

厌氧水解/流离球生化/高密度沉淀池工艺处理工业园废水

孙 杰

(中铁第一勘察设计院集团有限公司, 陕西 西安 710043)

摘 要: 巴州工业园废水以医药、饮料废水为主,具有有机物、氮、磷浓度较高的特点。本工业园污水处理厂一期工程率先采用预处理/厌氧水解/流离球生化/高密度沉淀池/V型滤池组合工艺处理园区废水,工艺设计精练,技术先进。流离球由特定的微生物菌群、火山岩生物填料以及聚丙烯悬浮球组装而成,二级生化池以流离球为载体,通过流离聚集和多相生物反应,达到固液分离、污染物分解、污泥消解的效果。当工程平均处理水量为 $1.74 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,进水 BOD_5 、COD、SS、氨氮、TN、TP 平均浓度分别为 274、580、310、32.4、46.5、6.3 mg/L 时,出水水质达到了《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准。本工程废水处理经营成本为 1.89 元/ m^3 。

关键词: 流离球生化; 高密度沉淀池; V型滤池; 排放标准; 经营成本

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)24-0075-04

Industrial Park Wastewater Treatment by Combination Process of Anaerobic Hydrolysis/Flow-separated Ball Biochemical/High Density Sedimentation Tank

SUN Jie

(China Railway First Survey and Design Institute Group Co. Ltd., Xi'an 710043, China)

Abstract: The wastewater of Bazhou Industrial Park, which had the characteristics of high concentration of organic matter, nitrogen and phosphorus, was mainly composed of pharmaceutical and beverage production wastewater. The combination process of pretreatment/anaerobic hydrolysis/flow-separated ball biochemical/high density sedimentation tank/V type filter was used in phase I wastewater treatment project of the industrial park for the first time. The sophisticated and advanced in technology was designed in the process. The flow-separated ball was taken as bacteria carrier in the two-stage biological treatment tank, which was composed of specific microbial flora, volcanic biological filler and polypropylene suspension balls. The effects of solid-liquid separation, pollutant decomposition and sludge digestion were achieved through the flow-separated aggregation and multi-phase biological reaction. When the wastewater treatment capacity was $1.74 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, the inflow average concentration of BOD_5 , COD, SS, ammonia nitrogen, TN and TP was respectively 274 mg/L, 580 mg/L, 310 mg/L, 32.4 mg/L, 46.5 mg/L and 6.3 mg/L, the effluent quality could meet the requirements of the first level standard A of the *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918-2002). The operation cost of the wastewater treatment project was 1.89 yuan/ m^3 .

Key words: flow-separated ball biochemical; high density sedimentation tank; V type filter; discharge standard; operation cost

1 项目概况

巴州工业园是四川省巴中市巴州区重要工业经济园区之一。本工业园总投资为18亿元,首期面积达3.5 km²,是以现代医药、食品饮料为主导产业的新型生态工业园区。随着工业园经济的不断发展和人口的大幅增长,园区内废水产生量逐步增大且无法得到集中有效治理,为此迫切需要建设巴州工业园污水处理厂,该工业园污水厂建设项目对控制巴中市文昌河污染、实现工业园区水环境综合整治和利用具有重要意义。

2 工程设计

2.1 水量设计

本工业园区废水主要为生活污水和工业废水,污水厂处理规模根据预测的平均总用水量、污水形成系数和城市管网的完善程度(污水收集率)确定。根据园区已经运营企业的废水数据可知,近期废水总量达到14 950 m³/d,其中生活污水为950 m³/d,工业废水为1.4 × 10⁴ m³/d,至2030年预测工业园区废水总量达到23 460 m³/d,其中生活污水为3 460 m³/d,工业废水为2.0 × 10⁴ m³/d,考虑处理余量和污水变化系数,设计本工业园污水厂一期工程废水处理量为2.0 × 10⁴ m³/d,远期废水处理量为2.5 × 10⁴ m³/d。

2.2 水质设计

巴州工业园废水主要以医药废水、饮料废水为主,COD、氨氮、总氮、磷浓度较高,且存在一定浓度SS等污染物。工业废水先由各企业处理设施自行预处理,在达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)三级标准、行业排污预处理标准或规划污水处理厂允许进入水质标准后排入污水总管网进入工业园污水处理厂处理,处理后的水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准后排入文昌河。设计水质指标见表1。

