

节水与回用

秦港污水再生回用工程的设计特色及综合效益分析

张玉祥

(秦皇岛港务集团有限公司, 河北 秦皇岛 066002)

摘要: 对秦皇岛市第一座由企业出资兴建的污水再生回用处理厂的设计及特点进行了介绍,分析了综合效益,并对企业开展污水再生回用工作提出了建议。

关键词: 污水再生回用; 设计特色; 综合效益

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2006)24-0081-03

Design Characteristics and Comprehensive Benefit Analysis of Wastewater Reclamation and Reuse Project in Qinhuangdao Port

ZHANG Yu-xiang

(Qinhuangdao Port Group Co. Ltd., Qinhuangdao 066002, China)

Abstract: Based on the introduction to the design and characteristics of the first wastewater reclamation and reuse treatment plant invested by enterprise in Qinhuangdao, the comprehensive benefits are assessed and some advices on promoting wastewater reuse in enterprises are proposed.

Key words: wastewater reclamation and reuse; special design characteristics; comprehensive benefits

秦皇岛港务集团有限公司是国家亿吨能源输出港,也是用水能耗大户,用水量 $> 3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ($1\ 100 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$),占市区用水量的8%以上,全年水费近4 070万元。大量自来水消耗不但加剧了城市供水紧张的状况,而且使港务集团公司成本不断增加。随着企业发展,用水量将不断增加,而城市淡水资源逐渐减少,供水明显不足,在此情况下港务集团公司开展了污水再生回用工作,取得了良好的综合效益。该工程(一期)由秦皇岛港务集团投资850万元,将海港区东港二级污水处理厂的出水进行深度处理,作为东港区煤场除尘、绿化等用水,成为秦皇岛市第一座由企业出资兴建的再生水厂。

1 工程概况

根据港务集团与海港区二级污水处理厂达成的协议,二级处理厂清水池可部分改造成再生水厂的清水池、消毒接触池、调节池。考虑到一、二期工程

的衔接,为节省投资,设计中清水池、消毒接触池、调节池、加药间、加氯间按二期考虑,其他按一期考虑。

1.1 设计规模

一期工程处理水量为 $1.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,设计流量为 $440 \text{ m}^3/\text{h}$;二期工程处理水量为 $3.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,设计流量为 $1\ 320 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

1.2 设计水质

设计水质见表1。

表1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

| 项目 | SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) | BOD ₅ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) | COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) | NH ₃ -N/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) | pH | 色度/ 倍 |
|----|--|---|---|--|---------|----------|
| 进水 | ≤30 | ≤50 | ≤170 | ≤50 | 6~9 | ≤80 |
| 出水 | ≤5 | ≤10 | ≤25 | ≤5 | 6.5~8.5 | ≤25 |

二级污水处理厂的原水为市政生活污水、热电厂、中阿化肥厂废水及其他排水等水质波动较大,

$\text{NH}_3\text{-N}$ 含量高, 而该厂采用普通活性污泥处理工艺已运行多年, 处理效果较差, 二级处理厂出水水质经常波动会对再生水厂运行产生不利影响。

