

重庆市环境科学学会团体标准编制说明

(征求意见稿)

标准名称：《化学合成类制药工业废水处理技术规范》

一、制定标准的背景、必要性、目的和意义

1.标准编制背景

2019年全球制药市场规模为1.2万亿美元,预计2025年将增加至1.7万亿美元(其中化学合成制药仍占据主导地位,2025年全球化学药市场规模预计1.18万亿美元),2030年全球医药市场规模预计2.1万亿美元,全球制药市场未来5年将保持5%-6%的稳健增长。中国作为亚洲最大的制药国家之一,是全球第二大制药市场,中国制药市场在2025年呈现出"传统承压、创新崛起"的鲜明分化格局,市场规模预计突破3.5万亿元,年复合增长率达14.5%。制药行业作为《中国制造2025》的重点发展领域,在国家对制药行业的空前重视下,制药行业的行业地位不断提升。重庆作为我国制药产业的重要基地之一,近年来发展迅速,已成为全国重要的生物医药产业基地之一。根据《重庆市生物医药产业“十四五”规划》,到2025年,全市生物医药产业规模力争突破2000亿元,培育产值百亿级企业3家、50亿级企业5家。以制药业等为代表的十大战略性新兴产业是重庆未来产业转型的“发动机”,对重庆经济的贡献率日益增加。化工制药行业体量增加的同时,产生的制药废水体量也相继增加。

我国发布的《医药工业发展规划指南》中提出了“推动绿色改造升级”的要求:建设绿色工厂和绿色园区,打造一批低污染物排放的工厂,积极试点制药工业园区清洁生产,建设高标准园区,实现上下游配套、公用系统共享、资源综合利用和污染物集中治理,在控制污染物排放和污染物治理等方面持续稳定达到国家、地方标准或要求。同时《重庆市环境保护条例》、《重庆市深入打好长江保护修复攻坚战行动方案》(2023年)和《推动经济社会发展全面绿色转型行动计划(2025—2027年)》等,也对全市的制药废水排放质量做出了更高的要求。

2.标准编制必要性

国务院印发关于《“十四五”节能减排综合工作方案》中提出,以金属、建材、化

工等行业为重点，推进节能减排和污染物的深度治理。并明确指出 2025 年目标，化学需氧量、氨氮、氮氧化物、挥发性有机物排放总量比 2020 年分别下降 8%、8%、10%以上、10%以上。“十四五”期间含化工制药在内的化工领域将进入高质量发展阶段，绿色环保将成为化工生产领域的常态。近年来化工行业成为节能减排的重点行业，在加大力度整治化工行业污染排放的同时，也为化工生产带来了更大的压力。截止 2019 年，因废水排放不达标问题，全国近 1000 家化工企业被关停，重庆共 350 家化工企业被列入重点排污单位名录。

制药工业作为全国 6 个重点污染行业之一，其中化学合成类制药工业废水因其含有废水中含有未反应完全的原料、中间体、副产物、药物活性成分、有机溶剂（如甲醇、甲苯、丙酮）、酸碱、催化剂、重金属等物质，成为工业废水处理中最复杂、最难处理的类型之一。其普遍具备有机物浓度高、有机氮、氨氮浓度高、成分复杂等特点，通常以“物化处理技术+生物处理技术”进行处理。前端预处理以物化处理技术为主，去除或回收部分污染物，后端采用生物处理技术去除废水中的氨氮、总氮、COD，实现达标排放。化学合成类制药工业废水处理普遍存在废水处理工艺选择不合理，投资、运行成本高等情况。

3.标准编制目的和意义

废水物化处理技术发展多年，物化处理也是制药工业废水处理的必要环节，常见物化处理技术有微电解法、电芬顿法、臭氧氧化法、混凝沉淀法、蒸发法、电渗析法、反渗透法等，因化学合成类药物不同，废水中所含成分也相差较大，若选择的物化处理工艺不匹配，只会导致后端处理不达标和成本过高。生物处理技术是 20 世纪 50 年代后期发展起来废水处理的方法，因其具有处理效率高、无二次污染、所需设备简单、便于操作、费用低廉和管理维护方便等特点，也是化学合成类制药工业废水处理的重要组成。实际处理过程中生化段又分为厌氧段（A）与好氧段（O），根据水质情况，选择 A/O、A/A/O、A/A/O/O 等工艺，厌氧段工艺有 UASB、厌氧接触法、升流式厌氧污泥床、挡板式厌氧法、厌氧生物滤池、厌氧膨胀床和流化床，以及第三代厌氧工艺 EGSB 和 IC 厌氧反应器等；好氧段工艺有生物滤池，生物转盘，氧化沟工艺等。

在疫情防控期间，化学合成类制药行业作为国家防疫事业的重要支撑，既要保证

市场药物的稳定供应，又要支持国家生态文明建设。但是我国对化学合成类制药工业废水的处理技术仍然缺乏针对性较强的可行性标准、规范和要求，为此，本团队以长期开展化工制药类废水处理经验为基础，结合该行业废水处理需求，制定《化学合成类制药工业废水处理技术规范》，可有效促进化学合成类制药行业的绿色发展和污染防治，切实指导化学合成类制药工业废水处理过程中的工艺选择、工程实施和运行维护、技术改造等工作。

二、编制组简况

1、标准主要起草单位和起草人员任务分工

重庆理工大学作为本标准的主要起草单位，重庆士继生态环境科技有限公司、河北东丽新材料有限公司、众沐盛顶环境科技（重庆）有限公司、重庆理享生态修复研究院有限公司、重庆智净环境科技有限公司共同参与。标准起草团队在制药工业废水领域开展了大量调研工作，成功解决了多个企业的废水排放达标难题。本标准编制团队由多名教授、博士、硕士和工程师组成，团队拥有“重庆市化工废水处理与污染控制工程技术研究中心”，在不同化工废水中污染物和典型特征的相关研究中取得了突破性的进展，获得首批“重庆英才·创新创业示范团队”称号；在废水处理领域获得了重庆市科技进步二等奖 3 项，中国产学研合作创新成果二等奖 1 项，完成省部级以上科技项目 20 余项；多年来累积发表学术论文 100 余篇，其中三大检索（SCI、EI、ISTP）50 余篇，出版学术专著 6 部，获得授权国家发明专利 20 余项。

起草人员任务分工如下：

姓名	专业	学历/职称	工作单位	项目分工
赵天涛	环境工程	博士/教授	重庆理工大学	项目总负责，负责项目统筹推进
李文革	化工机械	本科/正高	河北东丽新材料有限公司	标准编制，负责引用文件对比
艾铄	化学工程	硕士/中级	重庆士继生态环境科技有限公司	报告编制，对调研信息进行汇总收集
陈波	机电一体化	专科/中级	众沐盛顶环境	报告编制，数

			科技（重庆）有限公司	据汇总与分析
刘毫	化学工程	硕士/中级	重庆士继生态环境科技有限公司	标准编制，对调研信息进行汇总收集，对接所有参编单位
刘向阳	化学工程	硕士/中级	重庆士继生态环境科技有限公司	现场调研，对接制药工业企业
滕亮	生物工程	硕士	重庆理享生态修复研究院有限公司	数据汇总与分析
张丽杰	化学工艺	硕士/教授	重庆理工大学	标准编制，负责数据准确性
牟毅	信息管理与信息系统	本科/中级	众沐盛顶环境科技（重庆）有限公司	现场调研，对接制药工业企业
桂许维	农业资源与环境	博士	重庆水务环境控股集团有限公司	标准编著，负责调研提供数据
程治良	分析化学	博士/副教授	重庆理工大学	资料收集与整理
聂煜东	环境化工	博士/副教授	重庆理工大学	负责数据分析
高跃鑫	生物工程	硕士	重庆智净环境科技有限公司	现场调研，对接制药工业企业
朱玉梅	物理化学	硕士/高级	河北东丽新材料有限公司	标准编制，负责文本编制

2、主要工作过程

2021年1月-2022年2月，标准制定工作确立以后，重庆理工大学、重庆士继生态环境科技有限公司、河北东丽新材料有限公司、众沐盛顶环境科技（重庆）有限公司、重庆理享生态修复研究院有限公司和重庆智净环境科技有限公司立即组建了标准编制组，对标准名称、制定思路、本解决的问题等关键信息展开了详细的讨论。随后立即组织技术人员对多家制药工业企业的废水处理工艺和难题进行调研，总结经验和

案例，不断修正标准制定思路。

2022年3月-2022年4月，通过修改团体标准立项书，经重庆环境科学学会组织专家审核，顺利通过专家评审，进入编制阶段。

2022年5月-2022年8月，编制组通过对标准设计思路核实，在合作企业开展了标准执行模拟，证明了本标准的可行性。

三、标准编制依据和原则

1、编制依据

在疫情防控和“十四五”节能减排的大背景下，国家和人民对制药行业愈发重视和关心，而重庆市作为我国制药发展的重要战略高地之一，重庆市对制药行业（尤其是化学合成类、原料药及制剂制造）提出了系统、严格的环保管理要求，涵盖项目准入、选址布局、污染防治、清洁生产、总量控制、风险防范等全链条环节，既要保证市场药品的稳定供应，又要深入做好污染防治工作，已形成“源头减量—过程控制—末端治理—循环利用—执法监管”的闭环管理体系。但是对化学合成类制药工业废水的生物处理技术缺乏相应的技术指南和指导文件。

在工业废水排放领域，我国现有相关强制性标准有《中药类制药工业水污染物排放标准》（GB 21906-2008）、《提取类制药工业水污染物排放标准》（GB 21905-2008）、《生物工程类制药工业水污染物排放标准》（GB 21907-2008）、《化学合成类制药工业水污染物排放标准》（GB 21904-2008）、《混装制剂类制药工业水污染物排放标准》（GB 21908-2008）、《发酵类制药工业水污染物排放标准》（GB 21903-2008）等排放限制标准。在废水处理领域也有《含氰废水处理处置规范》（GB/T 32123-2015）、《芬顿氧化法废水处理工程技术规范》（HJ 1095-2020）和《含油污水处理工程技术规范》（HJ 580-2010）等标准，而化学合成类制药工业废水的处理处置方面的规范空白。本标准从实际工程问题出发，以解决化学合成类制药企业废水处理难题为切入点，规范废水处理全流程工艺设计和技术组合的选择。本标准的编制与实施，将作为化学合成类制药企业废水处理的指导意见，引导企业在废水处理建设过程中，应关注废水中的何种指标。

2、编制原则

本标准编制过程中，遵循了以下基本原则：

- 1) 标准需要具有行业特点，指标及其对应的要求要积极参照采用国家标准和行业标准。
- 2) 标准能够体现出技术的具有关键共性的技术要素。
- 3) 标准能够为技术的研发、改进、选择指出明确的方向。
- 4) 标准需要具有科学性、先进性和可操作性。
- 5) 要能够结合行业实际情况和技术特点。
- 6) 与相关标准法规协调一致。
- 7) 促进行业健康发展与技术进步。

四、适用范围

本标准规定了化学合成类制药工业废水处理中物化预处理工艺、生物处理工艺和深度处理工艺的选择、技术要求和管理要求。本标准适用于指导化学合成类制药企业废水处理中的工艺调试和技术改造，有助于促进打好“污染防治攻坚战”、贯彻落实“十四五”污染防治和节能减排要求，推动化学合成类制药行业的高质量发展。同时本标准也直接关系到重庆市工农业顺利发展以及人民生活质量提高，对保护我市水资源和生态环境具有重大意义。

