

# 兰州新世纪小区污水处理与回用工程设计

叶吉生

(甘肃省计量研究院, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 新世纪小区污水处理工程是兰州市一个比较典型的居民小区生活污水处理项目。该工程对小区生活污水进行预处理、二级处理、三级处理和四级深度净化处理后分质回用:20%的水量达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)标准,作为中水用于小区绿化、喷洒道路、洗车及消防;70%的水量基本达到《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006),作为准水用于居民洗涤、冲刷、清洁卫生等非饮用水。项目总投资为318.75万元,正常运行一年多的收益为30.63万元,为居民节约水费88.71万元。

**关键词:** 居民小区; 生活污水; 回用工程

**中图分类号:** X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2010)12-0055-05

## Design of Sewage Treatment and Reuse Engineering of New Century Residential Area in Lanzhou City

YE Ji-sheng

(Gansu Province Metrology Institute, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** The sewage treatment engineering of New Century residential area is a typical project for treatment of domestic sewage from residential area. After the pretreatment, secondary treatment, tertiary treatment and quaternary treatment, the sewage is reused according to the quality. 20% of the treated sewage meets the requirement of *Reuse of Urban Recycling Water—Water Quality Standard for Urban Miscellaneous Water Consumption* (GB/T 18920-2002), and is used for greening, spraying road, washing car and fire fighting. 70% of the treated sewage meets the requirements of *Standards for Drinking Water Quality* (GB 5749-2006), and is used for washing, flushing, cleaning and so on. The total investment of the project is 3.1875 million yuan. After the normal operation for more than one year, the income is 306.3 thousand yuan, and the water cost of 887.1 thousand yuan is saved.

**Key words:** residential area; domestic sewage; reuse engineering

新世纪小区距离兰州市中心较远,是近几年开发整体性较好、居民比较集中的小区之一。小区的自来水由城市供水集团供给,但排水系统还没有和城市排水系统并网,小区自建污水处理系统,从项目开始设计、建设、竣工到小区全面入住历时四年多,现已初步形成满负荷良性循环,向黄河排放的污水量<10%(设备检修期除外)。

### 1 设计水量、水质

预计小区入住居民人数约为9 820人,流动服

务人口约330人,按人均用水量为200 L/d、排水量为190 L/d计算,污水量为1 929 m<sup>3</sup>/d。

考虑保证后期发展和处理效果,日处理污水量按大于上限排放量的30%设计,即2 508 m<sup>3</sup>/d。

10%的处理出水排入黄河,执行《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准;20%的出水再经深度处理后作为中水用于小区绿化、喷洒道路洗车及消防,执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》标准(GB/T 18920—2002);70%处理出水作

为准水回用于居民洗涤、冲刷、清洁卫生等非饮用水,出水指标参考《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)。依此进行该工程的方案设计和配套设备的选型,具体设计进、出水水质指标见表1。

表1 设计进、出水水质主要指标  
Tab.1 Design influent and effluent quality

项目	进水	中水	准水
BOD <sub>5</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )	100~150	≤15	≤10
COD/(mg·L <sup>-1</sup> )	150~350	≤50	≤30
SS/(mg·L <sup>-1</sup> )	100~150	≤10	≤5
氨氮/(mg·L <sup>-1</sup> )	15~60	≤10	≤3
pH	6.5~10	6.5~9	6.5~8.5
总大肠菌群	10 <sup>3</sup> ~10 <sup>5</sup> 个/L	≤3个/L	0个/100 mL

为减少对周围环境的影响,处理设施均采取有效的消声、隔音、减振等措施,噪声控制在城市区域环境噪声标准的二类标准(白天≤65 dB,夜间≤55 dB)。

## 2 设计方案

系统整体设计方案见图1。

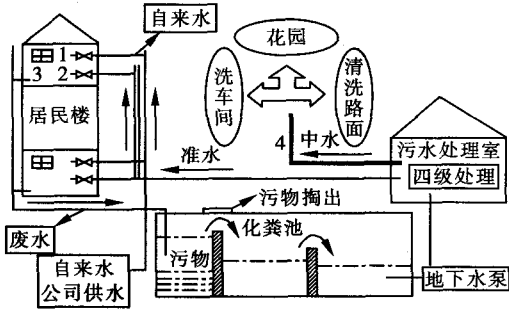


图1 系统整体设计方案

Fig.1 Overall system design scheme

居民原始用水和后期饮用水补充由自来水公司经管线1供给;其污水排放由管线3直接排到小区化粪池;经三级处理后达到中水标准的20%左右的水量通过管线4回用于小区绿化、喷洒道路、洗车及消防;经四级深度处理后达到准水标准的约60%~70%的水量进入清水库,由管线2送入居民家庭洗漱间用于洗涤、冲刷、清洁卫生等非饮用水。