表1 设计进、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality

mg · L⁻¹

项 目	BOD ₅	COD	SS	NH ₃ - N	TN	TP
进水	300	650	400	35	50	7
出水	10	50	10	5(8)	15	0.5

2.3 工艺选型

本项目废水有机物浓度较高,且存在一些难降解成分,故在好氧生化前段设置厌氧水解池。

废水中有机物、氮、磷浓度较高,故率先选用流离球生化技术来实现工业园生产废水的高效治理。流离球是多孔球形悬浮填料,由特定的微生物菌群、火山岩生物填料以及聚丙烯悬浮球(见图1)组装而成。流离球生化技术是在曝气和水流的双重作用下,将流离原理和生物接触氧化机理相结合,采用流离球作生物膜载体,通过流离聚集和多相生物反应,完成固液分离、污水净化、污泥消解。目前流离球生化技术已经在药剂生产废水、校园污水处理方面得到了成功应用^[1,2],推广性较强。本技术具有以下特点:①采用固定填料,有效地解决了污泥膨胀,具有较强的抗冲击负荷能力;②无需污泥培菌,自行挂膜,微生物生长快,启动时间短,且产生污泥量较少;③氧利用率较高,可以高效去除有机物;④具有很好的脱氮效果;⑤占地小,维护简单,节约运行成本。



图1 流离球实物图

Fig.1 Picture of flow-separated ball

由于本工程执行标准严格,且污水中磷含量较高,需要在二级生化处理后设置深度处理工艺。由于高密度沉淀池效能高、投资低,V型滤池技术成熟可靠、自动化程度高、工艺运行稳定,因此工程选择高密度沉淀池+V型滤池组合工艺保证对SS和磷的深度去除。

根据巴州工业园的实际情况和经济发展水平,巴州工业园污水处理厂生产规模不大,所选用工艺产生剩余污泥较少,且投资相对紧张,因此污水厂污泥采用手动板框式压滤机处理,脱水后的泥饼送往巴州云水环保科技有限公司通过生物降解技术进行无害化处理。

2.4 项目工艺流程

根据上述工艺选型,本工程污水处理采用预处理+厌氧水解+流离球生化+高密度沉淀池+V型滤池为主体工艺,出水消毒采用紫外线消毒。具体工艺流程见图2。

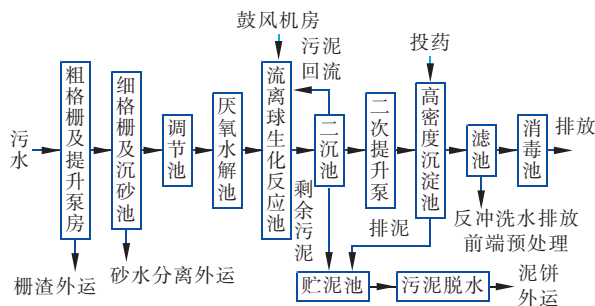


图 2 工艺流程

Fig. 2 Process flow chart

调节池出水送入厌氧水解池进行有机物降解。然后进入流离球生化池,污水经布水孔进入球体内以层流相均匀潺潺流动穿梭进出,供氧从流离球床的底部向上,竖向鼓气,形成以气、固、液三位一体混合在水中的推流,使粘附在球上的絮凝体状物,随水波冲动逐步渐渐流出并被逐渐分解,空气经过球体外层成为好氧状态,而球体内层处于兼氧、厌氧状态。兼氧、厌氧状态使有机物、固形物进一步水解酸化降解,并在流动中被好氧菌分解。由于厌氧、兼氧、好氧的多次交替,两个不同的生物过程借助于同一种环境,即在缺氧环境下,兼性厌氧反硝化除磷细菌摄磷和反硝化(脱氮)一并完成除磷脱氮过程,提高对污染物全方位的充分分解。流离球生化池出水在二沉池进行泥水分离后,再依次经过高密度沉淀池的絮凝沉淀和V型滤池的深度过滤,进一步去除水中的SS和磷污染物,并去除小部分有机物。V型滤池出水再经杀菌消毒后排放到文昌河。

