

# Actual Cases of Engineering Design and Commissioning for CDMO Pharmaceutical Wastewater Treatment

Hui Jin Chengyin Guo Lang Qin

Jiuzhou Pharmaceutiacl (taizhou) Co., Ltd., TaiZhou, Zhejiang, 317015, China

## Abstract

CDMO pharmaceutical wastewater has complex components, high pollutant concentrations, poor biodegradability, and is difficult to treat. This project strictly categorizes, collects, and pretreats workshop processes wastewater, and ensures the stability of the incoming water quality of the wastewater treatment system by accurately adjusting the daily treatment water quantity. This project adopts the “hydrolysis acidification UASB two-stage A/O+coagulation sedimentation” treatment process. This process has good impact resistance and good operation effect. The removal rates of COD, NH<sub>3</sub>-N, TN and TP are 97.5 %, 93.8 %, 84.7 % and 93.8 %, respectively. The effluent is stable and meets the discharge standard.

## Keywords

CDMO pharmaceutical wastewater; hydrolysis acidification; UASB; A/O; coagulation sedimentation

## CDMO 制药废水处理工程设计及运行调试实例

金辉 郭成寅 秦朗

九州药业（台州）有限公司，中国·浙江台州 317015

## 摘要

CDMO 制药废水成分复杂，污染物浓度高、可生化性差，废水处理难度大，本项目对车间工艺进行严格地分质、分类收集、预处理，并通过精确调配每日处理水量确保废水处理系统进水水质的稳定性。本项目采用“水解酸化-UASB-两级A/O+混凝沉淀”处理工艺，该工艺具有良好耐冲击能力，运行效果良好，COD、NH<sub>3</sub>-N、TN、TP 的去除率分别达到 97.5%，93.8%，84.7%，93.8%，出水稳定达标排放。

## 关键词

CDMO 制药废水；水解酸化；UASB；A/O；混凝沉淀

## 1 引言

浙江某制药企业新建生产基地，需配套建设废水处理设施。该企业为典型的 CDMO 企业，由于生产过程中，其产品工艺的变动较大，造成其排放废水的水质、水量波动大、污染物成分复杂、可生化性差，采用传统物化处理和生物处理技术很难达到理想的去除效果 [1-2]。为满足废水达标排放的需求，本工程拟对车间工艺废水进行清污分流、污污分流，加强对含不同特征污染物的废水进行分类收集、预处理，同时通过对含特征污染物废水每天处理水量进行精确调配，确保在一定时间跨度上实现废水水质的稳定性。生化处理工艺采用两相厌氧工艺+两相 A/O 工艺确保系统具有足够的耐冲击能力以及脱氮、降解 COD 的能力。

设计水质、水量

该企业工艺废水根据特征污染物可分为高盐废水、高

浓废水、难生化废水、低浓废水，废水站分别设置有相应的高盐废水收集池、高浓废水收集池、高盐废水收集池及低浓废水收集，每个收集池有效池容在 300m<sup>3</sup> 以上，足够容纳单个 CDMO 产品的生产周期所排放的高浓、高盐、难生化工艺废水的水量。各类工艺废水按一定比例分配水量进入综合调节池进行均质、均量调节水质后，再进入生化系统处置。根据环评资料统计该厂区综合废水约为 500m<sup>3</sup>/d，考虑企业今后的发展，确定废水站的设计处理量为 1500m<sup>3</sup>/d。废水水质和排放标准如表 1 所示。

表 1 废水水质和排放标准

项目	pH	COD (mg/L)	氨氮 (mg/L)	总氮 (mg/L)	TP (mg/L)
进水水质	6-9	≤10000	≤300	≤400	≤40
排放标准	6-9	500	35	70	8

其中，废水排放执行《污水综合排放标准》（GB 8978—1996）的三级标准，其中氨氮、总氮、总磷执行该企业所在园区污水处理厂的纳管标准。

[作者简介]金辉（1985—），硕士，工程师，从事工业水处理及废水处理设施的运行管理研究。

## 2 废水处理工艺流程

根据该企业生产情况及同类型企业废水处理工程的成功经验,本项目生化处理工艺选择以水解酸化—UASB—两级 A/O—混凝沉淀为主体的工艺处理废水。由于车间工艺废水中含有高浓度有机物和无机盐对废水生化系统污泥活性具有抑制作用,因此需要对高浓、高盐废水进行脱溶、脱盐预处理。难生化废水中大分子杂环化合物、卤代烃等,微生物很难降解,需要通过高级氧化预处理工艺,实现污染物的断链、破坏,提高废水的可生化性。废水处理工艺流程图如下图 1 所示:

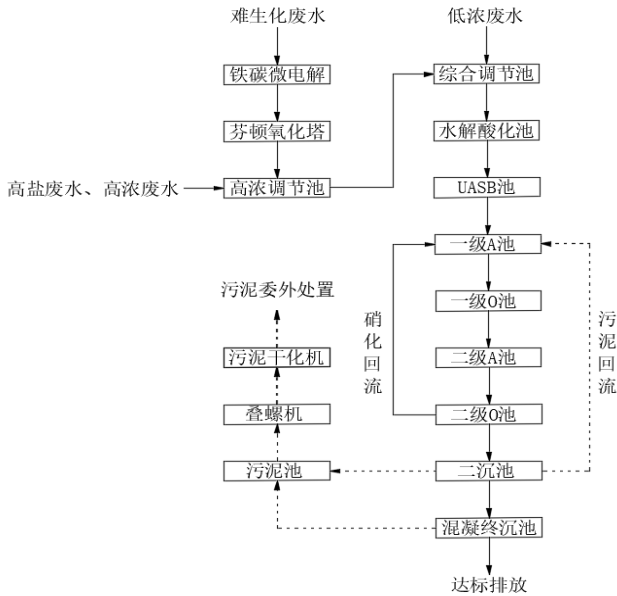


图 1 废水处理工艺流程图

高浓废水、高盐废水利用车间反应釜进行脱溶、脱盐预处理后分别进入废水站高浓废水收集池、高盐废水收集池,按生产周期确定日处理水量进入高浓调节池与其他工艺废水混合,难生化废水池进入废水站难生化废水收集池,并按一定水量经铁碳、芬顿高级氧化预处理后进入高浓调节池。高浓调节池废水按一定比例进入综合调节池与低浓废水进行混合,经提升进入水解酸化池,在水解酸化菌的作用下,将废水中大分子难降解有机物水解成小分子易生化有机物,进一步提高废水的可生化性。水解酸化池出水进入 UASB 池,在专性厌氧菌的专用下,将废水中的有机物转为二氧化碳和甲烷,降低后续生化系统处理负荷。UASB 池出水自流进入两级 A/O 池,好氧池(O池)中硝化菌以氨氮作为电子供体,以氧作为电子受体,利用 CO<sub>2</sub> 为碳源,将氨氮氧化为硝态氮或亚硝态氮,缺氧池(A池)反硝化菌以废水中有机物为电子供体,硝态氮、亚硝态氮为电子受体,将其还原为氮气,完成生物脱氮过程[3-4],好氧池好氧菌深度降解废水中残留的有机物,去除废水中的 COD。出水经二沉池泥水分离后,可达标排放。若当二沉池出现跑泥或外排废水磷超标时,

混凝终沉池可作为系统的最终保障措施。系统产生的污泥排入污泥浓缩池,经叠螺机脱水、污泥干化机烘干后外运处置。

## 3 主要构筑物及设计参数

**收集池:**全地上式钢砼结构(包括高浓废水、难生化废水、高盐废水、低浓废水收集池等),6座,单池有效池容最小 300m<sup>3</sup>,最大 1900m<sup>3</sup>(低浓废水池)。配套设备(单池):篮式过滤器 1套、潜水搅拌机 2套、提升泵 2台(1用 1备)、电磁流量计 1套、雷达液位计 1套。

**高浓调节池:**全地上式钢砼结构,1座,有效池容 1000m<sup>3</sup>。配套设备:潜水搅拌机 2套、提升泵 2台(1用 1备)、电磁流量计 1套、雷达液位计 1套。

**铁碳微电解反应器:**玻璃钢材质,1座,φ2.2×6.5m,水力停留时间 2.5h。配套设备:穿孔曝气系统 1套、pH计 1套。

**芬顿氧化池:**全地上式钢砼结构,1座,水力停留时间 3h。配套设备:曝气搅拌 1套,ORP仪 1套。

**综合调节池:**全地上式钢砼结构,1座,有效池容 2000 立方米,设计水力停留时间 32h。配套设备:潜水搅拌机 4套、电磁流量计 1套、雷达液位计 1套、提升泵 2台(1用 1备)、pH计 1套。

**水解酸化池:**全地上式钢砼结构,1座,有效池容 1120m<sup>3</sup>,水力停留时间 17h。配套设备:潜水搅拌机 4套,pH计 1套,污泥回流泵 2台(1用 1备)、蒸汽加热系统 1套、温度计 1套。

**UASB 池:**全地上式钢砼结构,6座,单池有效池容 786m<sup>3</sup>,水力停留时间 75h,COD 容积负荷 2.57KgCOD/m<sup>3</sup>.d。配套设备(单池):进水泵 2台(1用 1备)、厌氧循环泵 2台(1用 1备)、pH计 1套、布水器 1套,三相分离器 1套。