## 3 主要工艺及流程

生活污水浓度不高,水质指标较稳定,可生化性较好,因此设计采用固定化微生物/曝气生物滤池(生物膜法)污水处理工艺。该工艺形式简单、操作管理方便、运行安全可靠。整个处理工艺流程分为预处理、二级处理、三级处理、四级处理、清水入库等

五个环节。工艺流程见图2。

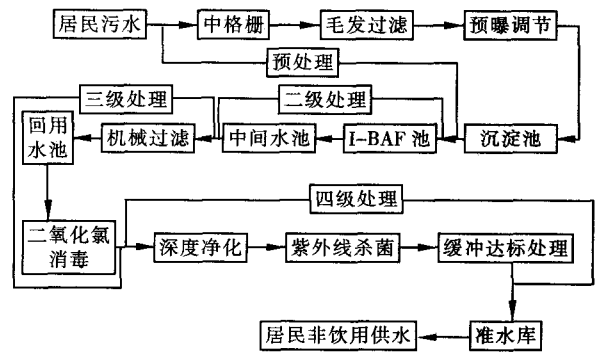


图2 污水处理工艺流程

Fig.2 Flow chart of wastewater treatment process

### 3.1 预处理

#### ① 中格栅

用于拦截污水中的大块漂浮物,以保证后续处理构筑物的正常运行及减轻处理负荷,为系统的长期正常运行提供保证。格栅槽尺寸为3.23 m×0.35 m×3.50 m,为钢筋混凝土结构。采用机械格栅,栅隙为20 mm,选用2台(1用1备),产生栅渣量为0.13 m<sup>3</sup>/d,栅渣外运。

#### ② 毛发过滤器

毛发过滤器规格为φ300 mm,拦截下来的毛发等杂物定期人工清理。

#### ③ 预曝调节池

由于来自各时段的污水水质、水量均不一样,一般高峰流量为平均处理量的2~8倍。为使污水处理系统连续稳定地运行,并且调节污水的浓度,所以设计预曝调节池。该调节池的设计尺寸为18.0 m×18.0 m×6.1 m,钢混结构,有效容积为972 m<sup>3</sup>,水力停留时间为8 h,池底部设置曝气管,对污水进行搅拌,以防止悬浮物沉淀,搅拌强度为2 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h)。内置潜污泵3台(2用1备),潜污泵流量为57.4 m<sup>3</sup>/h,扬程为70 kPa,功率为3 kW。

#### ④ 沉淀池

该池起强化预处理的作用,功能如下:一是沉淀密度较大的无机颗粒杂质,以便于沉积物的清理;二是隔油;三是通过水解、酸化反应,将污水中的有机固体及不易生物降解的有机物分解为小分子溶解性有机物,以降低后续生化处理的难度,缩短处理时间,提高去除效率。设沉淀池两座,钢混结构,单池尺寸:直径为6.0 m,总高度为9.4 m,有效容积为

107 m<sup>3</sup>。排泥时间间隔为24 h。

### 3.2 二级处理

#### ① I-BAF池

I-BAF工艺全称为固定化微生物-曝气生物滤池,是在固定化微生物技术(IM)的基础上,结合曝气生物滤池(BAF)技术而成的污水处理新工艺。I-BAF采用高效悬浮大孔载体,该载体比表面积大(80 m<sup>2</sup>/g)、孔隙率高(98%)。同时,通过分子设计,在载体中引入大量的活性和强极性基团并通过固定化技术,将大量变异菌和酶制剂牢牢固定在载体上,单位体积生物量大,最高可达60 g/L。载体平均湿密度为1.00 g/cm<sup>3</sup>,在水中呈悬浮状。由于采用固定化技术,微生物不易脱落,这样既提高了生物浓度,又避免了堵塞,可省去二沉池。I-BAF工艺还具有脱除重金属离子等无机离子的能力,水中的Cl<sup>-</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>等随着微生物的增殖,浓度逐渐减小,起到软化水质的作用。I-BAF工艺综合了物理吸附和生化反应过程,它具有容积负荷高、占地面积小、运行稳定、出水水质好、管理方便和运行成本低等优点,其主要处理出水指标为:COD≤50 mg/L,SS≤5 mg/L,BOD<sub>5</sub>≤10 mg/L,NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N≤5 mg/L。

