

文章编号: 1009-6825(2014)04-0111-02

# 深圳市罗芳污水厂深度处理出水膜处理中试

程鹏 周克钊 朱敏 靳云辉

(中国市政工程西南设计研究总院 四川 成都 610081)

摘要: 为保证深圳市罗芳污水处理厂深度处理及回用工程顺利实施,对其进行了现场中试和生产性试验研究,并介绍了具体的试验过程,依据试验数据对微滤和超滤、纳滤和反渗透的出水水质进行了评价,得出了一些有价值的结论。

关键词: 试验 微滤 超滤 膜处理

中图分类号: X703

文献标识码: A

## 1 试验目的与内容

1) 试验目的。本中试的试验目的是作为技术储备,提供膜处理实用成套技术,为今后相关部门的决策提供重要的技术支持。  
2) 试验内容。本中试的试验内容是对全部4种膜处理流程的较长期的中试运行,考察。a. 膜处理的技术性能,重点关注最终出水能否达到工业用水和间接饮用的要求; b. 膜处理的耗电量和运行成本等经济性能。

## 2 试验过程

### 2.1 试验概况

膜处理中试系统包括微滤、超滤、纳滤、反渗透等4套单元装置,规模皆为100 m<sup>3</sup>/d,组合成微滤+纳滤、微滤+反渗透、超滤+纳滤、超滤+反渗透等4套流程,后增加砂滤。

2008年11月6日~2009年4月14日,中试历时半年,共运行116 d。

中试水样送深水集团水质检测中心化验,常规检测每周2次,共40次,全分析不定期共4次。常规化验水样9个,全分析水样3个,共计12个。常规化验项目16项,全分析化验项目32项,共计48项。

### 2.2 试验设备及器材

膜处理中试系统(见图1),包括微滤、超滤、纳滤、反渗透等4套单元装置,规模皆为100 m<sup>3</sup>/d,组合成微滤+纳滤、微滤+反渗透、超滤+纳滤、超滤+反渗透等4套流程。

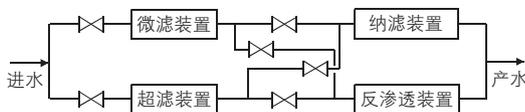


图1 膜处理中试系统

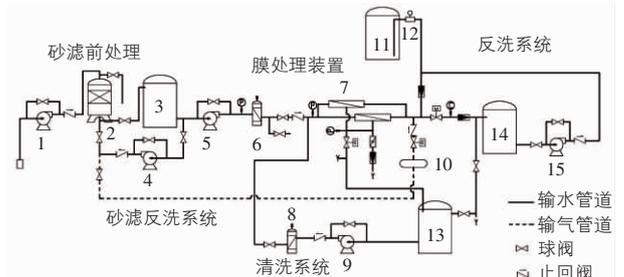
一期工程出水作为膜处理中试装置的原水,后改为中水,再改为一期工程出水的滤后出水。膜处理中试装置的出水和浓水排入一期工程二沉池出水槽。膜处理中试装置的清洗水排入厂污水管道。1) 微滤和超滤工艺流程见图2。2) 纳滤和反渗透工艺流程见图3。

### 2.3 操作步骤

每天观察运行和清洗状况,记录各种运行参数,包括流量、压力、耗电量、电导率等,并重点关注产水率和单位电耗。

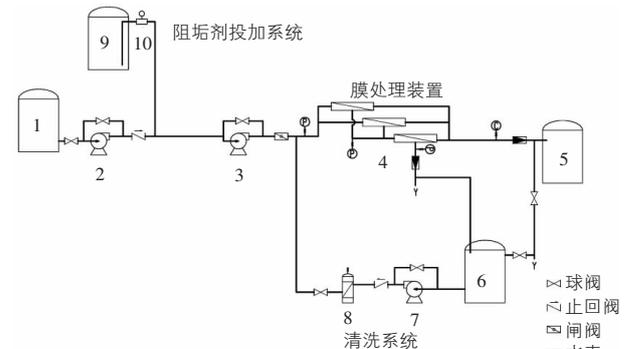
### 2.4 送样化验项目

水样送深水集团水质检测中心检测,常规检测每周2次,共40次,全分析不定期共4次,共计44次。



注:超滤与微滤共用同一个取水泵、砂滤罐、砂滤产水箱以及同一套清洗系统。微滤反冲洗形式为气水反冲洗,需要空气压缩机。而超滤反冲洗只需要水,不需要空气压缩机。1—二沉池取水泵;2—砂滤罐;3—砂滤产水箱;4—砂滤反洗泵;5—增压泵;6—进水保安过滤器;7—膜组件;8—清洗保安过滤器;9—清洗水泵;10—空气压缩机;11—反洗计量箱;12—反洗加药计量箱;13—清洗水箱;14—产水箱;15—反洗泵

