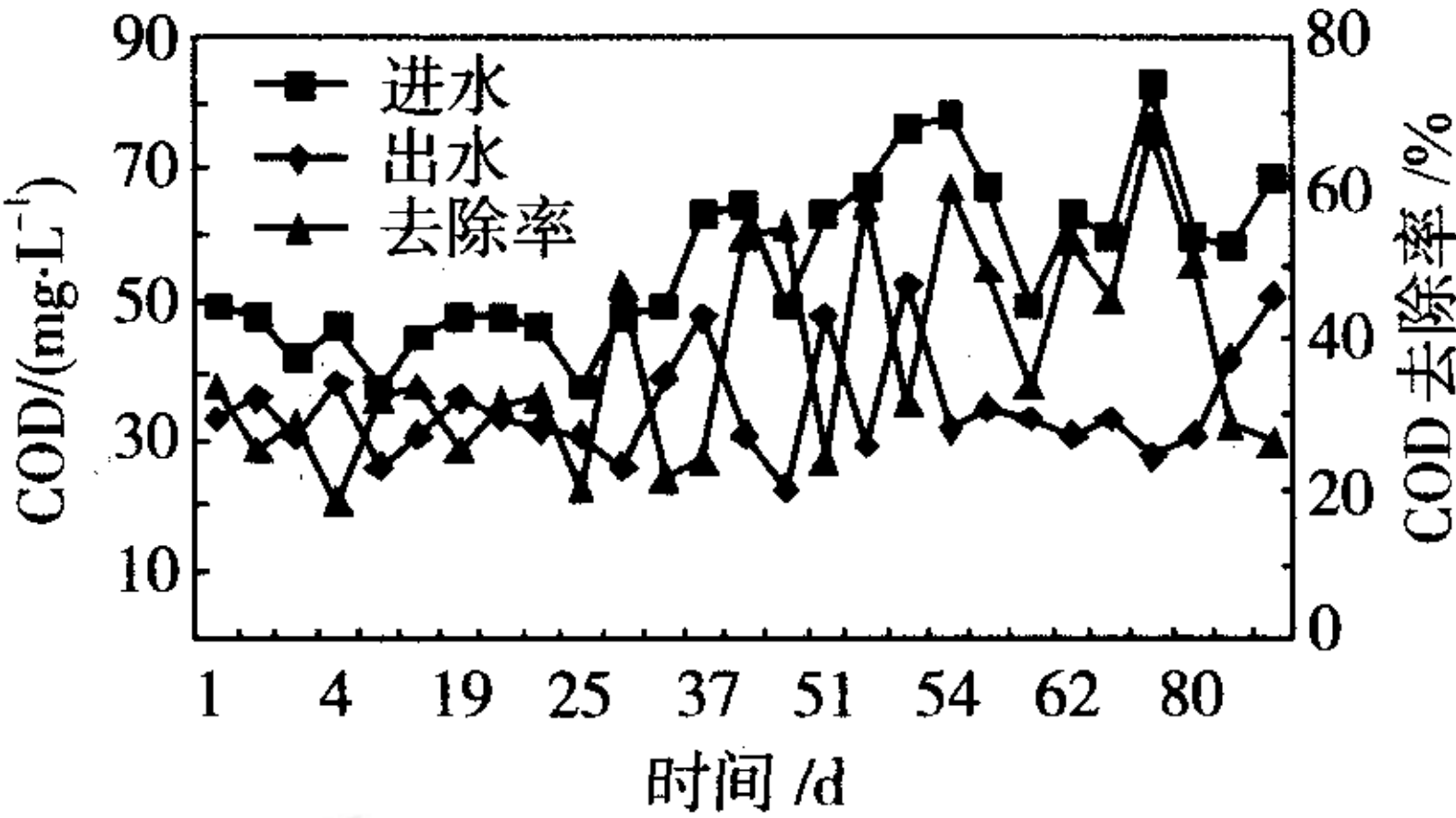


图 2 超滤对 COD 去除率随时间的变化关系
Fig.2 Removal efficiency of UF for COD

反渗透对 COD 的去除效率在 40%~60% 之间.影响超滤和反渗透去除效率主要与原水水质有关,若水中悬浮颗粒较多,则去除效率较高,因为水中颗粒较多时,能吸附一部分有机物,另外水中大颗粒有机物也可以通过膜去除.反渗透出水 COD_{Cr} 平均值在 2.9 mg/L,最高为 7.5 mg/L,大多数出水 COD 值测不出.超滤和反渗透对 COD 总去除效率维持在 90% 以上.

