文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4740 /（中图刊号）：715GL012

微电解-Fenton-A²/O 组合工艺处理医药废水工程实例

林锐　喻亮　龚博　王海贤
长江生态环保集团有限公司
DOI:10.12238/eep.v8i2.2553

[摘　要] 某医药中间体生产企业排放的废水具有CODcr含量高、pH值高、含盐量大、氨态氮含量高的特征。而采用微电解-Fenton氧化-A²/O组合工艺处理医药中间体生产废水,能够提高废水处理效率。基于此,本文对该工艺流程技术参数和运行稳定效果进行了详细介绍,同时工程调试结果表明,该工艺对CODcr、BOD_5、氨态氮、色度的去除率均在90%以上,达到国家污水综合排放三级标准(GB8978-1996),完全满足化工园区污水处理厂接纳水标准要求。
[关键词] 医药中间体；微电解；Fenton氧化；A²/O
中图分类号：R9　文献标识码：A

Micro electrolysis combination-Fenton-A²/O process pharmaceutical wastewater treatment engineering example

Rui Lin　Liang Yu　Bo Gong　Haixian Wang
Yangtze Ecology and environment Co.,Ltd.

[Abstract] Shandong a chemical plant wastewater with high content of CODcr, high pH value, high salinity, high ammonia nitrogen content. By micro electrolysis-Fenton oxidation-A²/O process for treatment of pharmaceutical intermediates wastewater. A detailed description of the stability effect of the technical parameters and operation process, the removal rate of CODcr, BOD_5, ammonia nitrogen and chroma were all over 90%, reaching the "comprehensive wastewater discharge standard" (GB8978-1996), which fully meets the requirements of the water standard of the chemical industrial park wastewater treatment plant.
[key words] pharmaceutical intermediates; micro electrolysis; Fenton oxidation; A²/O

某生产医药中间体的化工厂,其主要产品为阿比朵尔中间体、茚达特罗中间体、帕潘立酮中间体等多种医药中间体。产品原材料有溴素、硫氰酸铵、溴化铵、四丁基溴化铵、甲醇、片碱、盐酸等。废水主要来于有机合成、碱洗与设备冲洗等过程中产生的出水,其特点碱度大,色度大,浓度高,可生化性差,属于生物难降解的废水。同时废水中含有一些可以抑制生物活性的物质,故直接采用生物法处理不仅耗费大而且无法达到预期的目标。微电解、芬顿(Fenton)氧化法对难降解的医药废水的预处理具有良好的效果[1-4],经过预处理的废水具有很好的生化性,为后续的生化处理提供了良好的条件。该厂针对废水的特点,采用微电解—Fenton氧化法—A²/O对其进行处理[5-7]。运行结果表明,出水各项指标均能达到企业所在化工园区污水处理厂接管标准。

1 废水水质

废水主要来自氧化合成、碱洗等过程产生的工艺水和设备冲刷水。废水量为400t/d；水质pH在10~11；有机物浓度高；CODcr、NH_3-N含量高,盐分含量高,含有一定的有毒物质,对微生物有一定的抑制作用,可生化性差。化工厂废水水质如表1所示。

表1　化工厂废水水质

项目	水量 (m³)	COD (mg/L)	BOD5 (mg/L)	NH3-N (mg/L)	TDS (mg/L)	SS (mg/L)	色度 (倍)	总磷 (mg/L)	pH
废水	20	120000	3500	3800	50000	2000	1500	0	10~11

2 废水处理工艺流程与特色

2.1工艺流程

工艺采用微电解-Fenton氧化进行废水前期预处理,可以有效地提高原废水的可生化性,以及降低水中盐含量和生物毒性,为后面生化处理提供良好的生化条件。生化阶段采用经典的A²/O工艺,以致达到废水的达标排放,最终形成微电解-Fenton氧化-A²/O组合工艺,其工艺流程见图1。

废水处理站正常工作时,从车间排放的20t/d生产废水首先汇集到原水池,通过格栅再由提升泵1提升至预调节池,开启搅拌器和加药喷头,先通过加盐酸调节pH至7左右,然后加入PAC和PAM絮凝沉淀水体中悬浮颗粒物质并静置半个小时。预调节池出

Ecological Environment and Protection
生态环境与保护
第 8 卷◆第 2 期◆版本 1.0◆2025 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4740 /（中图刊号）：715GL012

水经过提升泵2至调酸池再到微电解池，通过加入盐酸使水体pH在2~3之间，达到微电解所需要的酸性环境，同时微电解池采用底部曝气使废水与新型微电解填料充分混合，水力停留时间为1h。微电解池出水进入Fenton氧化池，加入一定比例的双氧水，通过空气曝气来充分混合，水力停留时间为3h。Fenton氧化池出水进入絮凝池，通过加入氢氧化钠溶液使pH至9~10，静置一段时间。由于当地地下水含有大量盐分，为使微生物不被高盐分抑制其生长活性，故絮凝池出水与地面冲洗水在配水池混合，达到设计进水参数。然后依次进入UASB、缺氧池、高效好氧池、好氧池、二沉池、混凝沉淀池处理后的废水通过园区管网进入其污水处理厂。出水达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)，完全满足化工园区污水处理厂接纳水标准要求。