2.5 主要构筑物设计

本工程预处理系统按 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 建设,包含格栅渠、初次提升泵房、沉砂池、调节池,生化处理和深度处理系统按 $2.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 建设,包括厌氧水解池、流离球生化池、二沉池、二次提升泵房、高密度沉淀池、V型滤池、消毒池、贮泥池、污泥脱水机房等,同时预留远期二级处理、深度处理所需用地。

① 厌氧水解池

1座,尺寸为 $25 \text{ m} \times 20 \text{ m} \times 8 \text{ m}$,有效容积为 3332 m^3 ,设计处理量为 $833 \text{ m}^3/\text{h}$,水力停留时间为 4.0 h 。导流板尺寸为 $2 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 3 \text{ mm}$,数量400个;填料支承架16套,填料体积为 2200 m^3 ,规格为 $\varnothing 130 \text{ mm} \times 2500 \text{ mm}$;进水堰闸阀8台。配有潜水搅拌机8套,直径为 700 mm ,功率为 8.5 kW ,转速为 520 r/min 。

② 流离球生化反应池

1座,分两组,每组尺寸为 $36 \text{ m} \times 18 \text{ m} \times 6 \text{ m}$,设计处理量为 $833 \text{ m}^3/\text{h}$,总水力停留时间为 8 h ,总有效容积为 6664 m^3 ,底部格栅及支架面积共计 60 m^2 。每组配有215型膜片式微孔曝气器4000个,通气量为 $1.5 \sim 3.0 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,并配套管托、支架、曝气支管等设备;每组混合液回流泵8台(1台备用), $Q=64 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=8 \text{ kPa}$, $N=1.5 \text{ kW}$ 。本工艺共使用 84.08×10^4 个流离球,装填密度为 $550 \text{ 个}/\text{m}^3$,填料型号 $\varnothing 120 \text{ mm}$ 。

③ 二沉池

竖流式沉淀池1座,设计流量为 $833 \text{ m}^3/\text{h}$,尺寸为 $\varnothing 25 \text{ m} \times 6 \text{ m}$,有效容积为 2499 m^3 , $HRT=3 \text{ h}$ 。配有中心筒布水器1套, $\varnothing=25 \text{ m}$, $H=4.5 \text{ m}$, $N=0.55 \text{ kW}$;钢制溢流堰1套。

④ 高密度沉淀池及加药间

1座,设计处理量为 $833 \text{ m}^3/\text{h}$ 。高密度沉淀池集混凝、絮凝反应与斜管沉淀于一体。混凝、絮凝沉淀池总平面尺寸为 $12.75 \text{ m} \times 13.40 \text{ m}$,混凝反应区池高为 7.25 m ,水深为 4.5 m ,絮凝反应区池高为 5.80 m ,水深为 5.4 m ,配有混凝搅拌机和絮凝搅拌机各一套,规格均为 $V_{\text{外}}=3 \text{ m}^3/\text{s}$, $N=4 \text{ kW}$ 。斜管沉淀区面积为 112.8 m^2 ,斜管沉淀区上升流速为 3 mm/s ,斜管面积为 74 m^2 ,斜管内上升流速为 4.13 mm/s ,斜管类型为六角蜂窝形,水力系数为 10.8 。高密度沉淀配有污泥螺杆泵共3台,其中1台回流,1台排泥,1台备用, $Q=38 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=300 \text{ kPa}$, $N=11 \text{ kW}$ 。加药间尺寸为 $4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 3 \text{ m}$,配有PAC、PAM自动加药系统各一套,投加量分别为 $10 \sim 15$ 、 $0.5 \sim 1.2 \text{ mg/L}$ 。

⑤ V型滤池

1座,设计处理量为 $833 \text{ m}^3/\text{h}$,平面尺寸为 $35.0 \text{ m} \times 15.5 \text{ m}$,滤池有效面积为 450 m^2 ,设计滤速为 8.04 m/h 。滤料为石英海砂,粒径为 $0.95 \sim 1.35 \text{ mm}$,不均匀系数为 $1.0 \sim 1.3$,滤层厚度为 $1.2 \sim 1.5 \text{ m}$ 。承托层粒径为 $4 \sim 8 \text{ mm}$ 。反冲洗期间,气冲 3 min ,气冲强度为 $14 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;气水冲 5 min ,气冲强度为 $7 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,水冲强度为 $2.1 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;再水冲 6 min ,水冲强度为 $5 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,过滤周期为 $36 \sim 48 \text{ h}$ 。反冲洗水泵采用自耦式潜水泵,配置3台,气水反冲时开启1台,单独水冲时开启2台,备用1台。反冲洗水泵 $Q=232 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=90$

kPa, $N = 25$ kW。

⑥ 紫外消毒池

1座,尺寸为35 m×20 m×1.3 m,设计处理量为833 m³/h,出水粪大肠菌数量≤1 000个/L。配有管道式紫外线消毒器5台,进口管径DN100, $N = 2.2$ kW。

