

中国西安市某半埋式污水处理厂设计要点分析

Analysis of the Design Points of a Semi-buried Sewage Treatment Plant in Xi'an, China

张丹丹 崔慧萍 丁元勋 肖向忠 张浩祥

Dandan Zhang Huiping Cui Yuanxun Ding Xiangzhong Xiao Haoxiang Zhang

中国市政工程华北设计研究总院有限公司 中国·天津 300074

North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Tianjin, 300074, China

摘要: 以中国西安市某半埋式污水处理厂为例, 探讨半埋式污水处理厂+顶部公园建设形式的设计要点。该污水处理厂主要服务于周边的工业园区及居住区, 设计规模为 $6.0 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。设计出水水质除 TN 按 12mg/L 控制, 其余指标执行 DB61/224—2018《陕西省黄河流域污水综合排放标准》A 等级标准, 主体工艺采用改良 Bardenpho 工艺。对设计水质下的工艺设计参数进行了分析探讨。实际运行数据表明, 该工程出水水质稳定达到排放标准。

Abstract: Taking a semi-buried sewage treatment in Xi'an, China as an example, this paper discussed the design points of the construction form of semi-buried Sewage Treatment with park on the top. The sewage treatment plant was designed to serve the surrounding industrial parks and residential areas, with a design size of $6.0 \times 10^4 \text{m}^3$ per day. The designed effluent quality was controlled by 12mg/L of TN, and the other indexes were carried out according to the grade A standard of DB61/224-2018 *Integrated Wastewater Discharge Standard of Yellow River Basin in Shaanxi Province*, and the main process was the modified Bardenpho process. This paper analyzed and discussed the process parameters under the design water quality. The actual operation datas showed that the effluent quality of the project reached the discharge standard stably.

关键词: 半埋式污水处理厂; 工业废水; 改良 Bardenpho 工艺

Keywords: semi-buried sewage treatment plant; industrial effluents; modified Bardenpho process

DOI: 10.12346/etr.v5i2.7690

1 引言

随着城市发展及人们对于生活品质要求的提高, 埋式污水处理厂与顶部景观相结合的建设形式正在国内大力发展。而其中, 半埋式建设形式由于具有良好的通风条件、便利的运行维护条件及通透的采光条件等优点, 在污水处理厂建设中得到越来越多的应用^[1]。以本工程为例, 对半埋式污水处理厂与顶部景观相结合的建设模式的设计要点进行探讨。

2 项目概况

西安某半埋式污水处理厂采用改良 Bardenpho 工艺, 设计规模 $6.0 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。该项目主要服务于周边的工业产业园及居住区, 工业园区产业类型主要为汽车制造、生物医药、电子等。

改良 Bardenpho 工艺具有较高的脱氮除磷效率及碳源利用率, 可充分利用原水中的碳源, 节约运行成本。改良 Bardenpho 工艺在处理低 BOD_5/TN 混合污水及高标准排放的提标改造应用中都表现出了明显的适用性及稳定性^[2,3]。

本工程将污水处理构筑物集约在一个箱体内, 进行半埋式处理, 让水处理工艺均处在地下, 地上一层设置操作层及辅助性用房, 以满足工艺生产需求。最上层进行覆土景观设计, 并用斜坡景观

设计将地面与覆土景观连接成一体, 让建筑体立足于景观之中, 形成“建筑长于自然, 自然环抱建筑”的生长形式, 真正做到还绿化于自然。

厂区东西两侧各设置门卫 1 座, 实现东西侧市政路与半埋式箱体的连接。

【作者简介】张丹丹(1989-), 女, 中国山东冠县人, 硕士, 工程师, 从事污水处理研究。

3 设计进出水水质及工艺流程

本工程设计出水水质除 TN 按 12mg/L 控制，其余指标执行 DB61/224—2018《陕西省黄河流域污水综合排放标准》A 等级标准。

本工程设计进出水水质如表 1 所示。

本工程的工艺流程如图 1 所示。

4 主要设计参数

①预处理单元：预处理单元采用粗格栅 + 细格栅 + 曝气沉砂池 + 精细格栅（预留）工艺。格栅设计为 1 座 3 渠，设计过栅流速 0.7m/s。粗格栅采用钢丝绳牵引格栅，细格栅及精细格栅均采用内进流网板格栅。三道格栅的设计栅隙分别为 20mm、5mm 和 2mm。考虑半地下污水处理厂结构的特殊性，预留精细格栅工艺，主要为应对未来提标改造或水质变动等不确定因素留有余地。曝气沉砂池 1 座 2 组，设计峰值停留时间 5min，有效水深 2.65m，单格有效宽度 3.7m。