图2 微滤和超滤工艺流程



注:纳滤与反渗透共用同一套清洗系统。1—前处理出水水箱;2—增压泵;3—高压泵;4—膜组件;5—产水箱;6—清洗水箱;7—清洗水泵;8—清洗保安过滤器;9—加药计量箱;10—加药计量泵

图3 纳滤和反渗透工艺流程

常规化验水样9个,全分析水样3个,共计12个。常规化验水样包括进水、超滤出水、超滤浓水、微滤出水、微滤浓水、纳滤出水、纳滤浓水、反渗透出水和反渗透浓水。全分析水样包括进水、纳滤出水和反渗透出水。

常规化验项目16项,全分析化验项目32项,共计48项。常规化验项目包括pH、COD、BOD<sub>5</sub>、SS、TN、NH<sub>4</sub>-N、TP、总有机碳、溶解性总固体、盐含量、电导率、色度、浊度、余氯、总大肠菌群和粪大肠菌群。全分析化验项目包括:砷、镉、铬、铅、汞、硒、氟化物、氟化物、硝酸盐氮、氯仿、四氯化碳、铝、铁、锰、铜、锌、氯化物、硫酸盐、总硬度、挥发酚类、阴离子合成洗涤剂、亚硝酸盐氮、总碱度、溶解氧、钠、钙、二氧化硅、钡、硼、石油类、动植物油和高锰酸盐指数。

收稿日期:2013-11-19

作者简介:程鹏(1982-),男,工程师;周克钊(1948-),男,教授级高级工程师;朱敏(1982-),女,高级工程师;靳云辉(1980-),男,工程师

### 3 试验过程与试验数据

#### 3.1 微滤和超滤出水的水质评价

进水、微滤出水和超滤出水在48个检测项目中,36个项目全部达标,7个项目无要求,只有6个项目存在问题,它们是:

1) 总氮 进出水均不满足作为城镇污水回用基本要求的一级A要求; 2) 氨氮 进出水均不满足工业用水和生活饮用水要求; 3) 总大肠菌群 进出水均不满足生活饮用水要求,可在后续消毒中解决,不足为虑; 4) 粪大肠菌群 进水和微滤出水均不满足工业用水要求,超滤出水满足,进出水均不满足生活饮用水要求,也可以在后续消毒中解决,不足为虑; 5) 锰 进水不满足工业用水和生活饮用水要求,两出水未化验; 6) 石油类 进水不满足工业用水要求,生活饮用水无要求,两出水未化验。

综上所述,除总大肠菌群和粪大肠菌群不足为虑外,不满足一级A要求的有进水、微滤出水和超滤出水的总氮,不满足工业用水要求有进水的氨氮、锰和石油类,以及微滤出水和超滤出水的氨氮,不满足生活饮用水要求的有进水的氨氮和锰,以及微滤出水和超滤出水的氨氮,因此,进水、微滤出水和超滤出水均不能用于工业用水和间接饮用。

#### 3.2 纳滤和反渗透出水的水质评价

48个检测项目中,43个项目两出水全部达标,7个项目无要求,只有5个项目存在问题,它们是: 1) pH 两出水均略低于工业用水和生活饮用水要求,但极易自动恢复,例如GB 17323瓶装饮用纯净水就仅要求5~7,不足为虑; 2) 余氯 纳滤出水满足工业用水和生活饮用水要求,反渗透出水不满足,可在后续消毒中解决,不足为虑; 3) 总大肠菌群和粪大肠菌群,两出水均仅满足工业用水要求,但不满足生活饮用水要求,这可以在后续消毒中解决,不足为虑; 4) 氨氮 纳滤出水仅满足工业用水要求,但不满足生活饮用水要求,反渗透出水则满足两要求。综上所述,除pH、余氯、总大肠菌群和粪大肠菌群不足为虑外,纳滤出水的NH<sub>3</sub>-N只满足工业用水要求,但不满足生活饮用水要求,反渗透出水则全部满足两要求。因此,纳滤出水只可以用于工业用水,但不宜间接饮用,反渗透出水则可以用于工业用水和间接饮用。