I-BAF池的尺寸为13.5 m×9.0 m×3.7 m,钢混结构,有效水深为3 m,有效容积为344 m<sup>3</sup>,停留时间为3 h,二组三级,下进上出式。每个小池尺寸为4.5 m×4.5 m×3.7 m,底部设置曝气管。池内装填高效生物载体,载体高度为2.1 m,上下各设格网,格网中投放载体总量为255 m<sup>3</sup>,投加高效微生物,安装ADS曝气系统用于曝气,反应池的上端设置出水堰。

#### ② 中间水池

I-BAF池出水自流进入中间水池,上部设有溢流排放口,出水可作为绿化用水。设计尺寸为3.0 m×3.0 m×4.3 m,有效容积为28 m<sup>3</sup>,钢混结构。

### 3.3 三级处理

#### ① 机械过滤器

根据回用水量设计采用一台Ø1 800 mm的陶粒过滤器,过滤器罐体由A<sub>3</sub>钢制作,内、外进行防腐处理。罐体内装800 mm高强度陶粒滤料。该滤料具有使用寿命长、空隙率大、过滤周期长(是一般砂滤的2~3倍以上)、反冲强度低、反冲时间短等特点。进水清水泵型号为IS80-50-200,功率为4.0 kW。

#### ② 回用水池

钢混结构,设计尺寸为17.0 m×17.0 m×2.7 m,有效容积为551 m<sup>3</sup>,停留时间为2 h。用于储存达到中水标准的过滤出水。

#### ③ 二氧化氯发生器

根据要求,出水总大肠菌群≤3个/L,若采用固体氯片消毒则达不到要求,因此采用二氧化氯作为消毒剂。

二氧化氯杀菌剂由一台二氧化氯发生器连续供给,以保证消毒效果,同时二氧化氯作为一种强氧化剂,对BOD、COD均有一定的去除效果,可进一步保证污水达到回用要求。

消毒装置设一台,型号为KW-400,其二氧化氯产气量为400 g/h,二氧化氯投加在机械过滤器末端,接触时间为30 min。经消毒处理后的污水达到中水标准,可直接回用。

### 3.4 四级处理

① 安装双级智控压差过滤器一台,装机功率为3.75 kW,单台处理水量为10~1 500 m<sup>3</sup>/h,出水水质稳定。将回用水池内60%~70%的中水分流,经过反渗透过滤(过滤精度为2~200 μm)和紫外线消毒杀菌等深度净化处理,达到准水标准。压差过滤器有定期高压反冲洗功能,反冲洗压力为2.0 MPa(根据管网压力有所变化),反冲洗历时为60 s。能比较彻底地清除滤网截留的杂质,清洗无死角,通量无衰减,保障了过滤效率和使用寿命。

② 增加10 m<sup>3</sup>缓冲罐,在进罐前进行水质化验,根据化验结果再次向缓冲罐投药消毒,使总大肠菌群含量达到0个/100 mL。

③ 准水库尺寸为15.0 m×15.0 m×3.0 m,有效容积为600 m<sup>3</sup>,为钢筋混凝土结构,用于储存符合准水标准的出水,以便向居民家庭供非饮用水。

### 3.5 自动控制

各水池均为全封闭结构,废气通过管道集中后高空排放。

整个系统控制采用Programmable Contraller作为中央控制器,主要控制调节池中3台污水泵的启动、4台风机的相互切换、过滤池的进水及定期反冲、压差过滤器定期高压反冲、变频恒压无塔自动上水(供水量为0~1 500 m<sup>3</sup>/h)等。

### 4 运行效果

实际运行中,中水出水以月为单位水质检验结

果的平均值见表2。准水出水水质见表3。

表2 中水出水水质

Tab.2 Reclaimed water quality

项目	检验结果	备注
pH	8.2	
色度/倍	22	
嗅	无异味	偶尔有轻微氯味
浊度/NTU	3.2	
溶解性总固体/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	968	
$\text{BOD}_5$ /( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	13	
氨氮/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	9.2	
阴离子表面活性剂/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	0.7	

表3 准水出水水质

Tab.3 Standard water quality

项目	检验结果	备注
pH	6.5~7.2	
色度/倍	8~16	个别值大于饮用水标准
嗅	无异味	偶尔有轻微氯味
浊度/NTU	1.6~3.2	个别值大于饮用水标准
溶解性总固体/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	720~825	优于饮用水标准
$\text{BOD}_5$ /( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	8.5~10	优于饮用水标准
氨氮/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	0.2~0.4	优于饮用水标准
阴离子表面活性剂/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	0.5~0.7	个别值大于饮用水标准
总硬度(以 $\text{CaCO}_3$ 计)/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	420~512	优于饮用水标准
总大肠杆菌/( $\text{个} \cdot \text{L}^{-1}$ )	未检出	符合饮用水标准