五、国内外现状

1、化学合成类制药概况

化学合成类制药指采用一个化学反应或者一系列化学反应生产药物活性成分的过程，包括完全合成制药和半合成。2021年，医药制造业整体利润总额7087.5亿元（同比增长67.3%），其中化学合成类制药占比约70%，估算约4961亿元。2022年，化学原料药出口金额增长15.7%，制剂出口增长7.7%。2024年我国医药工业整体营业收入2.98万亿元，化学合成类制药占比约30%，估算约8940亿元。2025年1~6月全国化学药品原药累计产量192.0万吨，同比增长4.8%。

我国生产的化学合成类产品主要分为神经系统类、抗微生物感染类、呼吸系统类、

心血管系统类、激素及影响内分泌类、维生素类、氨基酸类和其他类，约近千个品种。

2、化学合成类制药生产废水组成及特性

在化学合成制药过程中，所产生的化学反应呈现鲜明差异，一般化学合成类制药生产废水由以下组成。

(1) 母液类。如各种结晶母液、转相母液、吸附残液等及其残液；

(2) 冲洗废水。包括反应器、过滤器、催化剂载体、树脂等设备和材料的洗涤水，以及地面、用具等的洗刷废水等；

(3) 辅助过程废水。如封水、溢出水等；

(4) 厂区生活废水。

合成制药废水中有大量的有机物，其中催化剂、生产物以及反应物浓度高，COD浓度甚至超过了几十万 mg/L，并且含有部分无机盐，此种物质是化学反应所产生的副产物。部分废水中的 pH 值变化较大，排放酸水或碱水，即便废水的成分含量单一，但是微生物处理难度较大。部分原料生物降解难度较大，如原料中的重金属、酚类化合物、卤代烃溶剂等，需要针对性选择相应的方法予以处理。

表 1 化学合成类制药废水来源及水质特点表

废水来源	水质特点	一般水质指标
母液类	包括各种结晶母液、转相母液、吸附残液等，污染物浓度高，含盐量高，废水中残余的反应物、生成物等浓度高，有一定生物毒性、难降解。	COD浓度高：一般在数万，最高可达几十万； 生化性低：BOD ₅ /COD一般在 0.3 以下； 含盐量高：一般在数千以上，最高可达数万，乃至几十万； 氨氮浓度高：一般为200~400mg/L，最高可达1000mg/L以上。
冲洗废水	包括过滤机械、反应容器、催化剂载体、树脂、吸附剂等设备及材料的洗涤水。其污染物浓度高、酸碱性变化大。	COD:4000~10000 mg/L ; BOD ₅ :1000~3000 mg/L

辅助过程 排水	包括循环冷却水系统排污,水环真空设备排水、去离子水制备过程排水、蒸馏(加热)设备冷凝水等。	COD≤100mg/L
生活污水	与企业的人数、生活习惯、管理状态相关,属于低浓度废水。	同一般生活污水

3、化学合成类制药生产废水处理工艺

化学合成类制药废水通常含有有机物、无机盐、金属离子等复杂污染物,需要经过多个处理步骤才能有效地去除这些污染物。制药废水处理的方法是大同小异的,而具体工艺却是大相径庭的。不同种类的废水采取不同的设计方案,根据废水主要污染物,COD含量,排放量等参数,采取合理的工艺组合,一般为分质分类收集、预处理、水质水量调节、生化处理、深度处理五个阶段。

(1) 分质分类收集阶段

化学合成类制药废水的水质因其生产工序不同差别很大,需分质分类进行收集,以便对不同废水采用对应的预处理技术。企业可根据废水水质不同,分别建设高浓度、高盐分、低浓度和清下水等多种废水收集池,安装液位自动控制装置,便于随时将废水输送至预处理设施进行预处理或至调节池进行配水,池容以24h的接纳量为宜,同时做好防腐防渗处理。

(2) 预处理阶段

物化法是当前应用较为广泛的合成制药废水处理工艺,更适合处理一些浓度较高,并且带有生物毒性的合成制药废水,通过物化处理来消除其中毒性,处理效果较好,为后续处理工序奠定了基础。以下为常用的物化预处理技术:

MVR法即蒸汽机械再压缩法,其原理是利用机械式压缩机将废水浓缩蒸发产生的二次蒸汽进行再压缩,输送至加热室作为热源,对废水进行再加热浓缩,实现热能的循环利用。高盐废水指总盐分大于3.5%的含盐废水,对生化处理工艺的微生物起到抑制作用,需进行除盐预处理。利用MVR对高盐废水进行除盐预处理,可实现高效、节能。据统计,MVR浓缩1t废水耗电为15~20kWh,能耗仅为普通蒸发工艺的3%~

5%。

芬顿氧化法主要适用于含难降解有机物废水的预处理。过氧化氢(H_2O_2)与二价铁离子(Fe^{2+})混合后,可以生成具有强氧化性的羟基自由基,对废水中的大分子有机物、芳香烃类等成分具有很好的破坏作用,氧化分解为水溶性的小分子,便于进行生化处理。

吹脱法是利用吹脱和吸附原理,通过风机辅助将废水中的氨气进行分离,达到去除氨氮的目的。将含氨废水调 pH 值至 10 以上,输送至吹脱系统,水相经吹脱分离后, $\text{NH}_3\text{-N}$ 降至 200 mg/L 以下。通过风机将废水中的氨气进行吹脱,利用加入的新鲜水和 98%硫酸吸附为一定浓度的硫酸铵溶液,回收后得副产品硫酸铵。

混凝法作为一种广泛应用于废水治理的水处理技术,其工作原理是利用混凝剂与胶体粒子相互作用破坏胶体稳定性,使胶粒聚集沉淀。传统混凝剂包括铝盐、铁盐,如氯化铝、硫酸铁、氯化铁等,新兴的混凝剂包括 PAC(聚合氯化铝)、PAM(聚丙烯酰胺)等。混凝法具有操作简单、经济高效等优点,可以有效地降低废水的色度和浊度,因此尤其适用于处理悬浮物高、色度高的中药废水。

高级氧化法主要包括臭氧氧化法、Fenton 法、电化学氧化法、光催化法、超声波氧化法等。高级氧化法通过产生高活性的 $\cdot\text{OH}$ 来降解污染物,从而提高制药废水的可生化性,有机药物污染物被羟基自由基转化为烷基自由基进而引起链式反应,经链生成、链终止反应,最终污染物被转化为 CO_2 和 H_2O 。

其中臭氧氧化法、Fenton 法已广泛应用,光催化法、超声波氧化法目前仅在研究阶段。光催化氧化法的原理是,半导体光催化材料可以吸收紫外线和可见光产生“电子-空穴对”,使其氧化端产生具备强氧化性的 $\cdot\text{OH}$,用于分解有机物。光催化法耗能低,对于高色度废水处理效果较好,同时可以实现有机物的完全矿化。

超声波氧化是指利用“超声波的空化效应”对污染物进行降解的技术。液体在超声波的冲击下产生大量气泡,其在吸收超声波的能量后,炸裂并释放能量产生局部高温高压,此即“超声波的空化效应”。超声波能量利用率低,一般会联合其他技术耦合作用。氧化钨/碳纳米管(WO_3/CNT)声光降解纳米复合材料,其对含四环素废水的 COD 去除率达到 90.6%;利用超声-Fenton 联用技术处理含对硝基苯酚的废水,结果显示超

声空化作用提高了 Fenton 试剂对污染物的降解效果；在超声波/氧化铜/臭氧 (US/CuO/O₃) 协同作用下，污水 COD 降低了 92%，远远高于单一使用臭氧或者超声波的处理效果。

(3) 水质水量调节阶段

调节水质可以使废水中的污染物浓度达到处理要求，以防止对处理设备造成损害、降低处理效果。同时，调节水量可以平衡处理系统的负荷，保持处理效率，避免处理过程中的堵塞、混合不均等问题，通过合理调控水质和水量，废水中的有害物质可以被适当去除或转化，确保不会影响后续的生化处理。

(4) 生化处理阶段

生化处理工艺由于操作简单，自动化程度高，运行成本相对较低，是目前广泛应用的废水处理方法。生化处理的原理是利用细菌等微生物的代谢作用，将废水中的可溶性有机物进行氧化分解，达到去除 COD 的作用，同时实现脱氮、除磷的功能。目前该技术主要有 UASB、ABR、SBR、MBR 等工艺。

UASB 指上流式厌氧污泥床。厌氧可分为水解、酸化、酸性衰退、甲烷化四个阶段。UASB 的进水方式为推流式，废水从底部进入后与厌氧菌充分混合进行厌氧反应，并产生沼气，沼气上升的同时带动厌氧污泥向上流动，确保 UASB 内的污泥浓度均匀。由于沼气的产生与冲击，UASB 表面呈流化状态，不同沉降性能的污泥会发生分层。沉淀性能较差的污泥在上部形成悬浮层；沉淀性能较好的污泥处于下部，形成高浓度的污泥床。水流不断上升，经过厌氧反应后的气、水、泥三相混合液上升至三相分离器中，沼气遇挡板后流向沼气集气柜，可用于燃烧；污泥和处理后的废水进入上部的沉淀区，通过重力作用实现泥水分离。UASB 的工艺运行主要受接种污泥的性质及数量、进水水质、反应器的工艺条件等的影响。厌氧微生物增殖很慢，系统的启动周期一般为 4~6 个月，故其运行难度较大，在一定程度上阻碍了其大范围推广与应用。

ABR 即厌氧折板反应器，由于其结构简单、污泥截留能力强、稳定性高、对高浓度有机废水处理有特殊的作用，目前的工程应用较为广泛。其核心部分是使活性污泥、微生物产生的气体和污水有效分离的三相分离器和进液系统。在 ABR 池中设置布水系统，填充活性炭作为生物载体，接种微生物菌种。经驯化培养，池中形成以水解酸

化菌群和产碱杆菌群为主的微生物环境和微生态平衡。废水进入 ABR 反应器后，在每一个反应室的生物载体中流过，载体中的厌氧菌与废水中的有机成分发生水解作用。水解菌首先将废水中的大分子不溶性有机物水解成小分子可溶性有机物，然后酸化菌将小分子可溶性有机物酸化为乙酸等低级脂肪酸，最后产碱杆菌利用废水中的 H^+ 为电子受体将低级脂肪酸转化为稳定的无机物质，实现对有机污染物的水解酸化。同时，在复合菌群的作用下，在厌氧阶段发生厌氧氨氧化、反硝化等生物反应，实现高氨氮废水的生物脱除。

SBR 是序批式活性污泥法，是一种在传统活性污泥法技术的基础上改进的方法，主要特点是间歇曝气。SBR 的反应池为一个池体，相对于活性污泥法，池容更小，占地面积少，可建成集均质池、初沉池、曝气池、二沉池等多种功能的池体，不需设置污泥回流泵。为了便于管理，企业可采用 2 个好氧池并联的方式，切换运行，每 24h 为 1 周期，去除大部分有机污染物后排水进入中间水池，最后进入二沉池。

A/O 工艺也叫缺氧/好氧工艺。在 A 段，异养菌发生作用的机理类似于兼氧段，即将废水中的悬浮污染物和可溶性的有机物水解为有机酸。在 O 段，好氧菌利用废水中存在的有机污染物作为营养源进行好氧代谢，以分子氧作为最终电子受体，达到降解、去除 COD 的目的。A/O 系统还具有较强的利用硝化、反硝化实现生物脱氮除磷的作用。硝化反应是自养型好氧菌在溶解氧充足的条件下，将氨态氮(NH_4^+-N)转化为硝态氮($NO_3^- -N$)的过程，主要由亚硝化反应和硝化反应两个步骤组成。反硝化反应是由异养菌在缺氧的条件下，将硝化过程中产生的硝态氮($NO_3^- -N$)还原成气态氮(N_2)，释放至大气中，实现无害化脱氮的作用。一般地，A 段 DO 不大于 0.2mg/L，O 段 DO 控制在 2~4mg/L 之间。