②水解酸化池：沿车道对称设置水解酸化池 2 组，设计水力停留时间 8h，有效水深 7.9m。

③改良 Bardenpho 生物池：沿车道南北两侧各设置生物池 2 组，设计总停留时间：18.45h，其中预缺氧池 0.65h，厌氧池 1.34h，前缺氧池 6.18h（含兼氧 1.3h），前好氧池 8.37h，后缺氧池 1.06h，后好氧 0.86h。有效水深：7m；总泥龄：18.5d；污泥负荷：0.059kg BOD₅/kg MLSS · d；MLSS：4g/L；混合液回流比：100~300%；污泥回流比：50~100%。

④矩形周进周出二沉池：二沉池 2 座 6 组，沿箱体车道对称分布。设计表面负荷：0.88m³/m²·h（平均时）；1.27 m³/m²·h（最大时）；设计有效水深 4.5m。

⑤高密度沉淀池：高密度沉淀池 1 座 2 组。设计混合时间：

2.68min；絮凝时间：13.2min；沉淀区表面负荷：9.88m/h（均时）；污泥回流比：3%~8%。设置 13.2m 直径的中心传动刮泥机 2 组，混合区及絮凝区各设置搅拌器 1 套，每组设污泥螺杆泵 3 台，2 用 1 备，单台设计 Q=40~80m³/h，1 台用于污泥回流，1 台用于排除化学除磷污泥，共用备用泵 1 台。

⑥中间水池及反硝化深床滤池：中间水池设置潜水轴流泵 4 台，3 用 1 备，单台 Q=1135m³/h，H=5.5m，N=35kW，以减少后续构筑物的埋深。反硝化深床滤池 1 座 8 格，设计滤速：5.95m/h；强制滤速：6.80m/h；单格过滤面积：71.44m²；气反冲洗强度：90m/h；水冲洗强度：15m/h。设计每 4~6h 进行一次驱氮，使用反冲洗水泵进行扰动，历时 3~5min。反硝化深床滤池设置超越渠道，当生物脱氮能满足出水 TN 达标的要求时，对其进行超越运行，以节约电耗。

⑦臭氧接触池（预留）：接触时间 40min。臭氧投加量：20~30mg/L，投加浓度：10%wt。臭氧接触池为预留措施，作为最终 COD_{Cr} 达标排放的保障设施，现阶段对其进行超越运行，设备暂不安装。

⑧紫外消毒渠：1 座 2 渠。含：水位传感器、自动水位控制器、紫外模块等成套装置。紫外线透射率：65%，有效紫外剂量 ≥ 20.0mJ/cm²。

⑨出水巴氏计量槽及接触消毒池：巴氏计量槽设计喉宽 0.75m，Q=25~1100L/s；接触消毒池设计接触时间 30min，设计规模 2.0 × 10⁴m³/d，有效氯投加量 6~10mg/L，主要目的是满足市政道路洒水及绿化用水的余氯要求；配置厂外中水泵 Q=420m³/h，H=24m，N=45kW，3 台，2 用 1 备，变频；厂内中水系统：采用变频恒压供水系统，配置离心泵 3 台，2 用 1 备，单台 Q=100m³/h，主要用于厂内冲洗、配药及顶部公园绿化。

表 1 设计进出水水质 (mg/L)

检验项目	COD _{Cr}	BOD ₅	SS	TN	NH ₃ -N	TP
设计进水水质	400	150	250	45	35	6.5
设计出水水质	30	6	10	12	1.5	0.3

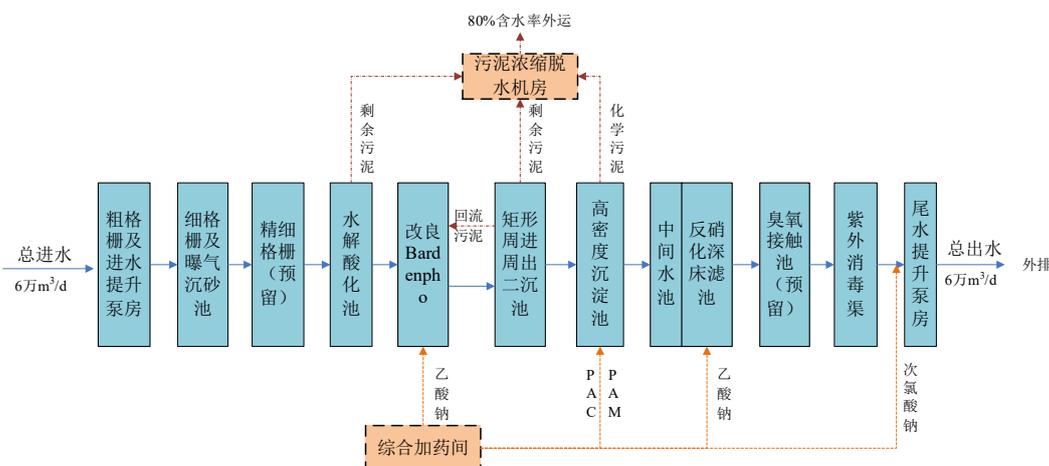


图 1 工艺流程框图

⑩尾水排放泵池: 设置潜污泵: $Q=1130\text{m}^3/\text{h}$, $H=7\text{m}$, 4台, 3用1备, 变频, 满足尾水的安全排放要求。