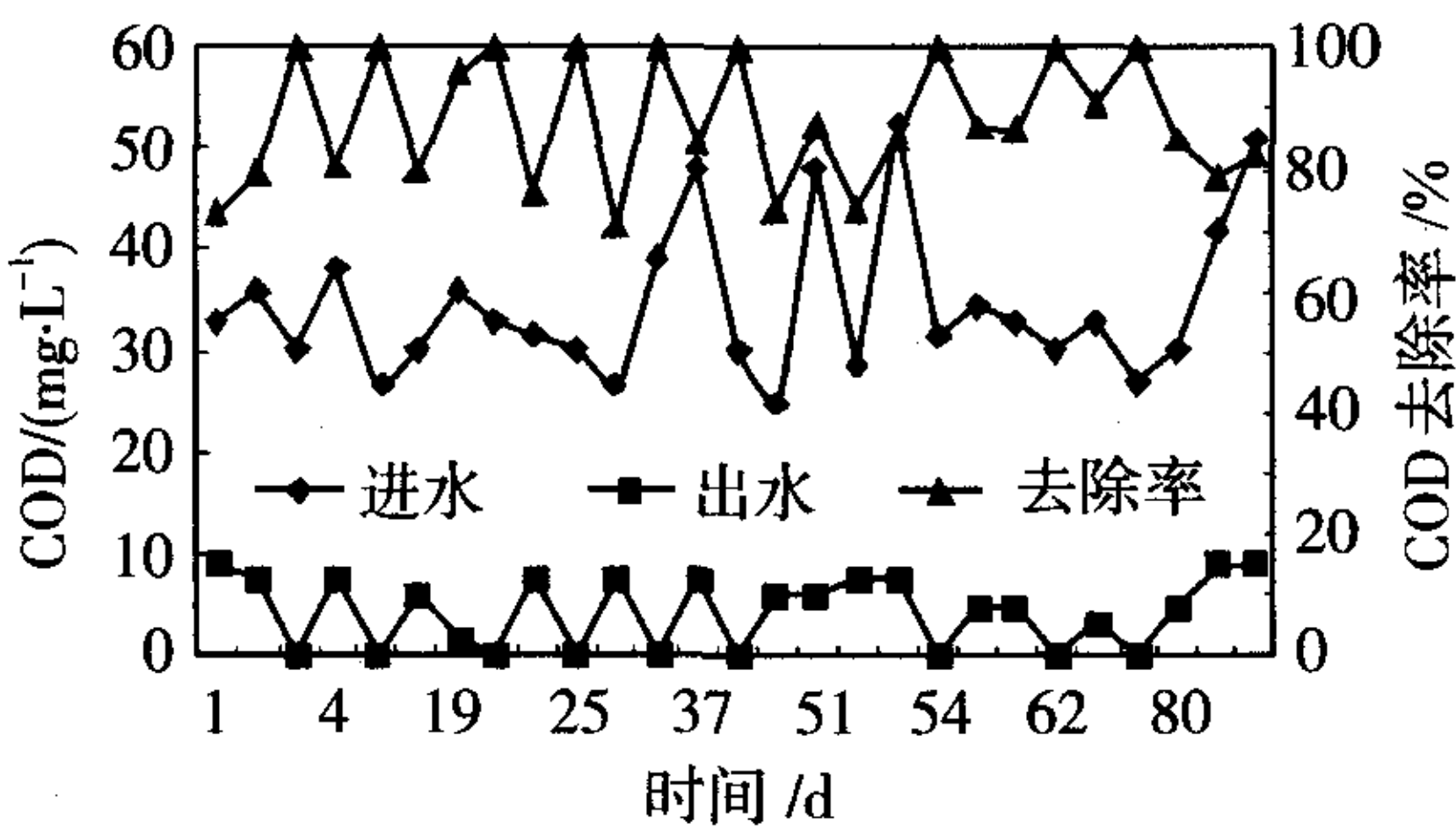


图 3 反渗透对 COD 去除率随时间的变化关系
Fig.3 Removal efficiency of RO for COD

2.2 工艺对 TN 和 NH₃-N 去除效果分析

TN 一般包括 NH₃-N、有机氮、NO₂-N 和 NO₃-N.在常规检测中没有检测 NO₂-N 和 NO₃-N 指标,因此工艺对 TN, NH₃-N 去除效果放在一起进行综合分析,从而理清 N 的去除过程.超滤对 TN 和 NH₃-N 几乎没有去除,该工艺对 TN, NH₃-N 的总去除效果见图 4,5 所示.