## 5 工程经济分析

### 5.1 工程投资

工程总投资见表4。

表4 工程总投资

Tab.4 Total project investment 万元

项目	费用
①土建费	121.15
②设备费	143.25
③安装费(②×10%)	14.33
④调试费[(①+②)×8%]	21.15
⑤设计费[(①+②+③)×3%]	8.36
⑥税金[(①+②+③+④+⑤)×3.41%]	10.51
合计(①+②+③+④+⑤+⑥)	318.75

### 5.2 运行成本

水量按  $1\,929\text{ m}^3/\text{d}$  计。动力费  $E_1$ , 污水处理系统每天实际耗电量为  $878\text{ kW} \cdot \text{h}$ , 电价按  $0.52\text{ 元/}$

$(\text{kW} \cdot \text{h})$  计, 则电耗为  $0.24\text{ 元}/\text{m}^3$ ; 人工费  $E_2$  [5人,  $1\,200\text{ 元}/(\text{人} \cdot \text{月})$  计] 为  $0.10\text{ 元}/\text{m}^3$ ; 药剂费用  $E_3$  (磷盐、聚丙烯酰胺、消毒剂), 污水消毒时二氧化氯投加量按  $10\text{ g}/\text{m}^3$  计, 则每天需产生二氧化氯为  $19.29\text{ kg}$ ,  $E_3 = 0.08\text{ 元}/\text{m}^3$ ; 检修维护费  $E_4$  为  $0.045\text{ 元}/\text{m}^3$ ; 综合折旧费  $E_5$  (按10年计算) 为  $0.31\text{ 元}/\text{m}^3$ 。则污水处理运行费用为  $E_1 + E_2 + E_3 + E_4 = 0.465\text{ 元}/\text{m}^3$ , 污水处理综合成本为  $E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 = 0.735\text{ 元}/\text{m}^3$ 。

### 5.3 经济效益分析

设计小区人数为  $10\,150$  人, 人均用水量为  $200\text{ L}/\text{d}$ , 排水量为  $190\text{ L}/\text{d}$ , 小区污水处理量为  $1\,929\text{ m}^3/\text{d}$ , 回用率为  $90\%$ , 年节约自来水量为  $633\,676\text{ m}^3$ 。实际运行以后排水量最高时约  $1\,800\text{ m}^3/\text{d}$ , 年平均排水量为  $1\,570\text{ m}^3/\text{d}$ 。投运一年回用率为  $60\%$  ( $942\text{ m}^3/\text{d}$ ), 其中  $1/3$  用于小区绿化、喷洒道路、洗车及消防,  $2/3$  用于居民洗涤、冲刷、清洁卫生等。其余  $10\%$  的污水排放,  $30\%$  的准水也被排放。希望投运两三年后逐步用掉  $30\%$  被排放的达标准水, 将达到设计节约水量为  $633\,676\text{ m}^3/\text{a}$  的目标。现自来水水价为  $2.4\text{ 元}/\text{m}^3$ , 小区回用水水价为  $1.0\text{ 元}/\text{m}^3$ , 则小区每年回用水总收入为  $633\,676 \times 1.0 = 63.37\text{ 万元}$ , 减去运行费用  $32.74\text{ 万元}$ , 年收益为  $30.63\text{ 万元}$ , 为居民节约水费  $88.71\text{ 万元}/\text{a}$ , 这一点也是该小区房价提升较快的一个重要因素。

## 6 结语

兰州新世纪小区污水处理站运行后,  $90\%$  的处理出水被回用, 其余的  $10\%$  达标排放到黄河。污水再生回用节约了水资源, 同时减少了对黄河的污染物排放量,  $\text{COD}$ 、 $\text{BOD}_5$ 、 $\text{SS}$  的减排量分别达  $208.33$ 、 $97.22$ 、 $97.22\text{ t}/\text{a}$ 。

### 参考文献:

- [1] 户朝帅, 胡开林, 王瑞波, 等.  $\text{A}^2/\text{O}$  和无阀滤池工艺处理城市小区污水并回用[J]. 中国给水排水, 2008, 24(8): 70-72.
- [2] 王白杨, 欧阳二明, 赖江华, 等. 物化/生化一体式反应器对校园污水的再生回用处理[J]. 中国给水排水, 2007, 23(3): 74-77.

电话: (0931) 7757025

E-mail: gslzyxs442@sohu.com 923510618@qq.com

收稿日期: 2010-01-22