⑪污泥脱水机房: 总干污泥量 15tDS/d ; PAM投加量按 $3\sim 5\text{kg/tDS}$ 设计, $0.1\%\sim 0.3\%$ 浓度投加; 离心脱水机单套处理能力 $Q=40\text{m}^3/\text{hr}$, 3套, 2用1备; 脱水后污泥含水率 $\leq 80\%$ 。

⑫鼓风机房: 每组生物池配置磁悬浮鼓风机3台, 2用1备, 变频, 单台风机 $Q=62.5\text{Nm}^3/\text{min}$, 风压 80kPa , 功率 132kW 。

⑬综合加药间: 药剂种类包括 PAC、PAM 阴离子、次氯酸钠和乙酸钠。各类药剂设计投加量分别为: PAC (Al_2O_3 含量 10%): 65mg/L ; PAM 阴离子: $1\sim 2\text{mg/L}$, 投加浓度 $0.1\%\sim 0.3\%$; 次氯酸钠液体 (有效氯含量 10%): 10mg/L (有效氯); 乙酸钠 (有效含量 20%): 54mg/L (最大 245mg/L)。

⑭生物除臭: 预处理区及污泥处理区各配置生物滤池除臭设备1套, 单套除臭风量 $15000\text{m}^3/\text{h}$; 水解酸化池及生物池沿车道南北两侧各配置生物滤池除臭设备1套, 单套除臭风量 $35000\text{m}^3/\text{h}$ 。4套除臭设备的出口管汇集到1根距地约 18m 高的排放塔中, 高空达标排放。

5 实际运行效果

本工程于 2022 年 10 月投产运行, 运行以来, 各项出水指标均达到了稳定达标排放。对投产以来的进出水水质变化情况进行统计分析, 各出水指标均能稳定达到排放标准。

本工程的水质存在以下特点:

①现状实际来水水质浓度偏低。进水 BOD_5 浓度为 $13\sim 44\text{mg/L}$, COD_{Cr} 浓度为 $35\sim 126\text{mg/L}$, SS 浓度为 $12\sim 63\text{mg/L}$, TN 浓度为 $10.7\sim 29.6\text{mg/L}$, $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度为 $5\sim 21.7\text{mg/L}$, TP 浓度为 $0.3\sim 3.2\text{mg/L}$ 。根据现场调查发现, 污水处理厂进水主要来自几家排水大户企业, 而企业内部均建有预处理站, 处理站大多采用生化处理+深度处理工艺, 出水污染物指标均非常低, 加之部分地下水渗入严重、自来水厂废水的排入、雨污水管分流不彻底以及错接、漏接等, 造成污水处理厂进水浓度过低 (这也是中国目前要求各城市管网提质增效

的重要原因)。

② $\text{BOD}_5/\text{COD}_{\text{Cr}}$ 比平均值为 0.36 , 整体可生化性一般, 实际运行中, 需加大对原水中碳源的利用率, 并依靠外加碳源来保证微生物的正常代谢。

③经分析, BOD_5/TN 平均值 1.33 , 一般认为 $\text{C/N} \geq 2.86$ 就能进行脱氮, 但一般认为, $\text{C/N} \geq 3.5$ 才能进行有效脱氮。因此, 现阶段实际运行时, 需要投加碳源方能进行有效脱氮。

④ BOD_5/TP 平均值为 26 , 可有效进行生物除磷。现状实际运行中, 未投加 PAM 阴离子, 也可实现总磷的稳定达标排放。

基于以上进水水质情况, 应通过控制 DO、污泥浓度、内回流系统等措施, 保证出水的稳定达标的同时, 减少能耗和药耗^[4]。

6 结语

①本工程进水负荷较低的主要原因为地下水入渗、自来水废水的进入、企业内排放标准过高、生活污水比例过低。

②本工程的处理工艺对不同的水质均有很好的适用性, 能保证出水的稳定达标排放。

③建议对工业园区漏损严重的管网进行勘察修复, 尽可能多地接入生活污水, 并对企业内部生活污水排放标准适当放宽; 引导性、适当引入农副产品加工类企业, 以解决现状水质碳源缺失问题。

参考文献

- [1] 张显忠, 赵国志. 地下式污水处理厂构筑物布置方式探讨及工程实例[J]. 给水排水, 2009, 35(11): 7-10.
- [2] 李宏斌, 刘保成, 李昌兵, 等. 杭州某城镇污水处理厂五段式 Bardenpho 工艺调试运行[J]. 中国给水排水, 2020, 36(12): 150-154.
- [3] 姚伟涛, 肖社明, 张永祥, 等. 改良 Bardenpho 工艺处理低 BOD_5/TN 混合污水工程设计[J]. 中国给水排水, 2018, 34(14): 67-70.
- [4] 温荣平, 卢东昱, 郭伟, 等. 低负荷城市污水厂的运行问题与对策[J]. 中国给水排水, 2010, 26(18): 144-150.