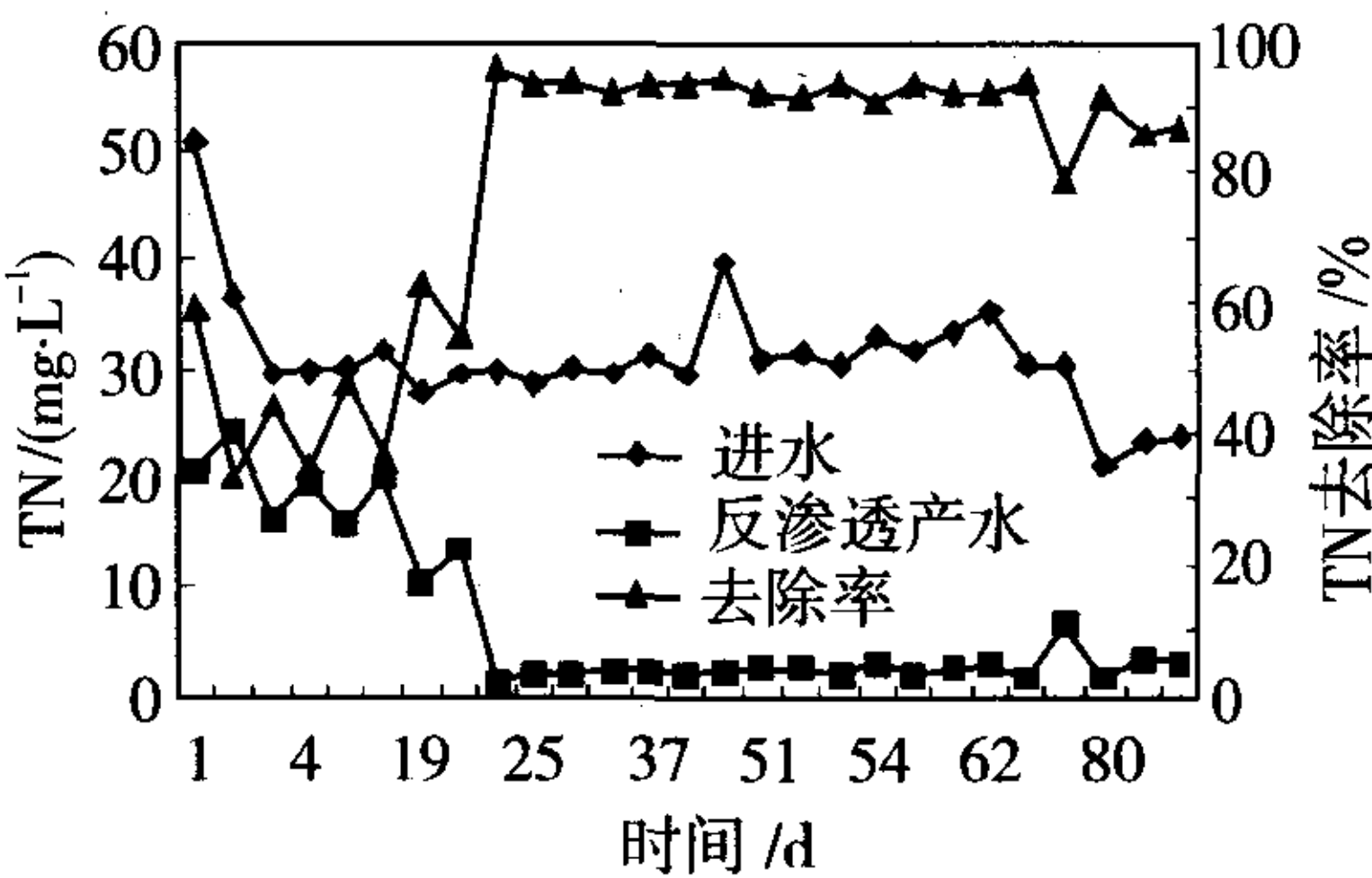
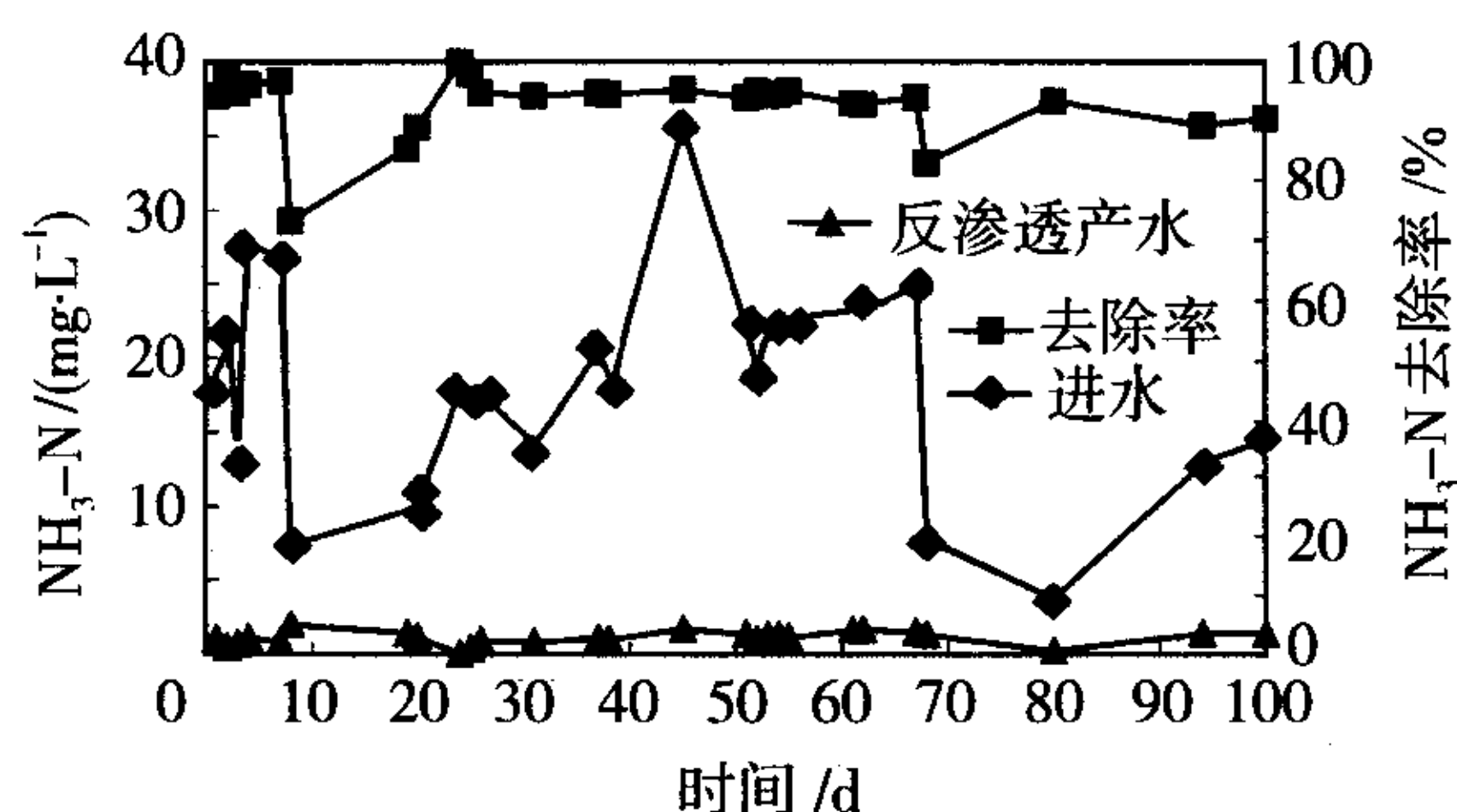