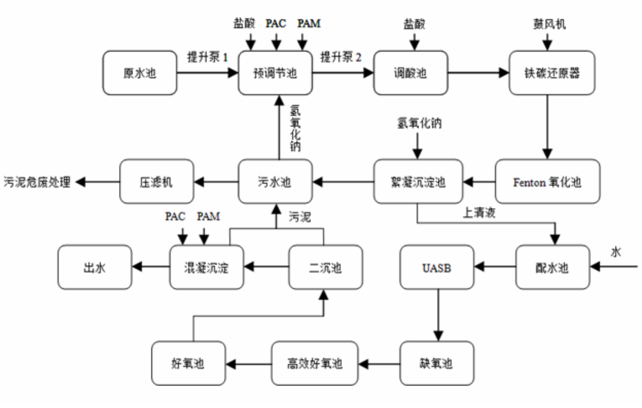

图1　废水处理工艺流程图

2.2工艺特色

(1)废水经过微电解池可以提高其水质的生化性，同时pH也会得到一定的提升，为后续调pH减少加药量。最重要的是微电解池中铁碳新型填料可以提供一定量的Fe^{2+}，为后面Fenton反应提供原料。

(2)废水经过微电解-Fenton氧化后其生化性得到很大的提高，但是CODcr仍为60000mg/L，同时废水和稀释用的深井水均含有大量盐分，故需要和低浓度地面冲洗水按比例混合到设计浓度进入后面的生化处理。厌氧反应器采用经典的UASB工艺，出水100%回流。好氧采用接触氧化法，具有管理方便，无需回流，耐冲击负荷等优点。

3 主要处理构造物和设备参数

3.1调节池

调节池一座，采用半埋地式钢砼结构，内壁采用三布五油环氧树脂防腐，设计尺寸6.0×4.0×4.0(H)m，有效水深3.5m，总有效池容75m³，总水力停留时间90h。调节池可以有效的调节水量，为后续处理单元创造良好的工作条件，使其稳定运行，并能减小后续设备容积，降低成本。

3.2调酸池

调酸池一座，采用地上钢砼结构，带防腐处理，设计尺寸2.0×2.0×3.5(H)m，有效水深3.0m。调酸池的主要作用是为后续的微电解和Fenton反应提供所需要的酸性环境。

3.3铁碳还原反应器

铁碳还原反应器一座，采用地上钢砼结构，带防腐处理，反应器底部设有进水口和曝气管，上部设有溢流口。填料采用新型的铁碳填料，填料床体积为5m³，设计进水pH为2~3，出水pH为3~4，水力停留时间为1h，废水接触时间为30min。铁碳还原反应器主要作用利用填料自身产生的1.2V的电位差，当系统通水之后设备中会形成无数的微电池系统，在作用空间构成一个电场，微电池以废水做电解质，通过放电形成电流对废水进行电解氧化和还原处理，达到降解有机物的目的，同时增加废水的可生化性，为后续的生化处理提供良好的条件。

3.4 Fenton氧化池

Fenton[8-9]氧化池1座，采用地上钢砼结构，内壁做防腐处理，设计尺寸为2.0×2.0×3.5(H)m。Fenton氧化主要是利用双氧水和硫酸亚铁产生的羟基自由基的过程，该自由基具有强氧化性，可以使废水中难生物降解的大分子有机物矿化为无机物或者小分子物质，从而进一步增加废水的可生化性，减轻后续生化处理负荷。按1t废水计，质量分数为30%双氧水投加量为15L，反应时间为3h(采用空气曝气混合)。

3.5 UASB

UASB[10-11]反应器1座，采用地上钢砼结构，内壁采用防腐处理。UASB通过污泥中多种微生物的共同作用，使有机物分解并产生CH_4和CO_2，从而去除废水的CODcr、BOD_5，为后续好氧处理降低处理负荷。设计尺寸为15.0×8.0×8.0(H)m，内设3个厌氧池，有效容积为930m³，水力停留时间57.6h，采用内循环系统，出水回流比为1:1。

3.6缺氧池

缺氧池一座，采用地上钢砼结构，设计尺寸为10.0×8.0×8.0(H)m，有效容积为600m³，水力停留时间36h。缺氧池通过生化去除废水中的有机污染物，同时利用其硝化反硝化功能去除废水中的氨氮。

3.7高效好氧池

高效好氧池一座，采用地上钢砼结构，带防腐处理，设计尺寸为5.0×5.0×8.0(H)m，设计HRT=60min。高效好氧池采用高效射流曝气活性污泥，对冲击负荷有很强的承受能力，能有效的去除COD，减轻好氧曝气池的污泥负荷，同时射流曝气氧吸收率相对其他曝气方式而言有了一定的提升。