1.3 深度处理工艺流程

深度处理工艺流程见图 1。

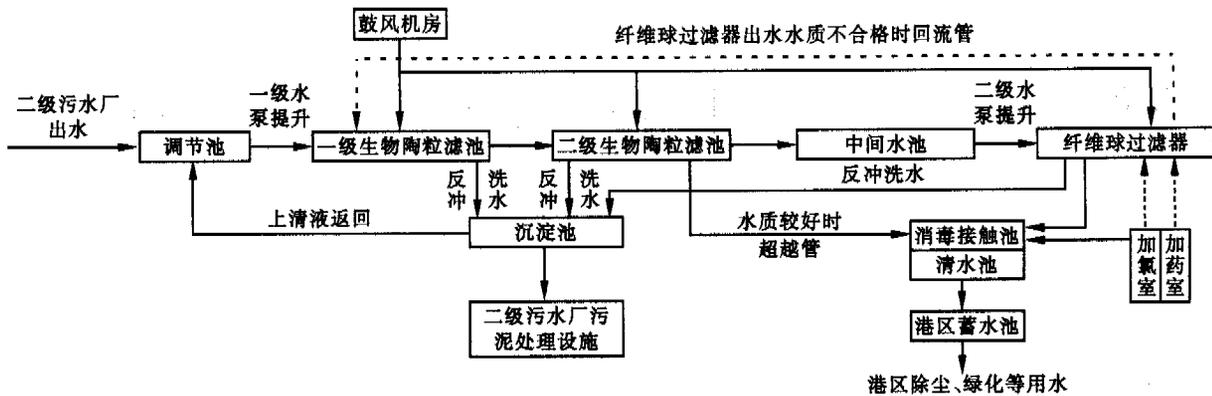


图 1 深度处理工艺流程

Fig.1 Advanced treatment process

1.4 主要设施设计参数

① 一、二级生物陶粒滤池

滤池数量: 一级 6 个、二级 6 个, 单池尺寸 ($L \times B \times H$) 为 $5.5 \text{ m} \times 4.0 \text{ m} \times 5.0 \text{ m}$, 填料粒径为 $2 \sim 4 \text{ mm}$, 填料层高为 2.5 m , 滤速为 3.3 m/h , 有效停留时间均为 0.75 h , 有效水深: 一级为 4.45 m 、二级为 3.95 m , 曝气强度为 $3.6 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$, 气水比为 $2.5:1$, 采用气水联合反冲洗形式, 水反冲洗强度为 $10 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$, 气反冲洗强度为 $20 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ 。一级生物陶粒滤池采用升流式, 二级生物陶粒滤池采用降流式运行。一、二级生物陶粒滤池间设并联管道, 水质较好时两级滤池可并联运行。

② 纤维球过滤器

采用 4 座纤维球过滤器, 每座尺寸为 $\varnothing 2.6 \text{ m} \times 4.0 \text{ m}$, 滤速为 20 m/h (最高可达 $25 \sim 30 \text{ m/h}$), 利用消毒后的清水池水反冲洗, 机械搅拌 + 水反冲洗形式, 反冲洗强度为 $0.5 \text{ m}^3/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$, 不定期消毒以防止结球。

1.5 其他构筑物参数

① 调节池。因进水水质、水量 (尤其水质) 波动较大, 故设调节池均和水质、均衡水量。池尺寸为 $51.0 \text{ m} \times 40.0 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$, 有效容积为 4080 m^3 , 有效水深为 2.0 m 。

② 中间水池。二级生物滤池出水水质合格时, 可不通过中间水池直接进入消毒接触池; 若水质不合格时, 中间水池可以暂时贮存水量, 保证后续纤维球过滤器的运行稳定性, 同时提供给生物陶粒滤

池用作反冲洗水。池尺寸为 $9.0 \text{ m} \times 6.6 \text{ m} \times 4.0 \text{ m}$, 有效容积为 220 m^3 , 有效水深为 3.7 m 。

③ 消毒接触池。消毒气体首先进入消毒接触池, 使之与水充分混合, 保证出水完全达标。尺寸为 $40.0 \text{ m} \times 7.8 \text{ m} \times 25 \text{ m}$, 有效容积为 780 m^3 , 有效停留时间为 0.6 h 。

④ 清水池。储存处理后的合格水, 同时为纤维球反冲洗提供水源。池尺寸为 $43.2 \text{ m} \times 40.0 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$, 有效容积为 3450 m^3 , 有效水深为 2.0 m 。

⑤ 沉淀池。贮存反冲洗水, 上清液流回调节池, 污泥送入二级处理厂污泥处理系统。池尺寸为 $14.1 \text{ m} \times 6.6 \text{ m} \times 5.7 \text{ m}$, 有效容积为 465 m^3 。

⑥ 加药间、加氯间。为节省占地和管理上的方便, 加药间、加氯间建在一起, 当水质异常或冬季气温极低时, 可在加药间投加聚合氯化铝 (PAC), 投药量为 $1 \sim 5 \text{ mg/L}$; 在加氯间投加消毒气体, 投量为 $0.5 \sim 5 \text{ kg/h}$ 。构筑物尺寸为 $15.3 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ 。

2 工程运行效果、设计特色

2.1 运行效果

2002 年 3 月初在常温下以小流量进水, 定期投加营养物质进行自然挂膜。挂膜期间水温为 $7 \sim 10 \text{ }^\circ\text{C}$ 。利用变频调速控制进水量和曝气量, 并对进、出水 COD 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 进行监测, 待稳定后逐渐加大流量至设计值, 并自动调节曝气量, 调试时间约需 40 d 。系统正式运转以来, 处理效果稳定良好。

2.2 设计特色

① 鼓风机和提升水泵采用变频调速器控制,

最大限度地节能降耗,保护设备安全^[1]。采用变频调速器可以根据不同工况调整水量、风量,操作管理方便,设备运转效率高,不存在诸如调整阀门、导叶片等的额外能量损失。另外,可以根据水质、气温情况准确调整处理量、曝气量等运行参数,为探索测试最佳运行工况提供便利条件,亦为二期工程提供设计运行资料。