图 4 “超滤 + 反渗透”工艺对 TN 的去除效果
Fig.4 Removal efficiency of “UF + RO” for TN

对于这两个指标,进水曲线和超滤产水曲线基本重合,即超滤对 TN, NH₃-N 基本没有去除作用.反渗透对 TN, NH₃-N 的去除作用都比较明显;就 TN 而言,反渗透从第 25 天起效果明显好转且非常稳定;就 NH₃-N 而言,去除效果良好且一直很稳定.反渗透对 TN, NH₃-N 的去除曲线都很平和稳定且非常相近,这说明反渗透对 NH₃-N 去

图5 “超滤+反渗透”工艺对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除效果Fig. 5 Removal efficiency of “UF + RO” for $\text{NH}_3\text{-N}$

除比较彻底,在此过程中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 不是因为转化为 $\text{NO}_3\text{-N}$ 而被去除。

2.3 工艺对 TP 去除效果分析

“超滤+反渗透”集成工艺对 TP 的去除效果见图6。从图6可以看出,超滤对 TP 基本上没有去除效果,去除率最高不足15%。这一部分 TP 主要附着在颗粒相对较大的悬浮物或可溶性固体颗粒上,而且很多情况下几乎不去除,与理论相符合。个别时候超滤产水 TP 高于进水,这是由于实验误差引起的。而反渗透对 TP 的去除效果相当明显,平均去除率高达99.6%,且相当稳定,波动范围仅为1.2%。