A²/O 工艺即厌氧-缺氧-好氧污水处理工艺，在厌氧-好氧工艺的基础上开发的，目的是实现同步脱氮除磷的污水处理工艺。原水首先进入初沉池，经过初沉池处理后的出水和回流污泥一起进入到厌氧池处理，厌氧池出水和混合液回流污水一同进入好氧池，缺氧池处理后的出水进入到好氧池，好氧池出水经过二沉池沉淀后出水，沉淀的污泥一部分用于回流，还有一部分是剩余污泥，排放出系统。工艺运行的能耗和运行成本都较低，厌氧池和缺氧池只需要小功率的搅拌，而不需要其他的操作。影响

A²/O 工艺的因素有污水中微生物降解有机物的量、污泥龄、溶解氧、混合液回流比、污泥回流比、水力停留时间、pH 和温度等。

同步硝化反硝化(SND): 该法在 A/O 工艺的基础上实现了改进。废水在一个池体中实现有机成分的氧化、硝化和反硝化。这样既提高脱氮效果, 又节约了曝气和混合液回流所需的能源。另外, 反硝化所释放出的碱度可部分补偿硝化所需要的碱, 使系统的 pH 值相对稳定, 在反应过程中, 碳源对硝化有促进作用, 同时也为反硝化提供了碳源, 减少或使系统无需添加外碳源。目前国内外学者越来越关注 SND 技术的发展, 也做了一些实验性的研究和应用。

MBR 又称膜生物反应器, 是活性污泥法和膜分离技术的结合。MBR 的“膜”具有十分出色的分离性能, 取替了传统的二沉池和过滤单元; 在此基础上 MBR 又能维持超高浓度的活性污泥, 可以更加彻底地降解污染物。但 MBR 法具有膜造价高、能耗高、长时间运行后容易出现膜污染等缺点, 这限制了它的推广应用。对此, 研究人员将生物反应器与正渗透膜结合在一起开发了一种新型反应器——正渗透膜生物反应器(OMBR), 相比于传统 MBR, OMBR 具有抗膜污染、无需外压、能耗低等特点。陈晓青采用 OMBR 法处理抗生素生产废水, 在药物质量浓度为 2 mg/L, COD 为 2000 mg/L, 污泥质量浓度为 3000 mg/L 条件下, 系统对 COD、药物的去除率分别可达 84.21%、93.7%。

MBBR 即移动床生物膜反应器, 是一种新型污水处理工艺, 其原理是通过将一定数量密度接近于水的悬浮填料引入到反应器中作为微生物的生长载体, 依靠曝气和水流作用在反应器中充分流化, 从而形成悬浮生长的活性污泥和附着生长的生物膜, 有利于微生物在载体上进行硝化和反硝化反应, 提高脱氮处理效果。不同材质和构型 MBBR 填料很大程度上决定 MBBR 的处理效果, 在工艺中起着重要作用。聚乙烯(PE) 是 MBBR 中最常用的填料材质, 应用最广泛且效能最好。目前主要通过添加糖类、高分子材料等对 PE 填料进行改性, 以增强其表面附着的生物量, 提高脱氮效率。

其他生物处理技术主要包括微生物燃料电池(MFC)和固定化微生物。微生物燃料电池(MFC)是一种能够同时实现废水治理与产电的新型技术, 通过 MFC 阳极微生物的催化作用, 厌氧槽内被微生物分解的有机物释放电子, 电子在外电路形成电

流，质子则通过质子膜与正极氧气反应，在处理废水中有机污染物的同时将化学能转化为电能。

固定化微生物将微生物固定在载体上或者某一限定的空间区域内，并保持其生物功能，一般都会与生物膜法联用。如 S.MURSHID 等使用好氧固定膜生物反应器 (AFFBR)，采用固定化微生物联合体（由 4 个细菌菌株组成）处理制药废水，可实现废水中 COD、酚类和悬浮物的高效去除。

(5) 深度处理阶段

部分污染物经生化处理无法去除的，或污染物浓度仍未达到排放要求的，需采用深度处理工艺对生化处理出水进行进一步处理。深度污水处理常见的方法有以下几种：活性炭吸附与离子交换污水处理技术、膜分离法、高级氧化法、湿式氧化法、湿式催化氧化法、超临界水氧化法、光化学催化氧化法、电化学氧化法、臭氧氧化法、超声波降解法等等。

4、处理技术调研

(1) 重庆科瑞制药（集团）有限公司

重庆科瑞制药（集团）有限公司生产多种化学合成类药物，该公司位于重庆巴南区，占地面积约 300 亩，年产普通片剂 40 亿片、激素片剂 15 亿片、胶囊剂 20 亿粒、西药颗粒剂 0.2 亿袋、普拉格雷 4 亿片生产线；建有青霉素车间一座，车间设置洁净区，并布置年产青霉素片剂 1.5 亿片、青霉素胶囊 25 亿粒、青霉素颗粒剂 0.5 亿袋生产线。

厂区废水排放主要来自设备清洗废水、车间清洁废水、实验室废水、废气治理设施废水、循环水排水、软水制备废水、纯水制备废水、锅炉排污水、人员清洗废水、生活污水、食堂废水，主要污染物为 pH、SS、COD、BOD₅、NH₃-N、石油类、TP、动植物油、LAS、总有机碳、急性毒性 (HgCl₂ 毒性当量)。根据各剂型最小规格计算，项目年生产产品约 4770 t/a，项目废水排放量约 8.684 万 m³/a，项目吨产品排放量为 18.21 m³。项目各废水收集后进入厂区污水处理站，pH、SS、COD、BOD₅、石油类、NH₃-N、TN、TP、动植物油、LAS、总有机碳、急性毒性(HgCl₂ 毒性当量)达园区污水处理厂入水水质要求后经园区污水管网排入园区污水处理厂深度处理。项目污水处

理站采用“厌氧水解酸化—预曝气—接触氧化”工艺，厂区污水处理工艺见图 1。

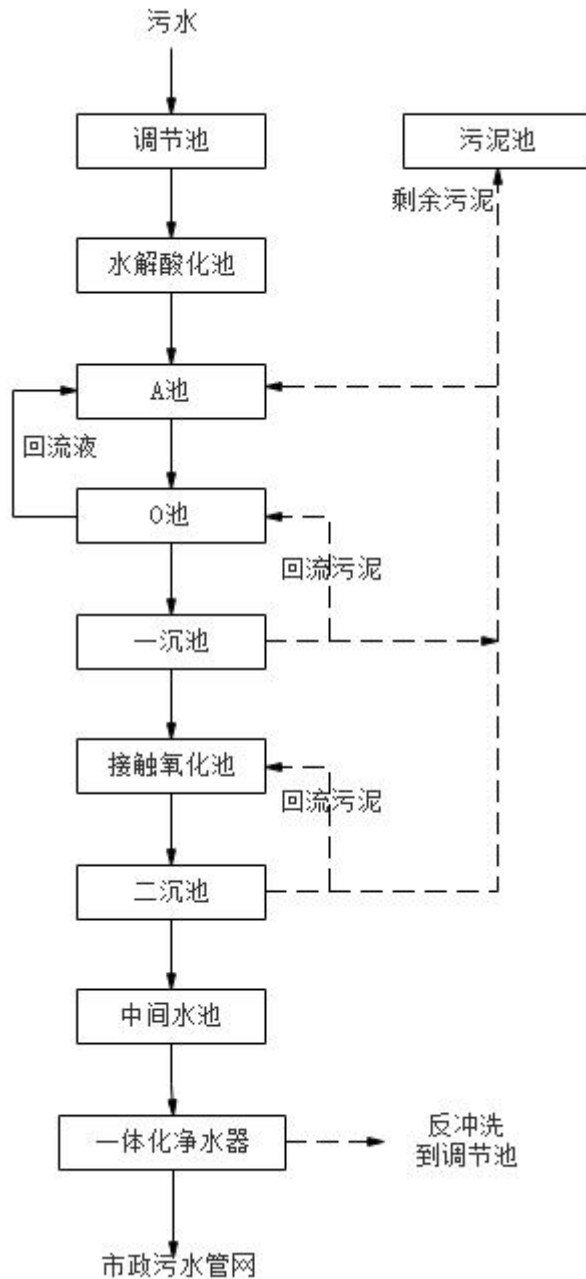


图 1：污水处理工艺流程图

(2) 洋跃生物科技有限公司

洋跃生物科技有限公司主要进行多效唑(一种植物生长调节剂，具有延缓植物生长，抑制茎秆伸长，缩短节间、增加植物抗逆性能，提高产量等效果)的中间体氯唑酮以及啉菌酯(一种甲氧基丙烯酸酯类杀菌农药，高效、广谱，对几乎所有的真菌界病害

如白粉病、锈病、颖枯病、网斑病、霜霉病、稻瘟病等均有良好的活性)的中间体嘧啶酯的生产，另外副产醋酸甲酯、醋酸等产品。

厂区废水实行雨污分流、污污分流。废水主要有工艺废水、设备清洗废水、实验室废水、废气喷淋废水、车间地面清洗废水、循环系统排污水、生活污水等。废水量 $67.4 \text{ m}^3/\text{d}$ ($15896 \text{ m}^3/\text{a}$)，主要污染因子为 pH、COD、SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、甲苯、氯苯、 Cl^- 。其中，设备清洗废水、碱液喷淋塔废水属于高浓度废水。因此，该股废水单独管道收集经“隔油+调节+芬顿氧化”工艺处理后再与其他废水和生活污水混合经厂区新建废水处理站处理达《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中的三级标准， $\text{NH}_3\text{-N}$ 执行《污水排放城市下水道水质标准》(GB/T31962-2015)中的 B 级标准后，送园区污水处理深度处理后达标外排。

厂区建有一座处理能力 $100 \text{ m}^3/\text{d}$ 的废水处理站(其中“隔油+调节+芬顿氧化”设施处理规模为 $20\text{m}^3/\text{d}$)，采用“混凝沉淀池+催化氧化池+高效厌氧池+MBBR 池+二沉池”处理工艺，废水经厂区废水处理站处理达接管水质标准后，排入园区污水管网。废水具体处理工艺见图 2。