② 从运行实践看,水源水质波动较大,但该工艺受水质波动影响较小,抗冲击能力强,尤其是 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 去除率高。正常水质条件下, $\text{NH}_3 - \text{N}$ 去除率可达 95% 以上,即使冬季水温较低时(10℃以下)去除率也达 90% 以上,这说明陶粒填料有利于硝化细菌的生长、繁殖,因此参与生物降解的微生物量远大于其他形式载体,对水质波动的适应能力也强。

③ 自动化程度高,所有运行设备均可实现自动控制,并可根据各单元的出水情况自动调整工艺流程,节能降耗。所有监测、控制设备选型优先考虑先进性、稳定性、可靠性,并兼顾经济性,设远控自动、手动和现场手动三种控制方式,可在线修改运行参数,操作灵活、可靠。在两级生物陶粒滤池出水段、纤维球过滤器出水段均设有在线 COD、pH、浊度等水质监测仪表,当生物陶粒滤池出水水质符合回用要求时,可通过超越管直接进入消毒接触池,再进入清水池;若不合格,则进入中间水池,通过二次提升到纤维球过滤器进行过滤。当进入清水池前水质不合格时,通过专设管道使纤维球过滤器出水回流到一级生物滤池重新处理。当水质较好时,两级滤池可并联运行。当水质极其恶化或冬季气温极低、处理效果较差时,可投加 PAC 强化处理。

④ 根据自身特点,结合实际情况,合理确定水质、水量,分期建设,并充分考虑与二期工程的最佳衔接,部分构筑物按二期考虑。港务集团首先建成一期工程,既可满足回用水要求,又可缓解资金紧张矛盾,同时还可以积累经验,为二期工程打好基础。另外,一期工程主要是满足东港区煤场除尘、绿化等用水,对水质要求不高,可以减少部分深度处理费用。

⑤ 运行费用低。该工程包含固定资产折旧及无形递延资产摊销,回用水成本为 0.48 元/ m^3 ,其中电费为 0.165 元/ m^3 ,工资福利费为 0.075 元/ m^3 ,折旧及摊销费为 0.228 元/ m^3 ,维修及药剂费

0.012 元/ m^3 (年平均)。

⑥ 工程投资省,占地少,模块化结构,利于扩建。该工程总投资为 850 万元,占地 1 920 m^2 (一期)。在目前各工艺比较中,生物陶粒滤池工艺具有布置紧凑、投资较省、占地少的优势。另外,该工艺采用模块化结构,利于扩建,非常适合用地紧张的二级处理厂附近增建再生水厂需要。

3 综合效益分析

3.1 经济效益

秦皇岛港务集团东港区煤场除尘、绿化等用水量为 $400 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,原先全部采用城市自来水。该回用水工程一期可提供 $360 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 以上的回用水,按自来水价格为 3.70 元/ m^3 、回用水平均成本为 0.48 元/ m^3 计算,可为港务集团节省资金 1 159 万元/a,二期工程(2007 年 3 月)建成后,可用于西港区除尘、绿化及污水再生回用厂附近的秦皇岛市热电厂、中阿化肥厂等工业冷却水,以商品形式回收大量资金,经济效益相当可观。

3.2 环境效益及社会效益

一期工程建成后,可减轻城市供水负担 3% 以上,为秦皇岛开辟了第二水源,减少了污染物排放量,一期工程 COD、 BOD_5 和 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 排放量分别减少 310、73、165 t/a,改善了城市环境,维护了秦皇岛市旅游卫生城市的形象。

4 对企业开展污水再生回用工作的建议

① 加大宣传力度,提高对再生水回用的认识,开发回用水市场,促进回用水的良性发展^[2]。

② 积极获得政府部门的支持,争取得到优惠政策,提高企业污水再生回用的积极性。

③ 优化工艺,采用节能产品,吸引先进的技术和管理经验,节能降耗。

④ 广开渠道、多方位筹措建设资金,根据自身特点,分步实施,逐步建立配套设施。

参考文献:

- [1] 周本省. 工业水处理技术[M]. 北京:化学工业出版社,1997.
- [2] 邓风. 以城市雨水为水源的中水回用途初探[J]. 节能,2002,(7):39-40.

电话:(0335)3096442

E-mail:zyxzyfzyb@126.com

收稿日期:2006-06-29