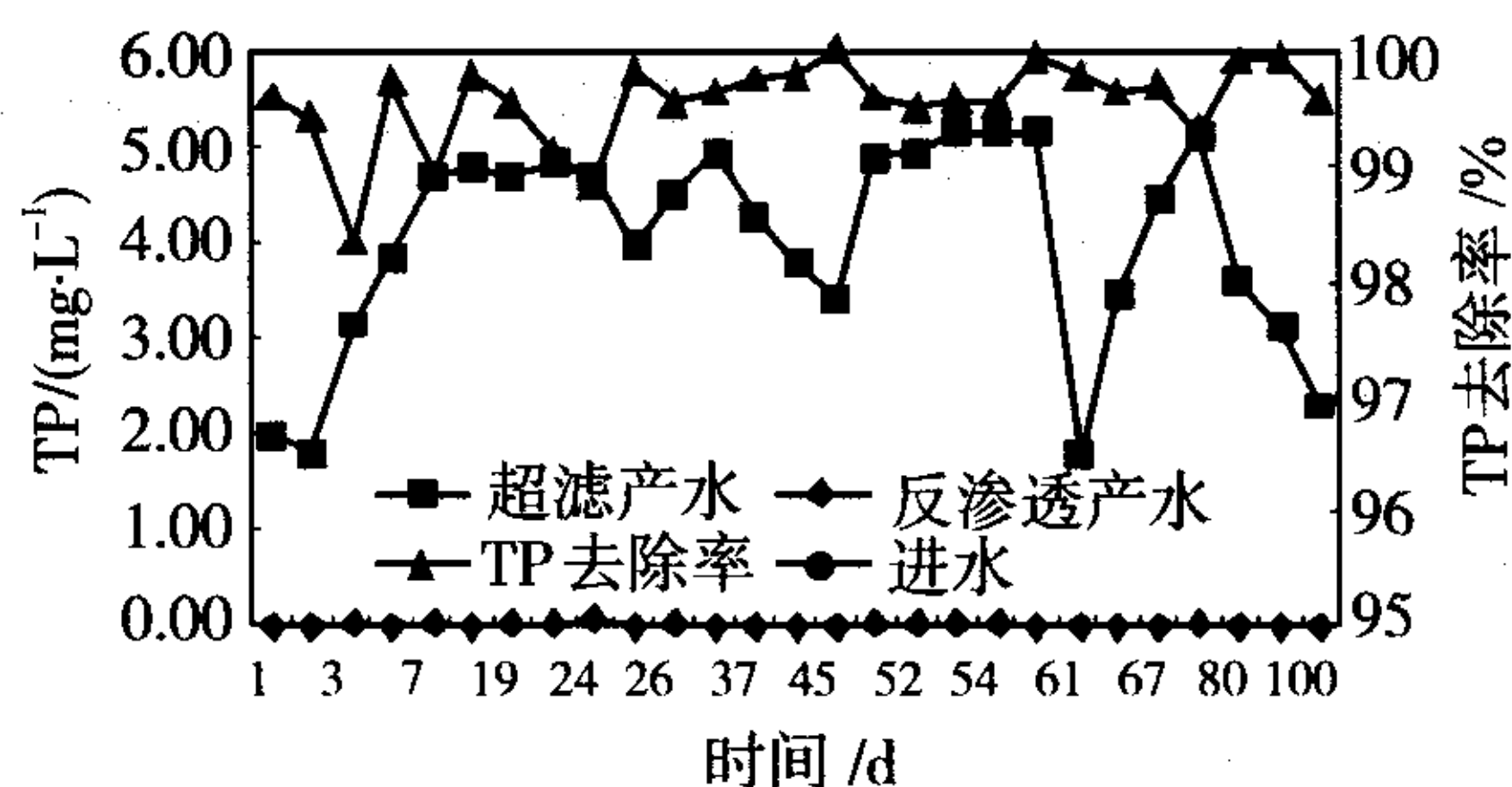


图6 “超滤+反渗透”工艺对 TP 的去除效果

Fig. 6 Removal efficiency of “UF + RO” for TP

2.4 工艺对浊度去除效果分析

超滤和反渗透对浊度的去除见图7。在稳定运行之后,超滤对其的去除基本上达到100%,大大缓

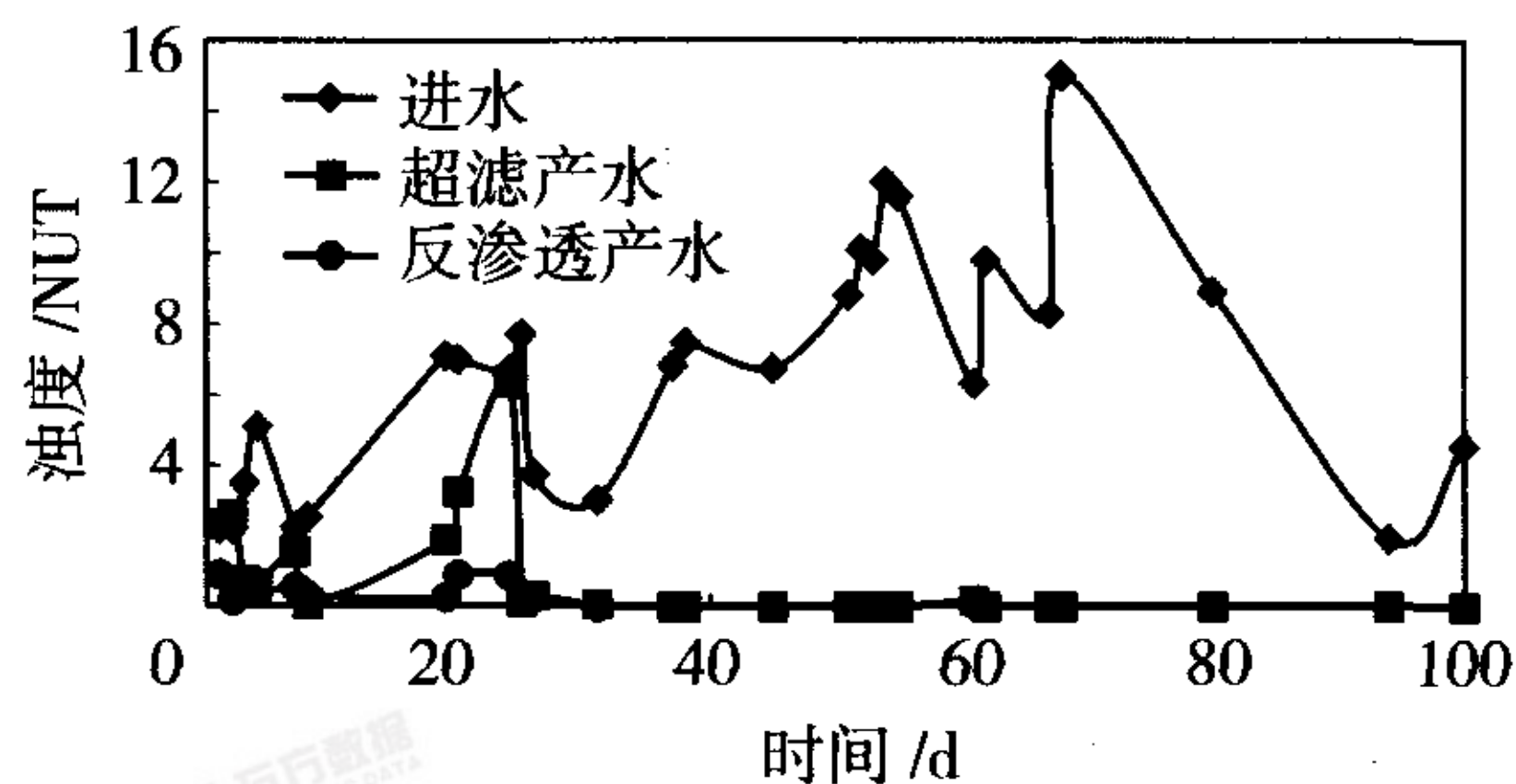


图7 超滤对浊度的去除效果

Fig. 7 Removal efficiency of UF for turbidity

解了反渗透膜的工作压力。该工艺产水从外观上看清澈透明。

2.5 工艺对 TDS 去除效果分析

该试验中,超滤和反渗透工艺对 TDS 的去除效果见图8。超滤对 TDS 没有去除效果,原因是原水中可溶物的粒子直径都很小,一般要在 $0.01\ \mu\text{m}$ 以下,它们能够透过超滤膜。而反渗透产水的 TDS 非常稳定,在 $17\ \text{mg/L}$ 左右,最高为 $20\ \text{mg/L}$,最低时 $14\ \text{mg/L}$ 。