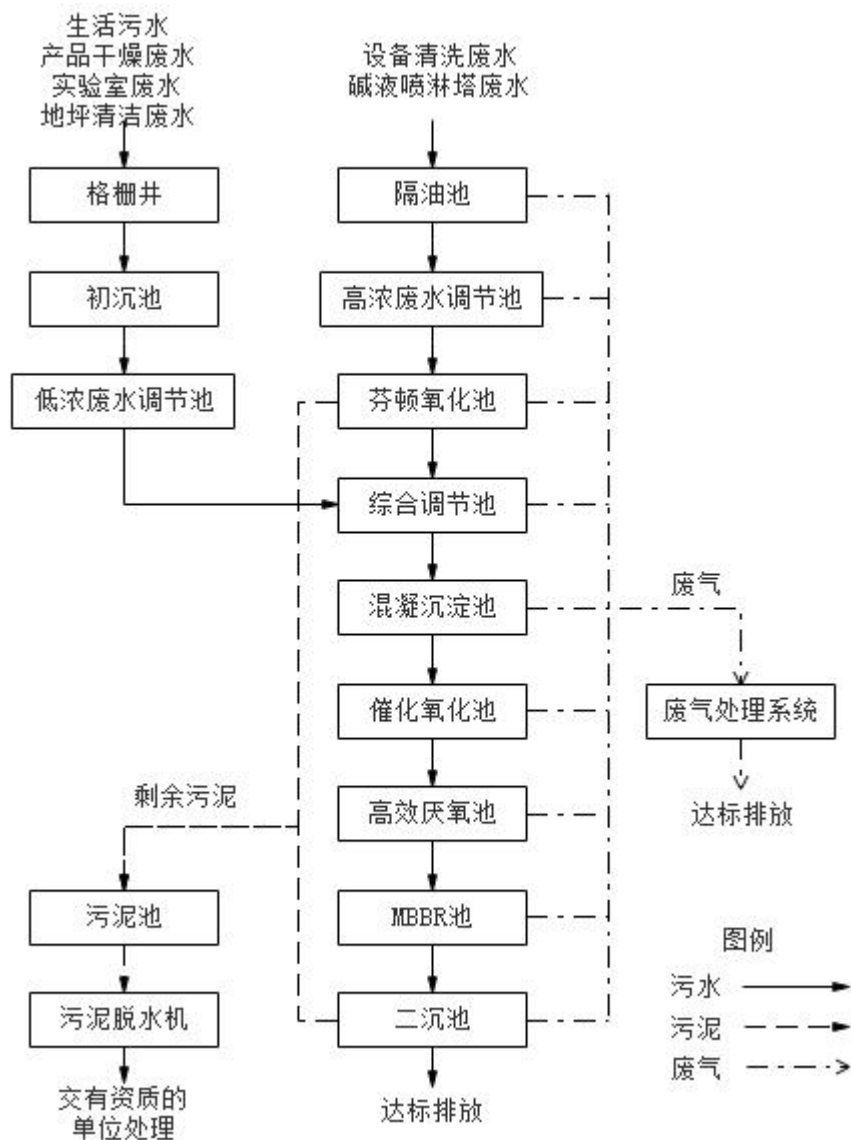


图 2：污水处理工艺流程图

针对高浓度废水采用“**隔油+调节+芬顿氧化**”工艺，应用广泛，其处理技术成熟。经预处理后的高浓废水及厂区其他生产和生活污水混合后，进入后续生化系统采取“**混凝沉淀池+催化氧化池+高效厌氧池+ MBBR 池+二沉池**”处理工艺技术可实现废水达标排放。废水经该处理方案处理后，污水排放可满足园区污水处厂的进水接纳水质标准要求。项目废水处理站各处理工艺对各污染物去除率分析见下表 2。

表 2 废水处理站主要处理单元对污染物的处理效果

项目	指标	pH	COD	SS
			(mg/L)	(mg/L)
设备清洗废水、废气喷淋水	20.1m ³ /d	6-9	~9000	~766
隔油池	去除率	-	/	10%
	出水	6-9	9000	689
调节池	去除率	-	/	/
	出水	6-9	9000	689
芬顿氧化	去除率	-	50%	60%
	出水	6-9	4500	276
其他废水混合废水	42.3 m ³ /d	6-9	~502	~300
	62.4 m ³ /d	6-9	~1630	~290
综合调节池	去除率	-	/	/
	出水	6~9	1630	290
混凝沉淀池	去除率	-	15%	20%
	出水	6-9	1386	232
催化氧化床	去除率	-	30%	10%
	出水	6~9	970	209
高效厌氧反应器	去除率	-	50%	10%
	出水	6~9	485	188
MBBR 池	去除率	-	60%	10%
	出水	6-9	194	169
二沉池	去除率	-	/	50%
	出水	6-9	194	85
出水标准		6.0-9.0	<500	<400
达标情况		达标	达标	达标

(3) 重庆碚圣药业有限公司

重庆市碚圣医药科技股份有限公司是一家专门从事新药研制、药物中间体研发、化学品工艺开发及规模化生产的高科技企业，主要致力于技术壁垒高、难度大、附加值高的医药原料药和有机中间体的研究开发与生产。生产基地位于重庆北碚区三圣镇，目前已建成多功能化学合成车间、生物发酵车间和天然产物提取纯化车间等。

厂区产生的废水主要为工艺废水、真空泵废水、设备清洗水、地坪清洗废水、质检废水、洗涤塔废水、生活污水、循环水站排水、锅炉排水等，废水最大日产生废水量 471.04 m³/d(133231.3 m³/a)，主要污染因子为 pH、COD、BOD₅、SS、NH₃-N、TN、TP、二氯甲烷、三氯甲烷、甲苯、硫化物、石油类、总氰化物、氟化物、动植物油、总锌、总铜、挥发酚。

其中，高盐废水经“蒸发”除盐预处理后同高浓废水经“蒸馏+除油气浮+光-电催化氧化+絮凝调节+气浮除渣”处理后，再与低浓废水经“水解酸化+UASB+一级 A/O +二级 A/O+深度氧化絮凝”处理。pH、COD、BOD₅、SS、动植物油达《污水综合排放标准》三级标准(NH₃-N 执行《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T31962-2015) B 级标准；总锌、总铜、挥发酚、TN、二氯甲烷、硫化物、总氰化物执行《化学合成类制药工业水污染物排放标准》(GB21904-2008)；TP、石油类执行东区污水处理厂接管标准；三氯甲烷、甲苯、氟化物执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 一级标准限值) 后由一个总排口排入园区市政污水管网，进入东区污水处理厂进一步深度处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标(三氯甲烷、甲苯、氟化物执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 一级标准限值；总氰化物、硫化物、二氯甲烷、TN、挥发酚、总铜、总锌执行《化学合成类制药工业水污染物排放标准》(GB21904-2008)) 后排入琼江。废水具体处理工艺见图 3。

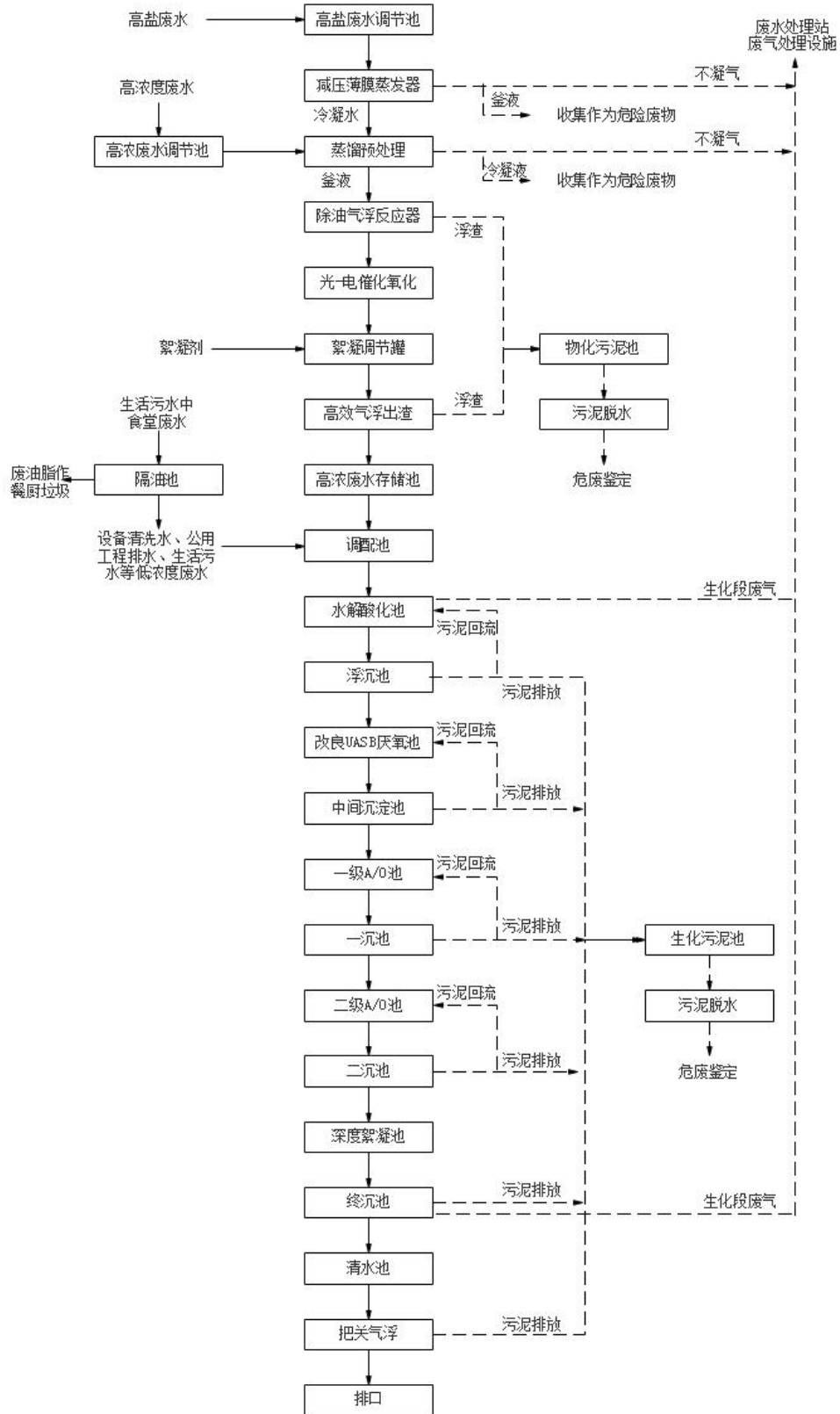


图 3：污水处理工艺流程图

项目废水处理站各处理工艺对各污染物去除率分析见下表。

表 3 废水处理站主要处理单元对污染物的处理效果

污染指标		减压薄膜蒸发	浓缩	除油气浮	光-电催化	絮凝调节	高效气浮	水解酸化	一级A/O池	二级A/O池	深度氧化絮凝池	综合处理效率
COD	去除率	50%	50%	20%	20%	10%	20%	10%	60%	50%	10%	99.44%
BOD	去除率	50%	50%	20%	20%	10%	20%	10%	60%	50%	10%	99.44%
ss	去除率	80%	20%	20%	0%	20%	20%	30%	60%	50%	20%	99.13%
NH ₃ -N	去除率	50%	20%	0%	10%	30%	0%	3%	60%	50%	30%	96.58%
TN	去除率	50%	20%	20%	15%	0%	20%	10%	60%	50%	0%	96.87%
TP	去除率	50%	20%	30%	0%	10%	30%	10%	60%	50%	10%	97.43%
Cl ⁻	去除率	90%	10%	0%	0%	60%	0%	0%	0%	0%	60%	98.56%
SO ₄ ²⁻	去除率	90%	10%	0%	0%	60%	0%	0%	0%	0%	60%	98.56%
二氯甲烷	去除率	20%	95%	50%	60%	20%	50%	10%	10%	10%	20%	99.83%
三氯甲烷	去除率	90%	90%	30%	60%	20%	30%	10%	10%	10%	20%	99.92%
甲苯	去除率	98%	50%	30%	95%	20%	30%	10%	10%	10%	20%	99.99%
硫化物	去除率	50%	50%	0%	10%	50%	0%	10%	10%	10%	50%	96.31%
石油类	去除率	30%	20%	60%	20%	0%	60%	10%	10%	10%	0%	95.30%
总氰化	去除率	50%	10%	0%	10%	50%	0%	10%	10%	10%	50%	93.36%