3 经济性分析

本工程建设总投资约7 873.85万元,资金由建设单位自筹解决。主要经济指标见表2。可见,本项目财务内部收益率高于行业基准值,说明项目有一定的盈利能力和偿还能力。静态投资回收期小于行业基准值,说明项目投资能够按时收回。本项目年污水处理总成本为2 973.6万元,年经营成本(运行成本)为1 379.7万元,污水处理经营成本(运行成本)为1.89元/m³。

表2 主要经济指标

Tab. 2 Main financial indexes

项 目	估算值		排水行业基准值
	所得税前	所得税后	
财务内部收益率/%	6.67	5.20	5
静态投资回收期(含建设期)/a	12.97	14.79	18
财务净现值(ic=5%)/万元	227	64.00	>0

4 运行效果

本工程在2017年4月开始试运行,2017年10月完成竣工环保验收并正式运营。流离球生化池及后续深度处理工艺的运行效果十分稳定、高效,在冬季4~6℃低温下,仍可保证高效运行。工程平均进水量为1.74×10⁴ m³/d,出水水质达到了一级A排放标准。各处理单元运行效果见表3。

表3 各处理阶段运行效果

Tab. 3 Operation effects of each treatment stage

mg·L ⁻¹						
项 目	BOD ₅	COD	SS	NH ₃ -N	TN	TP
格栅+沉砂池+调节池+水解池	274	580	310	32.4	46.5	6.3
出水	223	370	91	31.8	44.1	6.3
流离球生化池+二沉池	10	40	14	2.12	5.7	1.65
高密度沉淀池+滤池	6	25	1.2	2.06	5.5	0.35

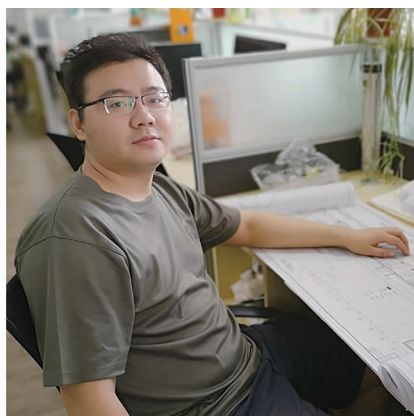
5 结论

巴州工业园污水处理厂采用预处理+厌氧水解+流离球生化+深度处理工艺,可使园区废水得到高效稳定的治理,避免了超标废水排入文昌河造成污染。

本工程实践证实流离球生化技术具有很好的脱氮作用,但对磷的去除效果受到限制。整个组合工艺不仅去除效果理想,运行成本较低,且具有易于启动、管理方便的特点,在类似工业园废水处理领域具有很高的推广价值。

参考文献:

- [1] 刘志伟,朱瑞佳,洪飞宇. 中西药剂生产厂废水处理工程的技术改造[J]. 中国给水排水,2013,29(12):72-74.
Liu Zhiwei, Zhu Ruijia, Hong Feiyu. Reconstruction of medicine wastewater treatment project in pharmaceutical factory[J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(12): 72-74 (in Chinese).
- [2] 李迪田,邱少文. 电解+Fenton氧化预处理园区医药废水的研究[J]. 中国给水排水,2013,29(21):90-92.
Li Ditian, Qiu Shaowen. Microelectrolysis combined with Fenton oxidation for pretreatment of pharmaceutical wastewater from an industrial park[J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(21): 90-92 (in Chinese).



作者简介:孙杰(1988-),男,陕西咸阳人,硕士,工程师,主要从事铁路工程给排水及消防设计工作。

E-mail:lishanlishan33@sina.com

收稿日期:2018-07-18