**两级 A/O 系统:**全地上式钢砼结构,2座,总有效池容 7300m<sup>3</sup>,水力停留时间 117h,COD 污泥负荷 0.62KgCOD/m<sup>3</sup>.d,硝化负荷 0.18KgNH<sub>3</sub>-N/KgMLSS.d。配套设备:空气悬浮风机 3台(2用 1备)、硝化液回流泵 4台(2用 2备)、溶氧仪 2套,温度计 2套、曝气系统 2套、潜水搅拌机 4套、抽拉式曝气软管 2套、硝化液冷却器 2套。

**二沉池:**全地上式钢砼结构,2座,辐流式沉淀池,表面负荷 0.74m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>.h)

配套设备:污泥泵 4台(2用 2备)、刮泥机 2套、电磁流量计 2套。

**混凝终沉池:**全地上式钢砼结构,1座,辐流式沉淀池,表面负荷 0.84m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h。配套设备:刮泥机 1套、污泥泵 2台(1用 1备)、电磁流量计 1套、PAC 加药系统 1套、PAM 加药系统 1套、碱加药系统 1套。

**外排水池:**地上式钢砼结构,1座,有效池容 1500m<sup>3</sup>,水力停留时间 24h。配套设备:外排水泵 2台(1用 1备)、超声波液位计 1套、穿孔曝气系统 1套、超声波

流量计 1 套。

污泥池：地上式钢砼结构，1 座，有效池容 280m<sup>3</sup>，污泥固体通量：M=30kg/(m<sup>2</sup>·d)。配套设备：污泥浓缩机 1 套、污泥泵 2 台（1 用 1 备），泥位计 1 套、叠螺机 1 套、污泥干化机 1 套。

## 4 生化系统调试及运行情况

### 4.1 生化系统调试

本项目生化调试接种污泥取自同类型企业废水站生化污泥，调试工作分两步进行，优先调试好氧系统（两级 A/O 系统），由于好氧系统启动速度快，能在极短的时间内具备处理部分低浓废水的能力，满足车间部分废水的排放需求。在好氧系统调试达到预期目标后，立即启动厌氧系统（水解酸化池+UASB 池）的调试工作，随着厌氧系统的处理负荷的不断提高，应同步减少好氧系统超越管线的进水量，最终实现废水先经厌氧系统处理降负荷，再经好氧系统深度处理、生物脱氮，废水达标排放的工艺流程，并且实际废水处理量达到设计处理能力。

### 4.2 运行情况

本工程生化调试工作历时 7 个月，目前各工艺单元运行正常，处理效果稳定，各生化处理单元出水检测数据如下表 2 所示：

水质指标	COD (mg/L)	氨氮 (mg/L)	总氮 (mg/L)	TP (mg/L)
综合调节池	9950	294.7	334.9	40
水解酸化 +UASB 池	3180	280.1	327.6	36
两级 A/O 池	248.8	3.6	51.2	2.5
排放标准	500	35	70	8

### 4.3 运行成本分析

该废水处理工程总投资 3500 万元，设备装机总功率为 951.7KW，系统稳定运行期间统计，日处理 1200m<sup>3</sup> 废水，电耗为 310.9KWh，电费按照 0.7 元/KWh 计算，废水处理电费为 4.35 元/吨水，药剂费用 2.24 元/吨水，人工费用 0.83 元/吨水，折旧与维修费用 6.48 元/吨水，综合计算运行成本约为 13.9 元/吨水。

## 5 结论

针对 CDMO 制药废水的特点，加强废水分质分类收集、预处理，通过合理的水量、水质调配，确保废水处理系统进水水质的稳定性，废水生化处理工艺采用水解酸化+UASB+ 两级 A/O 工艺，该工艺具有处理效果好、运行稳定、抗冲击负荷强等特点。根据废水站日常监测数据可知，废水 COD、NH<sub>3</sub>-N、TN、TP 的去除率分别可达到 97.5%，93.8%，84.7%，93.8%，出水 COD、NH<sub>3</sub>-N、TN、TP 分别为 248.8mg/L、3.6mg/L、51.2mg/L、2.5mg/L，出水达到《污水综合排放标准》（GB 8978—1996）的三级标准及园区污水厂纳管标准。废水站综合运行成本为 13.9 元/吨水。

### 参考文献

- [1] 万金保, 邹义龙, 万莉, 等. 化学合成制药废水处理工艺设计实例 [J]. 中国给水排水, 2014, 30 (24): 133—136.
- [2] 雷弢, 陈方方, 王超, 等. 化学原料药生产废水处理工程实例 [J]. 工业用水与废水, 2022, 53(1): 66-68.
- [3] 王昭玉, 潘露露. 生物膜法及脱氮理论介绍 [J]. 四川化工, 2021, 3(22):54-57.
- [4] 郭静波, 叶兆勇, 付欣, 张兰河, 马放. 废水生物脱氮工艺中 N<sub>2</sub>O 排放数学模型研究进展 [J]. 化学通报, 2017, 80(3): 266-272.