物																			
氟化物	去除率	50%	10%	0%	10%	50%	0%	10%	10%	10%	10%	50%	93.36%						
动植物 油	去除率	30%	10%	60%	20%	0%	60%	10%	10%	10%	0%	94.71%							
总锌	去除率	90%	10%	0%	0%	60%	0%	0%	0%	0%	60%	98.56%							
总铜	去除率	90%	10%	0%	0%	60%	0%	0%	0%	0%	60%	98.56%							
挥发酚	去除率	70%	50%	0%	10%	0%	0%	10%	10%	10%	0%	91.14%							

工艺段	去除率 (%)	COD	BO D ₅	SS	NH ₃ -N	TN	TP	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	二氯 甲烷	三氯 甲烷	甲苯	硫化 物	石油 类	总氟 化物	氟化 物	动植 物油	总锌	总铜	挥发 酚
减压薄 膜蒸发	高盐废 水进水	7152 5	1396 6.4	3183 .2	979. 5	2047 .3	44.1	3703 7.4	2406 6.1	1221 .5	/	75.5	14.2	/	/	4.3	/	/	/	/
	高盐废 水出水	3576 2.5	6983 .2	636. 6	489. 7	1023 .65	22.0 5	3703 .74	2406 .61	977. 2	/	1.51	7.1	/	/	21.5	/	/	/	/
	去除率 (%)	50.00	50.0 0	80.0 0	50.0 0	50.0 0	50.0 0	90.0 0	90.0 0	20.0 0	/	98.0 0	50.0 0	/	/	50.0 0	/	/	/	/
浓缩+除 油气浮+	高盐废 水进水	1364 9.9	2342 .6	867. 8	114. 1	255. 6	53.2	830. 0	545. 0	170. 3	2.8	24.2	1.5	48.8	0.1	57.2	/	0.01 7	0.01 7	0.03 5
	光-电催 化+絮凝	高盐废 水出水	3144. 9	539. 7	355. 4	57.5 3	111. 3	18.8	298. 8	196. 2	0.7	0.04 4	0.2	0.3	5.0	0.03 5	23.2	/	0.00 6	0.00 6

调节+高效气浮	去除率 (%)	76.96	76.96	59.04	49.60	56.48	49.60	64.72	64.00	64.00	99.60	98.43	99.02	77.50	89.76	59.50	59.50	88.48	64.00	64.00
水解酸化	综合废水进水	1305.7	223.98	221.51	25.14	44.69	12.21	120.02	78.80	0.27	0.02	0.10	0.14	2.68	0.014	9.31	2.55	0.003	0.003	0.006
	综合废水出水	63.5	10.9	23.6	34	6.4	1.8	48.0	31.5	0.144	0.009	0.050	0.046	18	0.005	3.1	17	0.001	0.001	0.004
+UASB+一级	综合废水出水	63.5	10.9	23.6	34	6.4	1.8	48.0	31.5	0.144	0.009	0.050	0.046	18	0.005	3.1	17	0.001	0.001	0.004
A/O+二级 A/O+深度氧化絮凝	去除率 (%)	95.14	95.14	89.36	86.42	85.60	85.42	60.00	60.00	47.51	47.51	47.51	67.20	34.39	67.20	67.20	34.39	60.00	60.00	34.39
排放标准		500	300	400	45	35	2	/	/	0.3	0.3	0.1	1	20	0.5	10	100	0.5	0.5	0.5

(4) 都创药业有限公司

都创医药科技有限公司是 2015 年 1 月在上海张江国际医学园区成立的国家级高新技术企业，专注于化学合成类药物的研发和生产，例如第三代喹诺酮类合成抗生素、大环内酯类半合成抗生素、核苷类抗病毒药、他汀类降脂药、质子泵抑制剂（PPI）、3-溴-2-氟苯甲醛等化学合成类产品。

该企业厂区废水主要为工艺废水、真空废水、设备清洗水、实验室排水、地坪冲洗水、废气处理系统排水、纯化水制备排水、锅炉排水、循环冷却水系统排水、动力设备冷却排水、生活污水、餐饮废水。

其中，工艺废水可分为高浓高盐废水、高浓废水，真空废水由于浓度较高，可归至高浓废水，其他废水为低浓废水。

根据以上废水水质特性，采取分质处理，即高浓高盐废水经“蒸发+超重力蒸馏+三效蒸发”(蒸发三效装置能力: 2.5 t/h) 预处理后，含盐预处理废水与其他工艺高浓废水合并，进入高浓废水预处理系统，经“芬顿氧化+絮凝沉淀”(装置能力: 100 m³/d) 预处理后，再与厂区其他低浓度废水合并，均质进入末端综合废水处理系统，经“水解酸化+UASB+A/O+沉淀”(装置能力: 1000 m³/d) 处理达标后，排污园区污水管网，至园区污水处理厂进一步处理达排后，排入琼江河。项目废水处理工艺流程见图 4。

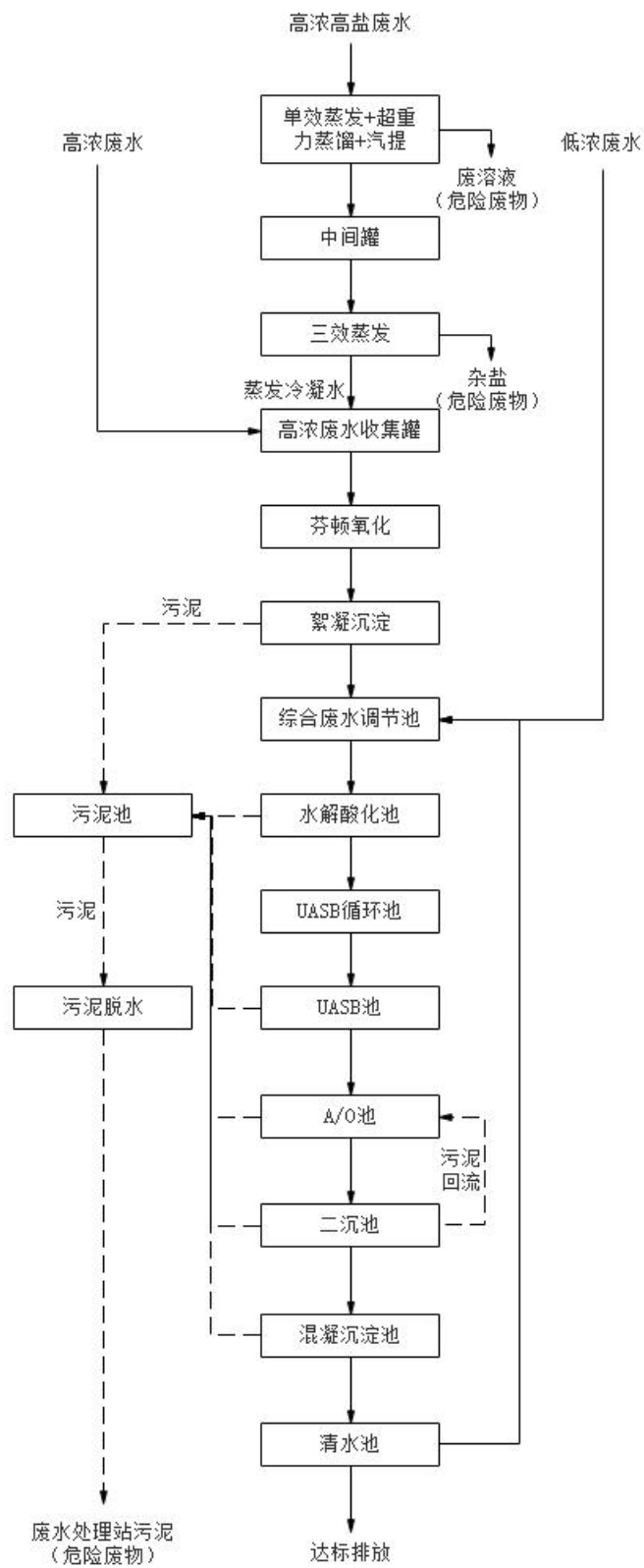


图 4 废水处理工艺流程图

含盐预处理废水与工艺高浓废水、真空废水混合后的高浓废水混合水质，及预处理后的高浓废水与低浓废水混合后的综合废水混合水质见表 5、6。

表 5 高浓废水混合水质数据表

废水类别	处理措施	水量 m ³ /d	水量 m ³ /a	污染物	浓度
高浓废水混合水质	芬顿氧化+ 絮凝沉淀	63.02	14882.23	COD	12308.41
				BOD ₅	4061.57
				氨氮	358.77
				总氮	263.7
				总磷	210.92
				氯化物	745.81
				二氯甲烷	11.47
				甲苯	0.99
				氟化物	266.27

表 6 综合废水混合水质数据表

废水类别	处理措施	水量 m ³ /d	水量 m ³ /a	污染物	进水浓度	进水污染 物量 kg/d	进水污染 物量 t/a
综合废水混合水质	水解 酸化 +UASB+AO + 沉淀	198136.3 6	198136.3 6	COD	2898	264732%	574.41
				BOD ₅	751	111231%	148.85
				SS	134	13663%	26.6
				氨氮	34	3564%	6.69
				总氮	37	4650%	7.38
				总磷	16	1349%	3.2
				二氯甲烷	1	29%	0.13
				甲苯	0.17	29%	0.03
				氯化物	465	69905%	9221
				动植物油	2	1.60	0.48
				LAs	0.2	0.12	0.04
				石油类	0.3	0.18	0.05

				氟化物	20	15.79	3.96
--	--	--	--	-----	----	-------	------

①高浓高盐废水

高浓高盐废水经三效蒸发处理，其中所含盐基本均以蒸发残渣形式得以去除，除有机盐同时带走部分总氮，同时去除大分子高沸点有机物，去除大部分 COD。根据项目高浓高盐废水中有机盐、无机盐、总氮来源、低沸物有机物占比等，核算得项目高浓高盐蒸发冷凝水水质指标如表 7。

表 7 高浓高盐废水三效蒸发冷凝水水质情况表

废水类别	水量 m ³ /d	水量 m ³ /a	污染物	浓度
三效蒸发冷凝水	17.46	1312.29	pH	6~9
			COD	15918.56
			BOD ₅	4823.99
			氨氮	2011.26
			总氮	2990.53
			总磷	2.41
			氯化物	8457.98
			二氯甲烷	6.05
			甲苯	2391.98
			氟化物	3019.98

②高浓废水预处理效率

项目高浓高盐废水三效蒸发冷凝水与高浓工艺废水、真空废水混合后，至芬顿氧化+絮凝沉淀高浓废水预处理系统进行预处理，预估处理效率如表 8。

表 8 高浓废水预处理效率

废水类别	处理措施	水量 m ³ /d	水量 m ³ /a	污染物	进水浓度	处理效率	出水浓度
高浓废水混合水质	芬顿氧化+絮凝沉淀	63.02	14882.23	COD	12308.41	20%	9846.73
				BOD ₅	4061.57	0%	4061.57
				氨氮	358.77	10%	322.9
				总氮	263.7	20%	210.96
				总磷	210.92	0%	210.92
				氯化物	745.81	0%	745.81
				二氯甲烷	11.47	35%	7.46
				甲苯	0.99	80%	0.2
氟化物	266.27	0%	266.27				

③综合废水处理效率

经高浓废水预处理系统预处理后的高浓废水与其他低浓废水合并至末端综合废水处理系统经“水解酸化+UASB+A/O+沉淀”处理后，排入园区污水处理厂进一步处理。综合废水处理效率如表 9。