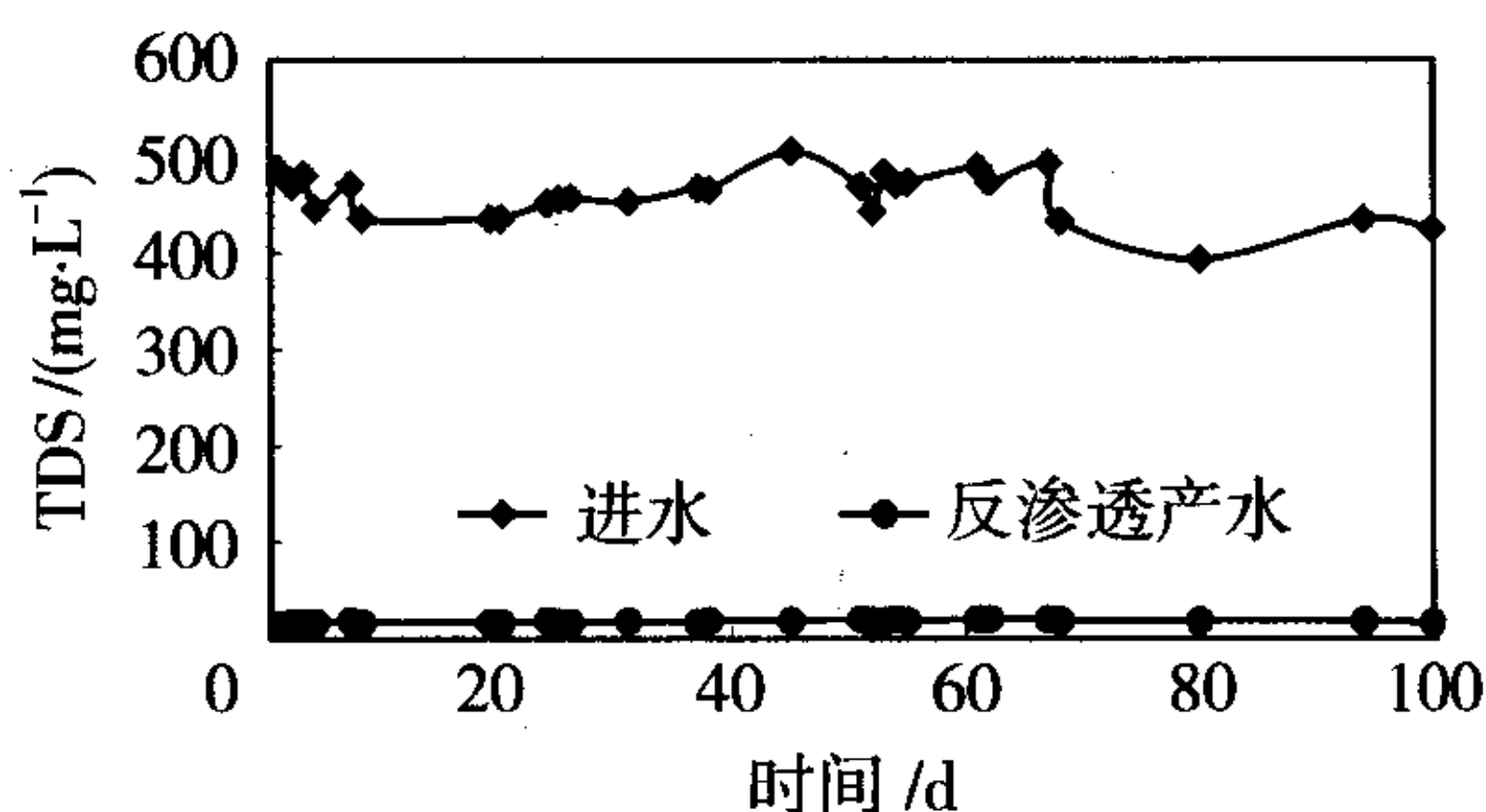


图8 “超滤+反渗透”工艺对 TDS 的去除效果

Fig. 8 Removal efficiency of “UF + RO” for TDS

2.6 工艺对 Cl^- 去除效果分析

超滤和反渗透工艺对 Cl^- 的去除效果如图9所示。超滤对 Cl^- 不但没有去除,而且在很多情况下还大于进水中 Cl^- 。这是因为在超滤前加的 FeCl_3 混凝剂带进了 Cl^- 。而反渗透对 Cl^- 的去除效果很好而且比较稳定,其平均去除率达到97%。