3.8好氧池

好氧池采用组合池结构，共2个池，均采用地上钢砼结构，带防腐处理，设计尺寸大池16.0×5.0×5.0(H)m，小池9.0×5.0×5.0(H)m。好氧池主要作用是通过好氧微生物的同化异化作用进一步去除废水中的有机污染物，使其出水达到排放标准。

3.9混凝沉淀池

混凝沉淀池一座，采用地上钢砼结构，底部铺满Φ=80mm斜管。通过加入PAM和PAC达到泥水分离，进一步降低出水色度，达到排放标准。设计加药量以1t废水来计，需要质量分数为25%的PAC0.2kg，质量分数为25%的PAM0.01kg。

4 工艺调试运行稳定结果

表2　现场废水处理效果

项目	进水	铁碳还原器出水	Fenton反应池出水	UASB反应池进水	UASB反应池出水	好氧池出水
pH	10-11	3-4	3-4	6-9	6-9	6-9
COD_{cr}/(mg/L)	120000	90000	60000	4500	1800	320
BOD_5/(mg/L)	3500	6500	8500	750	50	15
色度/(倍)	1500	1100	1000	200	80	10
NH_3-N/(mg/L)	3800	2700	2200	150	150	18

5 工程运行费用

该工程总投资150万元，占地面积1800㎡，折合1t废水折合投资为0.375万元。运行费用主要有：

(1)电费：该项目运行总功率为18.32kW·h，工业用电价格以0.6元/度，总用电量为439.68度/天，则每吨水电费用为0.66元/吨废水。

(2)药剂费用：硫酸、PAM、PAC的用量较少，双氧水用量约为30kg/d，单价为1000元/t；硫酸亚铁用量约为10kg/d，单价为600元/t；30%液碱用量约为60kg/d，单价为750元/t；折合处理费用约为0.21元/吨废水。

(3)人工费：安排2名工人，按月工资3000元/人计，折合处理费用约为0.5元/吨废水。

合计实际废水处理成本为1.37元/吨

6 结语

(1)工程实践表明，采用“微电解-Fenton氧化法-A^2/O”组合工艺处理医药中间体生产废水是可行的，出水水质较好。

(2)对于高浓度难降解医药废水采用微电解-Fenton氧化可以有效提高其生化性，同时也可以为后续的生化处理降低处理负荷。

(3)该工艺组合运行稳定，方便管理。

(4)采用射流曝气活性污泥可以增加系统抗冲击能力，为后续好氧曝气处理提供稳定的水质环境，在一定程度上保证了出水水质的稳定。

(5)废水处理后最终出水各个指标CODcr、BOD_5、SS、NH_3-N等均达到《污水综合排放标准(GB8978-1996)，完全满足化工园区污水处理厂接纳水标准要求。

(6)该工程投资150万元，前期投资比较大，结构紧凑，占地面积小，操作简单，管理方便。该项目减轻对环境的危害，改善了药厂职工的生活环境，同时在一定程度上推动当地经济的发展。

[参考文献]

[1]武跃,刘大令,齐迎.铁炭微电解-Fenton试剂法处理含硝基苯废水研究[J].辽宁师范大学学报(自然科学版),2008,31(2):192-195.

[2]赵文生,邓锡斌,赵勇胜.铁炭微电解-Fenton试剂预处理山梨酸废水[J].工业水处理,2008,28(3):48-51.

[3]矫彩山,王中伟,彭美媛.铁炭微电解-Fenton试剂氧化法预处理广灭灵及丙草胺废[J].化工环保,2007,27(4):349-352.

[4]朱振兴,颜涌捷,亓伟.铁炭微电解-Fenton试剂预处理纤维素发酵废水[J].工业用水与废水,2009,40(2):27-30.

[5]苏莹,单明军,沈雪等.短程硝化—铁炭微电解工艺处理焦化废水[J].化工环保,2009,29(1):47-50.

[6]马荣胜,王鲁斐,焦静.微电解—催化氧化法处理高浓度甲醇废水[J].化工环保,2009,29(1):51-53.

[7]周作明,李艳,荆国华.微电解—Fenton—SBR工艺处理皮革废水[J].工业水处理,2009,29(3):62-64.

[8]朱乐辉,孟祥超,蒋旭华等.医药中间体生产废水处理工程实例[J].工业水处理,2014,34(6):81-83.

[9]朱乐辉,邱峻,裴浩言.Fenton氧化+气浮+厌氧+好氧工艺处理仲丁灵农药生产废水[J].环境工程学报,2009,27(5):11-14.

[10]项忠平,邱俊.UASB反应器处理异VC钠废水的启动特性研究[J].环境科学与管理,2009,34(7):62-64.

[11]张志扬,李江华,贾丽云,等.UASB-生物接触氧化-絮凝沉淀法处理皂素废水[J].城市环境与城市生态,2003,16(增刊):32-34.

作者简介：

林锐(1990--),男,汉族,湖北黄冈人,中级工程师,研究生,研究方向：污水处理。