表 9 综合废水处理效率

构筑物	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	TP (mg/L)	TN (mg/L)	SS (mg/L)	甲苯 (mg/L)	二氯甲烷 (mg/L)
综合调节池进	2898.07	750.97	33.77	16.14	37.21	134.2	0.17	0.66
综合调节池出	2898.07	750.97	33.77	16.14	37.21	134.2	0.17	0.66
去除率	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
水解酸化池进水	2898.07	750.97	33.77	16.14	37.21	134.2	0.17	0.66
水解酸化池出水	2318.46	600.77	30.4	16.14	37.21	107.36	0.16	0.53
去除率	20.00%	20.00%	10.00%	0.00%	0.00%	20.00%	10.00%	20.00%
UASB 池进水	2318.46	600.77	30.4	16.14	37.21	107.36	0.16	0.53
UASB 池出水	811.46	210.27	24.32	16.14	33.49	91.26	0.14	0.47
去除率	65.00%	65.00%	20.00%	0.00%	10.00%	15.00%	10.00%	10.00%
AO 池进水	811.46	210.27	24.32	16.14	33.49	91.26	0.14	0.47
AO 池出水	121.72	31.54	4.86	16.14	5.02	13.69	0.05	0.19
去除率	85.00%	85.00%	80.00%	0.00%	85.00%	85.00%	65.00%	60.00%
混凝沉淀池进水	121.72	31.54	4.86	16.14	5.02	13.69	0.05	0.19
混凝沉淀池出水	109.55	28.39	4.86	1.61	5.02	2.05	0.05	0.19
去除率	10.00%	10.00%	0.00%	90.00%	0.00%	85.00%	0.00%	0.00%
出水水质标准	500	300	45	5	70	400	0.1	0.3

(5) 重庆吉程生物医药科技有限公司

重庆吉程生物医药科技有限公司是集科研、生产、经营于一体的综合型医药化工生产企业，专注于医药中间体和原料药的生产，其产品以化学合成类药物为主，涵盖抗肿瘤、心血管及抗菌药物等领域。2021年，吉程公司在重庆潼南工业园区东区征地约171亩工业用地，新建生产装置，一期工程拟投资17248万元，占地约79亩，建设4套生产装置及公辅设施、储运设施及综合楼等，生产2-噻吩乙醇、2-噻吩乙酸、2-噻吩乙酰氯、2-噻吩乙胺、3-噻吩甲醛、3-噻吩乙酸、3-噻吩乙酰氯，建成后年产1660吨医药中间体。

厂区废水分为高浓度废水、低浓度废水。其中，高浓度废水为2-噻吩乙醇装置、2-噻吩乙酸装置产生的冷凝废水及设备清洗废水，含有少量的有机溶剂及反应物料，主要污染因子包括COD、BOD₅、SS、甲苯、三氯甲烷、二氯甲烷、TP，废水产生量较少，合计约13.62 m³/d。

低浓度废水主要包括地坪清洗水、循环水系统排放、纯水站排水、锅炉定期排污、分析化验废水、废气吸收装置排水、生活污水、餐饮废水及初期雨水等，主要污染因子包括COD、BOD₅、SS、氨氮、石油类、TP、Cl⁻、动植物油等，废水产生量合计约103.35 m³/d。

根据废水水质特性，采取分质处理的方式，即高浓度废水经“**微电解+芬顿氧化**”预处理后，再与厂区其他低浓度废水合并，均质均量后进入废水生化处理系统，经“**水解酸化+A/O+沉淀**”处理达标后，排入园区污水管网，再经东区污水处理厂进一步处理达标后，排入琼江。具体处理工艺流程见图5。

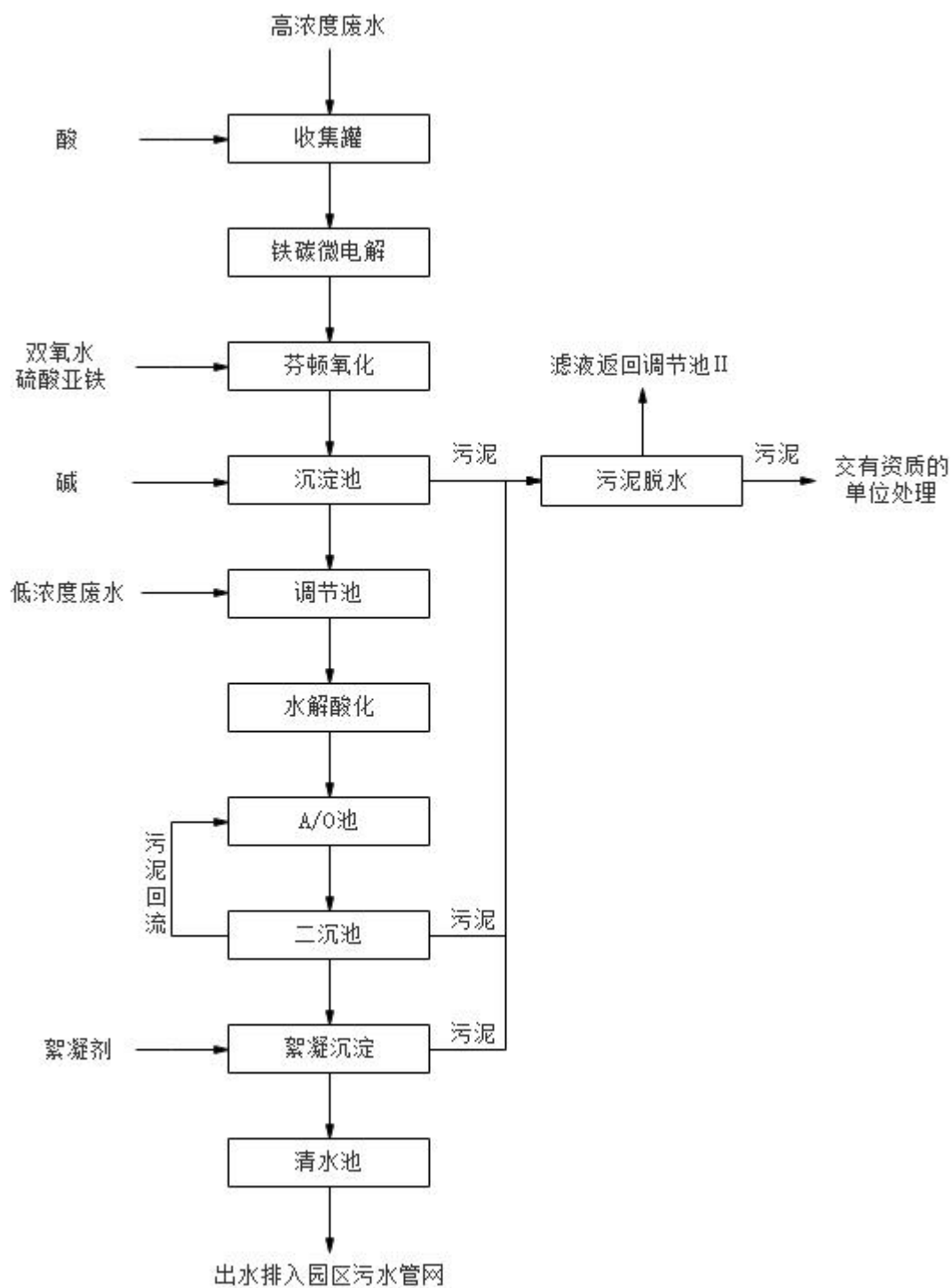


图 5 废水处理工艺流程图

高浓度废水经过“微电解+ Fenton 氧化”处理后，可有效去除其中的有机物及有毒有害物质，提高废水的可生化性，减轻后续生化处理的压力；生化处理单元主体工艺

采取水解酸化+A/O 处理工艺，该处理工艺为现行成熟的生化处理技术。经过高浓度废水预处理+生化处理后，污水排放可满足东区污水处理厂的进水接纳水质标准要求。废水处理效率及出水水质，如下表 10 所示。

表 10 废水处理效率及出水水质

污水处理单元	综合水量 m ³ /d	污染物	综合水质 mg/L	处理效率 %	出水水质 mg/L	排放标准 mg/L
高浓度废水预处理装置	13.62	COD	5102.06	70	1530.62	/
		BOD ₅	2072.32	20	1657.86	/
		SS	2299.56	95	114.98	/
		TP	1.95	/	1.95	/
		甲苯	15.28	95	0.76	/
		二氯甲烷	13.5	95	0.68	/
		三氯甲烷	47.27	95	2.36	/
生化处理系统	116.97	COD	483.06	50	241.53	500
		BOD ₅	325.11	40	195.07	300
		SS	188.11	50	94.05	400
		氨氮	20	30	13.82	45
		石油类	8	20	6	20
		动植物油	11	20	9	100
		TP	8.33	10	7	8
		甲苯	0.09	0	0.09	0.1
		二氯甲烷	0.08	0	0.08	0.3
		三氯甲烷	0.28	0	0.28	0.3
		Cl ⁻	513	0	513	3000

(6) 重庆润尔科技有限公司

重庆润尔科技有限公司（以下简称“润尔科技”）成立于 2020 年 9 月 4 日，专业从事植物生长调节剂和高效水溶性肥料的研发、生产和销售，产品广泛应用于农业种植、园艺生产、园林养护、林业植保等领域。重庆润尔科技有限公司拟在重庆市万盛工业园区关坝组团建设“年产 1.5 万吨原药及中间体合成生产项目”，总投资 3 亿元。

厂区废水主要污染指标为 COD、BOD₅、氨氮、总氮、氟化物、二甲苯、磷酸盐等，日均排水量约 323.8 t/d。根据废水污染物的成分、浓度将各类废水进行分类收集、处理。其中：（1）高盐废水中盐含量特别高，尤其是氯离子浓度高于 10000 mg/L，如果不进行前端脱盐预处理，会影响后端生化系统的正常运行；（2）高浓废水中污染物组成较复杂，不仅 COD 浓度较高(>10000 mg/L)，部分废水还含一定浓度难生化降解污染物二甲苯等。如不进行高级氧化预处理，难以实现达标排放；（3）低浓度废水主要为氯离子、COD 浓度均低于 10000mg/L 的废水，该废水可与生活污水一并进入后端生化处理系统。新建 400t/d 污水处理设施处理，其中高盐废水采用三效蒸发除盐预处理、高浓度废水采用芬顿催化氧化预处理后，再与其它低浓度废水混合进行“水解酸化+ABR+A/O”后，送入园区污水处理厂深度处理达标后排入溱溪河（扶欢河）。

高盐废水、高浓度废水、低浓废水产生量及水质情况，见表 11、12 和 13。

表 11 高盐废水水量和水质情况

废水类别	废水量 (m ³ /a)	单位	COD	BOD ₅	总氮	氯离子	氟化物	AOX	TOC
高盐 废水	14181.7	mg/L	3588	1255	130	22061	1494	2	40
		t/a	50.9	17.8	1.84	312.9	21.19	0.027	0.564

表 12 高浓废水水量和水质情况

废水类别	废水量 (m ³ /a)	单位	COD	BOD ₅	总氮	SS	二甲苯	氯离子	AOX	TOC
高浓废水	13134.2	mg/L	14093	3520	69	254	1	175	5	60
		t/a	185.1	46.2	0.91	3.3	0.011	2.295	0.072	0.782