### 4 结论与建议

#### 4.1 结论

1) 流程按总产水率越高越优排序: 超滤+反渗透、超滤+纳滤、微滤+纳滤、微滤+反渗透。 2) 流程按总单位处理电耗越低越优排序: 超滤+纳滤、超滤+反渗透、微滤+纳滤、微滤+反渗透。 3) 从流程的总产水率和流程的总单位处理电耗看,A套流程中,超滤+纳滤和超滤+反渗透优势较明显,但这两流程之间,则优劣互见,超滤+纳滤的总单位处理电耗较低,超滤+反渗透的总产水率略高。 4) 进水、微滤和超滤的出水均不能用于工业用水和间接饮用。 5) 纳滤出水可以用于工业用水,但不宜间接饮用,水质接近新生水。 6) 反渗透出水可以用于工业用水和间接饮用,水质达到或优于新生水。 7) 从纳滤和反渗透出水水质看,流程的

影响,即前处理的影响,并不显著。 8) 综合考虑流程的运行参数和出水水质,为了达到处理出水用于工业用水和间接饮用的目标,推荐采用超滤+反渗透处理流程,总产水率40.59%,总单位处理电耗1.81 kWh/m<sup>3</sup>,超滤更换滤芯周期约4 d,在总运行时间116 d中仅进行了化学清洗1次,其更换滤芯和化学清洗的频率可以接受,反渗透无需更换滤芯,也未进行化学清洗。 9) 降低纳滤和反渗透的产水率,对其单位电耗不利,对其出水水质无显著影响,因此,不宜降低纳滤和反渗透的产水率。 10) 试验发现,膜处理过程中,OH<sup>-</sup>的总量守恒,故膜处理废水的pH可以按下列公式计算:  $p = p_1 + \lg \frac{1 - \eta 10^{p_2 - p_1}}{1 - \eta}$ 。其中p为废水pH; p<sub>1</sub>为进水pH; p<sub>2</sub>为产水pH; η为产水率。 11) 在膜处理的生产性运行中,对于整个污水厂而言,总产水率相当低,因此,膜处理废水对污水厂出水水质影响不大,可以考虑直接排放。 12) 按进水量计算,膜处理中试装置的单位基建投资为3 172元/(m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>),按产水量计算,则单位基建投资为7 815元/(m<sup>3</sup>·d<sup>-1</sup>),产水运行电费为1.45元/m<sup>3</sup>。

#### 4.2 建议

1) 如果需要生产工业用水和间接饮用水,建议采用超滤+反渗透处理流程,可以确保出水水质。 2) 如果仅生产工业用水,建议采用超滤+纳滤处理流程,可以节约电耗。 3) 纳滤和反渗透均不能保证出水微生物指标完全达标,必须后续消毒。 4) 一级A标准是回用水的基本要求,为了保证膜处理出水达标,污水二级处理的出水水质应该达到一级A要求。 5) 为了保证膜处理设施的正常运行,污水厂的二级处理出水必须经过过滤。 6) 对于利用膜处理生产再生水的污水厂,建议在生产性运行中,总产水率可以控制得尽可能低,使膜处理废水引起的污水厂出水水质的变化不大,以便将膜处理废水与污水厂的大量二级处理出水一并排放,从而避免增加污水厂处理负荷,并节省膜处理废水的处理费用。

#### 参考文献:

- [1] 刘云华,王 燕. 深圳市水资源开发利用形势与对策[J]. 人民珠江 2008(3): 54-56.
- [2] Key Environmental Statistics 2005, Ministry of the Environment and Water Resources, Singapore. [http://www.pub.gov.sg/downloads/pdf/stats\\_booklet\\_v5.pdf](http://www.pub.gov.sg/downloads/pdf/stats_booklet_v5.pdf).
- [3] 黄海林,王 志,许传海. 微滤/超滤深度处理生活污水研究[D]. 天津: 天津大学 2005.
- [4] 任建新. 膜分离技术及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 1.
- [5] 时 钧,袁 权,高从塔. 膜技术手册[M]. 北京: 化学工业出版社 2001: 248.
- [6] Richard W. Baker. Membrane Technology and Applications, Membrane Technology and Research, Inc 2004: 7.
- [7] Case Study: Bedok Newater Factory, GE Water & Process Technologies 2006.

## Shenzhen Luofang wastewater advanced treatment and reuse engineering field test factory membrane treatment system

CHENG Peng ZHOU Ke-zhao ZHU Min JIN Yun-hui

(Southwest Municipal Engineering Design and Research Institute of China, Chengdu 610081, China)

**Abstract:** In order to guarantee the smooth implementation of depth process and reuse project in Shenzhen Luofang sewage treatment plant, this paper made site pilot plant test and production test research, and introduced specific test process, based on experiment data evaluated the effluent quality of micro-filtration and ultra-filtration, nano-filtration and reverse osmosis, gained some valuable conclusions.

**Key words:** test, micro-filtration, ultra-filtration, membrane treatment