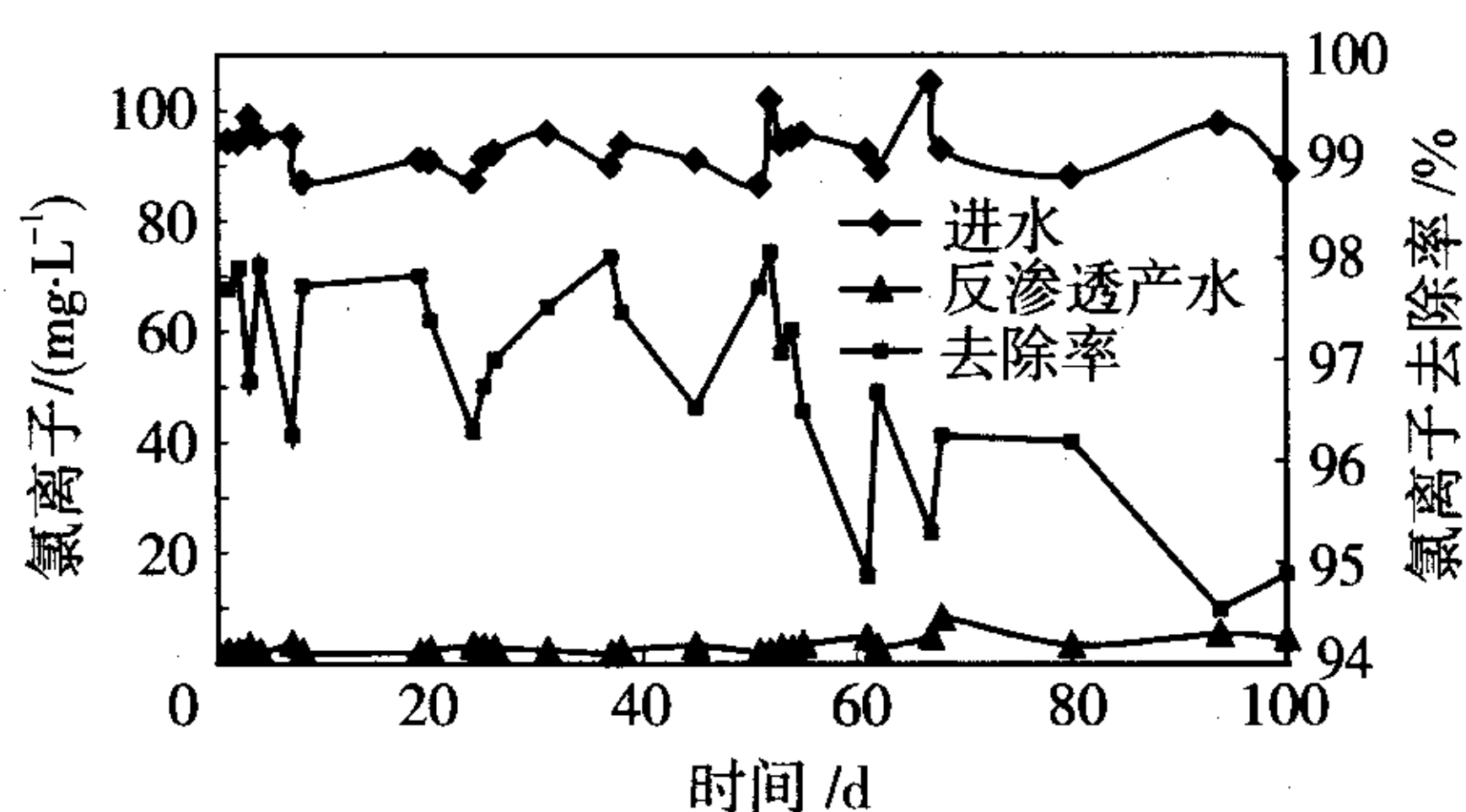


图9 “超滤+反渗透”工艺对氯离子的去除效果

Fig. 9 Removal efficiency of “UF + RO” for Cl^-

3 结论

1) 超滤出水符合《城市污水再生利用城市杂用水水质标准》(GB/T 18920—2002),超滤产水可以用作生活杂用水以及水质要求较差的其他回用水。

2) 反渗透工艺出水水质最优,能够完全满足《城市污水再生利用景观环境用水水质标准》(GB/T

18921—2002), 反渗透产水可以回用于城市污水再生利用景观环境用水以及水质要求较差的其他回用水.

3) 超滤对浊度的去除效果最为明显, 去除率接近 100%.

4) 反渗透对各指标的去除效果都非常好, 但是脱盐率不及 97%, 与其正常脱盐率 99% 以上还有差距. 其原因可能与原水中其他污染物的存在有关, 有待于进一步探讨.

参 考 文 献

- [1] Stephenson T, Judd S, Jefferson B, *et al.* Membrane bioreactors for wastewater treatment [M]. London: IWA Publishing, 2001.
- [2] Mark W, Steven A. Application of low fouling RO membrane elements for reclamation of municipal wastewater [J]. Desalination, 2000, 132: 11 – 19.
- [3] 国家环保总局编. 水和废水监测分析方法 (第四版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 49 – 706.

Pilot studies of UF – RO for municipal wastewater treatment

YANG Qi¹, SHANG Haitao¹, XI Hongbo¹, WANG Hongchen², GAN Yiping²

(1. School of Water Resources and Environment, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;
2. Beijing Drainage Group Co., Ltd., Beijing 100022, China)

Abstract: Performance of UF – RO for treatment of municipal wastewater was investigated. The removal efficiency for COD, TP, TN, TDS, Cl⁻ was 90%, 95%, 95%, 99%, 97% respectively. The results showed that the very high quality of effluent water was obtained. The reclaimed water could be reused either directly or indirectly for municipal or industrial purposes.

Key words: wastewater reuse; UF; RO

· 书 讯 ·

欢迎购买《膜科学与技术 2006 年精装合订本》

2006 年《膜科学与技术》精装合订本目前已经装订完成, 开始发售. 另外, 编辑部还存有少量 1999 – 2005 年精装合订本及各类书籍, 价格如下 (含邮费), 欲购者请与本刊编辑部联系.

名 称	元/本	名 称	元/本
1999 – 2002 年合订本	100	资料汇编 (1991 – 2000 年《膜科学与技术》目录)	20
2003 年合订本	130	“2003 年中国膜科学与技术报告会”论文集	50
2004 年合订本	100	“第二届中国膜科学与技术报告会”论文集	100
2005 – 2006 年合订本	130	“膜分离技术在石油和化工行业中应用研讨会”论文集	100
膜分离技术在医药和环保中的应用	50	“第二届全国膜分离技术在食品工业中应用研讨会”论文集	80

有意购买者, 请将书款汇至:

户 名: 中国膜工业协会 开户行: 中国农业银行宣武支行营业部 账 号: 171101040005125

或邮政汇款至:

收款人: 《膜科学与技术》编辑部

地 址: 北京市朝阳区北三环东路 19 号蓝星大厦 606 室 邮 编: 100029

汇款后, 请将汇款单据和购书名称数量传真到编辑部, 款到后开具正式发票.

联系电话: 010 – 80492417; 64452115 传真: 010 – 80485372; 64452115

电子邮件: mkxx@china – bluestar. com

本刊编辑部