表 13 低浓废水水量和水质情况

废水类别	废水量 (m ³ /a)	单位	COD	BOD ₅	总氮	SS	氨氮	氟化物	石油类	总磷	三氯甲烷	AOX	TOC
低浓 废水	69817.5	mg/L	2055	628	54	327	6	1.2	1	0.6	0.6	2	36
		t/a	143.4	43.9	3.78	22.8	0.405	0.084	0.072	0.042	0.042	0.105	2.53

各车间高盐废水经管道送入三效蒸发脱盐废水调节池、经脱盐预处理后进入综合调节池；各车间高浓度废水经管道送入催化氧化预处理调节池，先后经二级芬顿催化氧化预处理，完成对二甲苯等难降解污染物的开环、断链，大大提高污染物的可生化性后，进入综合废水调节池，其它废水（如生活污水等）则直接进入综合调节池，与经预处理后的各种混合均质、均量。出综合调节池的废水先后经水解酸化、ABR、A/O 池各处理单元处理后进入二沉池，上清水达标后排放园区污水处理进一步处理。污水处理过程产生的污泥经脱水后交具备危废处置资质的单位处置，各处理单元产生的臭气均进行收集处理。污水处理设施处理工艺流程见图 6。

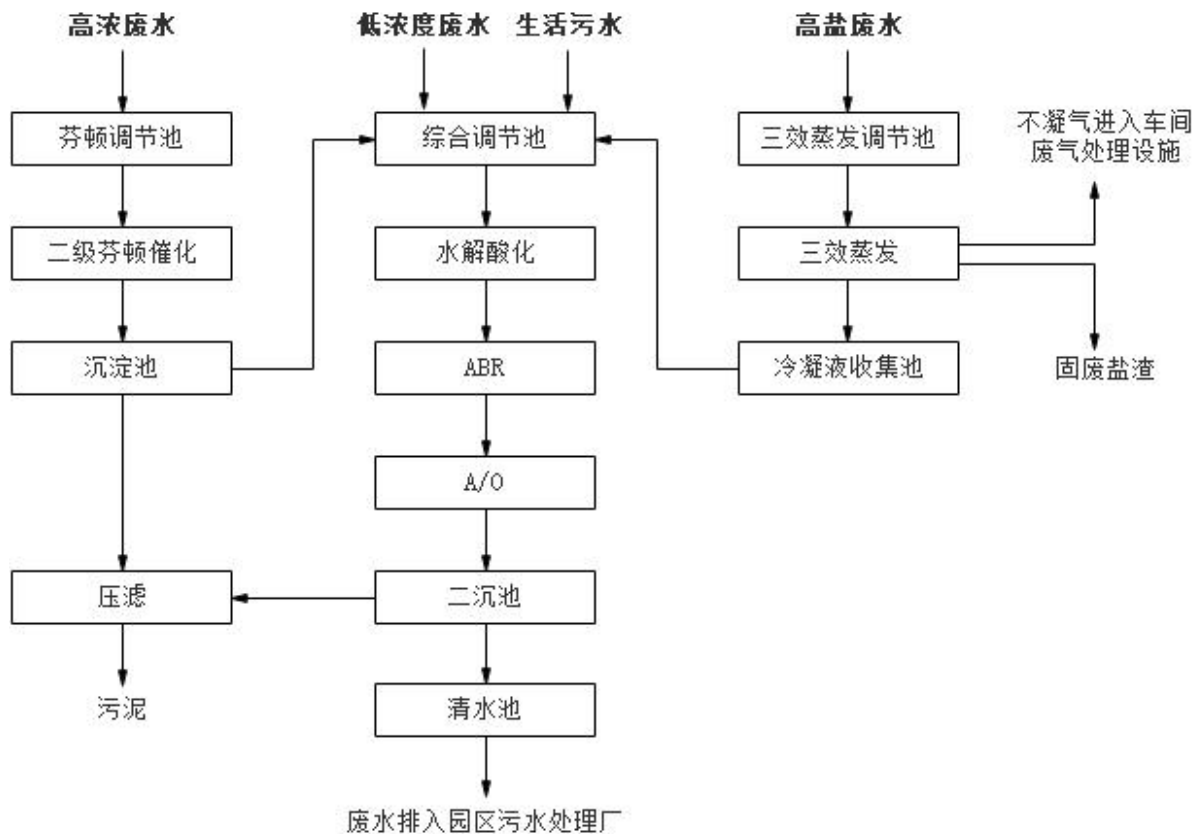


图 6 污水处理站工艺流程图

①高盐废水

高盐废水经三效蒸发脱盐，废水中氯离子基本进入废盐中，冷凝淡化水中含盐量甚微，因此除盐效率极高，对废水中的部分有机污染物也有较高去除率。高盐废水经三效蒸发脱盐预处理后水质见表 14。

表 14 高盐废水预处理后的水质表

合计废水量 (m ³ /a)	名称	单位	COD	BOD ₅	总氮	氯离子	氟化物	AOX	TOC
14181.7	高盐废水水质	mg/L	3588	1255	130	22061	1494	2	40
		t/a	50.9	17.8	1.84	312.9	21.19	0.027	0.564
	治理效率		40%	30%	20%	100%	95%	30%	30%
	预处理后水质	mg/L	2153	878.2	103.6	0	74.7	1	28

		t/a	30.54	12.457	1.47	0	1.059	0.019	0.395
--	--	-----	-------	--------	------	---	-------	-------	-------

②高浓废水

高浓度废水中含二甲苯类这些难生化降解的污染物，经“二级芬顿催化氧化预处理，这些污染开环或断链，结构发生变化，可生化性大大提高，该过程对其它污染物也有一定去除作用。高浓度废水经预处理后水质见表 15。

表 15 高浓废水预处理后的水质表

合计废水量 (m ³ /a)	名称	单位	COD	BOD ₅	总氮	SS	二甲苯	氯离子	AOX	TOC
13134.2	高盐废水水质	mg/L	14093	3520	69	254	1	175	5	60
		t/a	185.1	46.2	0.91	3.3	0.011	2.295	0.072	0.782
	治理效率		20%	10%	10%	30%	5%	0%	10%	10%
	预处理后水质	mg/L	11274.5	3168.4	62.3	177.5	0.8	174.7	5	54
		t/a	148.1	41.6	0.8	2.3	0.01	2.3	0.065	0.704

(3) 综合调节池混合废水

前述预处理后的高盐废水、高浓废水与其它低浓度废水、生活污水等进入综合调节池混合，水质情况见表 16。

表 16 综合调节池混合水质表

废水量 (m ³ /a)	单位	COD	BOD ₅	总氮	氨氮	SS	二甲苯	氯离子	氟化物	石油类	总磷
97133.4	mg/L	3662	1114	69	4.6	286	0.1	26	13	0.8	0.5
	t/a	322.2	98	6.068	0.405	25.1	0.01	2.295	1.14	0.072	0.042

混合废水再经水解酸化、ABR、A/O 池各处理单元生化处理效果见表 17。

表 17 综合废水生化处理效果表

废水量 (m ³ /a)	名称	单位	COD	BOD ₅	总氮	氨氮	SS	二甲苯	氯离子	氟化物	石油类	总磷	三氯甲烷	AOX	TOC
97133.4	混合废 水水质	mg/L	3316	1008	62	4	259	0.11	24	12	0.7	0.4	0.4	2	37
		t/a	322	97.9	6.067	0.405	25.1	0.01	2.295	1.14	0.072	0.042	0.042	0.189	3.629
	治理效率		88%	80%	10%	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	60%	60%	60%
	预处理 后水质	mg/L	397.9	201.7	56.2	4.2	129.4	0.1	23.6	11.8	0.7	0.4	0.2	0.8	14.9
		t/a	38.644	19.586	5.461	0.405	12.566	0.01	2.295	1.143	0.072	0.042	0.017	0.076	1.452
企业排 放标准		mg/L	500	300	70	45	400	1	/	20	20	8	0.3	1	20
园区排 放标准		mg/L	80	20	20	10	70	0.4	/	10	3	0.5	0.3	1	20

(7) 重庆天地药业

重庆天地药业有限责任公司（以下简称“天地药业”）是海南海药股份有限公司（以下简称“海南海药”）全资子公司，成立于 2003 年 12 月，注册资本 3.7 亿元，是重庆市成长之星企业、重庆市创新型企业试点单位、重庆市市级扶贫龙头企业。公司现有产品主要为头孢曲松钠、头孢西丁钠、头孢噻吩钠、头孢唑肟钠、头孢克洛颗粒、头孢克洛胶囊、头孢克洛片剂、紫杉醇等，所有产品均通过国家食品药品监督管理局 GMP 认证和中国质量认证中心 ISO9001 认证。

天地药业公司于 2019 年 12 月进行了“乌杨医药产业园建设项目”建设，拟建项目总投资 30 亿元，新建 12 栋生产车间，并配套溶剂回收车间，罐区、危险库房、焚烧系统、污水处理站等公辅及环保设施。

项目产生的废水主要为工艺废水、设备清洗水、地坪清洗废水、真空泵废水、质检废水、废气处理设施的酸碱废水、生活污水(含食堂废水)等，废水最大日产生废水量 7420.24 m³/d (2393368.25 m³/a)，主要污染因子为 pH、COD、SS、BOD₅、NH₃-N、Cl⁻、氟化物、甲苯、二氯甲烷、三氯甲烷、总磷石油类、总铜、氯苯、苯胺类、挥发酚、动植物油、总锌、甲醛、四氯乙烯。

项目需灭活废水在车间内进行灭活预处理后同高盐、含磷、高沸点污染物废水经多效蒸发器进行除盐处理，冷凝液同低沸点高浓度废水经蒸馏预处理，釜液排入高浓度废水调节池后经“微电解/H₂O₂工艺+沉淀”处理后，同低浓度废水一起经“水解酸化+厌氧+AO+MBR 膜+臭氧氧化+接触氧化+絮凝沉淀”生化处理后达《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 三级标准(其中 NH₃-N、TP 排放浓度按执行《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962-2015)；氟化物、甲苯、三氯甲烷、氯苯、甲醛、四氯乙烯

等因子满足《污水综合排放标准》(GB8978-1996)一级标准；二氯甲烷、挥发酚、苯胺类、总铜、总锌满足《化学合成类制药工业水污染物排放标准》(GB21904-2008)表2 标准限值) 后排入区污水处理厂进行深度处理。废水处理工艺流程见图7。

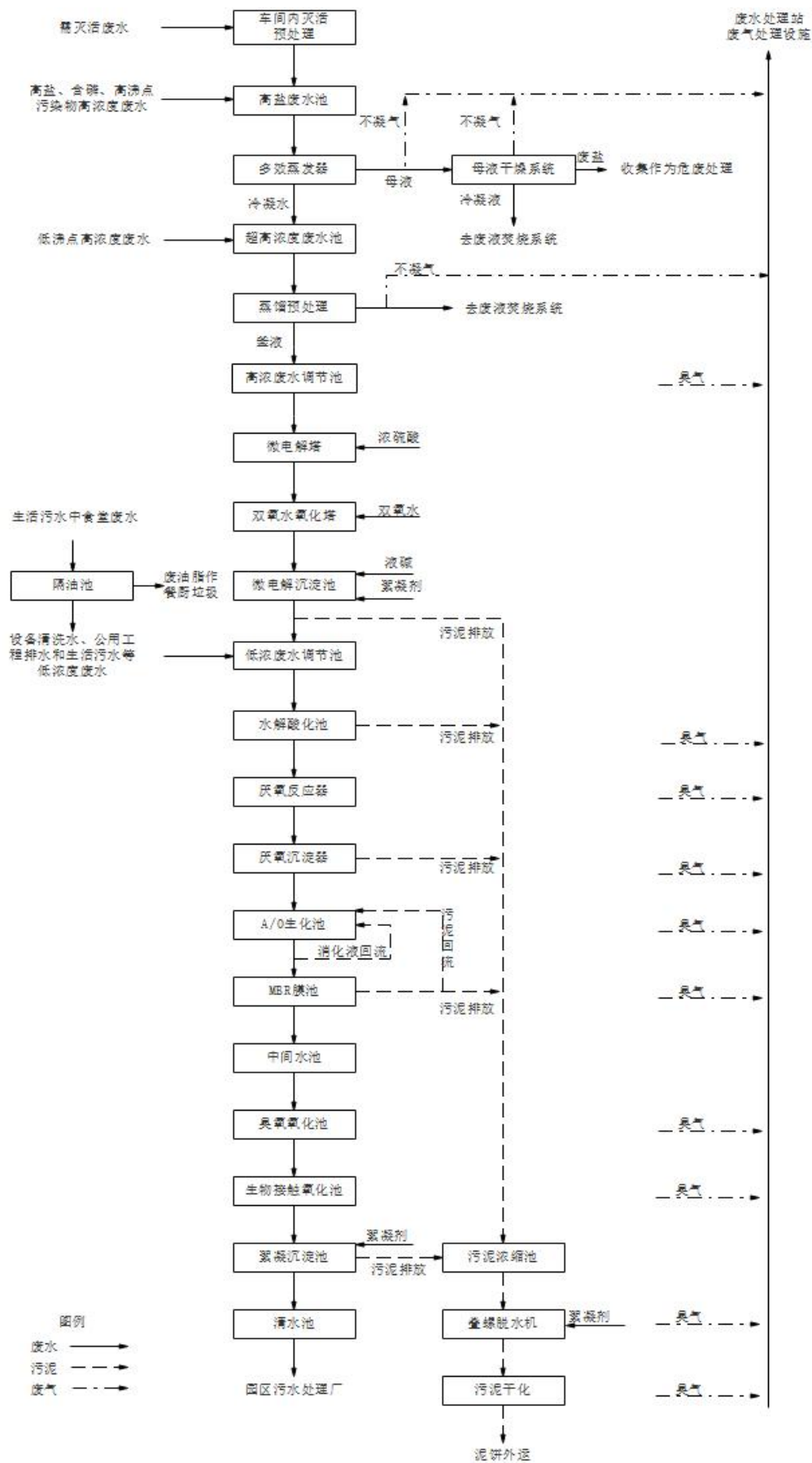


图 7 废水处理工艺流程图

①灭活预处理

部分废水含有药物活性或生物毒性，需在生产车间内先进行预处理灭活后再排入污水处理站。对于不同类型废水分别进行处理，具体预处理方案见表 18。

表 18 灭活预处理方案

车间	产品	废水来源	灭活方法
A01	头孢唑肟酸	W _{A012-2}	碱中和
		W _{A012-3}	碱中和
	头孢西丁酸	W _{A013-1}	焦亚硫酸钠还原、碱中和
		W _{A013-2}	焦亚硫酸钠还原、碱中和
		W _{A013-3}	焦亚硫酸钠还原、碱中和
		W _{A013-4}	焦亚硫酸钠还原、碱中和
		W _{A013-5}	碱中和
		W _{A013-6}	焦亚硫酸钠还原、碱中和
		W _{A013-7}	焦亚硫酸钠还原、碱中和
		W _{A013-8}	碱中和
A04	氟非尼酮	W _{A043-2}	碱中和
A06	头孢孟多酯钠	W _{A063-1}	碱中和
D01	中间体 MN-2	W _{D011-1}	碱中和
D02	盐酸米诺环素	W _{D021-1}	碱中和
D03	7-ACCA	W _{D031-1}	除溴试剂除溴

		WD031-2	除溴试剂除溴
		WD031-3	碱中和
		WD031-4	碱中和
D07	噻吩乙酰氯	WD071-2	碱中和
		WD071-3	碱中和
	3-OH	WD072-1	碱中和
		WD072-2	碱中和
		WD072-5	除溴试剂除溴
D08	4-AA	WD081-1	碱中和

②多效蒸发器及蒸馏装置

生产车间废水最大日产生废水量为 $1326.27 \text{ m}^3/\text{d}$ ($364076.24 \text{ m}^3/\text{a}$)，属于高浓、含磷、高盐废水，厂区污水处理站设置超高浓废水池、高盐废水池和高浓废水调节池。其中高盐、含磷、高沸点污染物废水集中收集进入高盐废水池，经过管道排入三效蒸发器预处理，处理规模为 25t/h ，蒸发产生的母液集中收集，再经过母液干燥系统干燥，干燥冷凝液去废液焚烧系统处理，废盐收集作危险废物交有资质单位处理，不凝气进污水处理站废气处理措施处理，蒸发产生的冷凝水集中收集排入超高浓废水池；车间低沸点高浓度废水集中收集进入超高浓度废水池进行“微电解/ H_2O_2 工艺+沉淀”处理，冷凝液为低沸点溶剂，去废液焚烧系统处理，不凝气进污水处理站废气处理措施处理。

③“微电解/ H_2O_2 工艺+沉淀”处理装置

经上述预处理措施处理后，工艺废水进入高浓度调节池，处理规模为 $1400\text{m}^3/\text{d}$ 的高浓废水预处理设施，采用“微电解/ H_2O_2 工艺+沉淀”预处理工艺，去除废水中的难降解有机物，提高废水的可生化性。

④“水解酸化+厌氧+AO+MBR 膜+臭氧氧化+接触氧化+絮凝沉淀”处理装置

经上述预处理措施处理后，工艺废水与其他低浓度废水（生活污水中食堂废水先经隔油池处理）汇合进入低浓度废水调节池，处理规模为 8000m³/d 的污水处理站，采用“水解酸化+厌氧+AO+MBR 膜+臭氧氧化+接触氧化+絮凝沉淀”处理工艺。

污水处理设施各级处理效率见表 29。高浓度废水均质和综合均质的废水经过各级处理后的效果统计情况见表 20。

表 19 污水处理设施各级处理效率

污染指标		微电解 /H ₂ O ₂ 工艺+ 沉淀出水	水解酸 化池出水	厌氧反 应器出 水	AO 池 +MBR 池出水	臭氧催化氧化 +生物接触氧 化池+絮凝沉 淀出水	综合处理 效率
COD	去除率	40%	10%	70%	60%	60%	97%
SS	去除率	45%	0	0	5%	50%	74%
BOD ₅	去除率	40%	11%	70%	50%	50%	96%
NH ₃ -N	去除率	0	0	50%	80%	70%	97%
TP	去除率	15%	0	90%	60%	30%	98%
石油类	去除率	/	0	0	20%	0	20%
Cl ⁻	去除率	0	0	0	0	0	0%
氟化物	去除率	0	0	0	0	0	0%
甲苯	去除率	80%	10%	10%	10%	10%	87%
三氯甲烷	去除率	80%	10%	10%	10%	10%	87%
动植物油	去除率	/	0	0	0	0	0%
氯苯	去除率	80%	10%	10%	10%	10%	87%
二氯甲烷	去除率	80%	10%	10%	10%	10%	87%
挥发酚	去除率	80%	10%	10%	10%	10%	87%
苯胺类	去除率	80%	10%	10%	10%	10%	87%
总铜	去除率	20%	0	0	0	10%	28%

总锌	去除率	20%	0	0	0	10%	28%
----	-----	-----	---	---	---	-----	-----

表 20 各废水水质及处理效果

污染物	COD	SS	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	石油类	Cl ⁻	氟化物	甲苯
高浓度水质 (mg/L)	50000	2000	30000	3000	50	0	3000	9	20
综合水质 (mg/L)	4000	447	3000	500	10	1.4	80	1.5	0.6
处理效率	97%	74%	96%	97%	98%	20%	0%	0%	87%
排放浓度 (mg/L)	120	116.2	120	15	0.2	1.1	80	1.5	0.1
出厂达标浓度 (mg/L)	490	380	300	45	5	18	3000	10	0.1
污染物	三氯甲烷	动植物油	氯苯	二氯甲烷	挥发酚	苯胺类	总铜	总锌	
高浓度水质 (mg/L)	5	0	0.17	26	0.8	4	0.5	0.5	
综合水质 (mg/L)	0.5	15	0.03	1.8	0.14	0.5	0.1	0.1	
处理效率	87%	0%	87%	87%	87%	87%	28%	28%	
排放浓度 (mg/L)	0.1	15	0.004	0.2	0.02	0.1	0.1	0.1	
出厂达标浓度 (mg/L)	0.3	100	0.2	0.3	0.5	2	0.5	0.5	
备注	部分高浓度废水含有 Cl ⁻ ，均质后低于 100mg/L，不会影响生化处理系统正常运行。								

六、贯彻 CQSES 标准的要求和措施（包括组织措施、技术措施等）

- 1.标准编制过程中，贯彻了 CQSES 标准要求的编制原则与编号规则。
- 2.依照 CQSES 标准编制要求，成立了标准化工作小组，并且接受了重庆市环境科学学会的监督，严格按照标准的立项、起草、征求意见、审查等相关流程推进。
- 3.标准编制过程中，严格按照专家评审意见进行了相应的修改，并且严格遵循申请书执行本标准的编制过程。

七、与现行有关法律法规、强制性标准和其他有关标准的关系

本标准编制过程中，参考了《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348）、《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918）、《化学合成类制药工业水污染物排放标准》（GB 21904）、《室外排水设计规范》（GB 50014）、《化工建设项目环境保护工程设计标准》（GB 50483）、《化工建设项目环境保护设计规定》（HG 20667）、《城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程》（CJJ 60）、《污染物在线监控(监测)系统数据传输标准》（HJ 212）、《厌氧-缺氧-好氧活性污泥法污水处理工程技术规范》（HJ 576）、《序批式活性污泥法污水处理工程技术规范》（HJ 577）、《芬顿氧化法废水处理工程技术规范》（HJ 1095）、《污水混凝与絮凝处理工程技术规范》（HJ 2006）、《污水气浮处理工程技术规范》（HJ 2007）、《生物接触氧化法污水处理工程技术规范》（HJ 2009）、《升流式厌氧污泥床反应器污水处理工程技术规范》（HJ 2013）、《厌氧颗粒污泥膨胀床反应器废水处理工程技术规范》（HJ 2023）、《城镇污水处理厂运行监督管理技术规范》（HJ 2038-2014）、《水解酸化反应器污

水处理工程技术规范》（HJ 2047）、《污（废）水生物处理 移动床生物膜反应器系统工程技术规范》（T/CAQI 59）等标准要求，本标准作为国家标准和行业标准下的一个细分领域的团体标准，能够促进相关行业标准的实施。

八、重大意见分歧的处理经过和依据

本标准编制过程中，未出现重大分歧，在标准编制组成立后，已经讨论形成了标准编制思路 and 方向。

九、标准实施的环境效益和经济技术分析以及相关建议

本标准的实施，将推动该领域企业废水处理提标升级，减少由于处理工艺设计和技术组合不合理带来的环境风险，对贯彻落实“十四五”节能减排战略，助力“绿水青山”建设工作有积极作用。

本标准的发布能加强从事该领域的环保企业对化学合成类制药工业废水处理的认识，以本标准作为参考，设计废水处理工艺流程，选择适宜的技术，节省大量企业废水处理工艺运行成本，同时增加了环保企业的技术实力，对工程项目的承接有较大助益。

十、其他应予以说明的事项

无。